

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA



TESIS:

**Calibración del plato forrajero en la estimación de materia
seca en pastos asociadas en la granja Palomino, Sachabamba,
Ayacucho 2025**

Para optar el título profesional de:

MÉDICO VETERINARIO

PRESENTADO POR:

Bach. Miguel MEDINA HUILLCA

ASESOR:

M.V. William Ulises PALOMINO CONDE

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino y por concederme la perseverancia para poder culminar mis estudios y este proyecto.

A mi madre Celia Huillca Ramos y a mi padre Rubén Medina Gutiérrez, por su apoyo constante incondicionales y ser un pilar fundamental en momentos de esfuerzo y dificultad. Como también a mis hermanos por el apoyo constante y confianza en mí.

A mi enamorada por su paciencia, comprensión y motivación quien me impulsó durante toda esta etapa universitaria a seguir adelante y alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por darme la oportunidad de formarme académicamente. Del mismo modo, a la Facultad de Ciencias Agrarias y a la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria, por acogerme en sus aulas durante todo este tiempo.

A la plana de docentes y personal administrativo de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria por brindarme sus enseñanzas, conocimientos, experiencias, apoyo y paciencia durante mi formación académica.

Mi infinita gratitud a mi asesor MV. William Ulises Palomino Conde, quien me brindó la orientación y colaboración desde el inicio hasta la culminación de la presente investigación.

También, a los miembros del jurado: Ing. Rogelio Sobero Ballardo, Ing. Dimas Quintanilla Melgar y M.Sc. Miriam Ibet Alfaro Astorima; quienes contribuyeron para hacer realidad la presente investigación.

A todos mis compañeros(as) y amigos(as), por su amistad sincera, por su confianza, apoyo y por compartir gratos momentos.

Finalmente, a todas aquellas personas que directa e indirectamente han apoyado en la elaboración del actual proyecto de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.1.1. A nivel internacional	3
1.1.2. A nivel nacional.....	9
1.2. Forraje y materia seca.....	9
1.2.1. Pasturas asociadas.....	10
1.2.2. Materia seca y su relevancia en ganadería.....	10
1.2.3. Métodos para la obtención de forraje verde (aforo).....	11
1.2.4. Métodos para la obtención de materia seca	13
1.3. Manejo de las pasturas y forrajes	15
1.3.1. Método tradicional e innovador en la medición del forraje	16
1.3.2. Primeras herramientas para estimar materia seca.....	17
1.4. Plato forrajero (Rising plate meter – RPM)	17
1.4.1. Origen y desarrollo del plato forrajero.....	18
1.4.2. Primeros países en implementar el plato forrajero.....	19
1.4.3. Impacto en la gestión sostenible de pasturas	19
1.5. Beneficios del plato forrajero	20
1.5.1. Estimación de materia seca.....	20
1.5.2. Optimización del manejo del pastoreo	21
1.5.3. Mejora en la productividad animal.....	21

1.5.4. Reducción del sobrepastoreo.....	21
1.6. Métodos para la calibración del plato forrajero.....	22
1.6.1. Validación y precisión en diferentes tipos de pasturas	24
1.6.2. Factores que afectan la precisión del plato forrajero.....	24
1.6.3. Método convencional vs plato forrajero en pasturas	25
CAPÍTULO II.....	26
METODOLOGÍA.....	26
2.1. Ubicación.....	26
2.1.1. Ubicación política	26
2.1.2. Ubicación geográfica	26
2.2. Características de la parcela evaluada	28
2.3. Pasturas evaluadas	28
2.5. Materiales y equipos.....	28
2.5.1. Materiales.....	28
2.5.2. Equipos	29
2.6. Procedimiento.....	29
2.6.1. Uso del plato forrajero	29
2.6.2. Laboratorio: Determinación de materia seca	30
2.6.3. Registro y organización de datos	30
2.7. Análisis estadístico	30
2.8. Modelo regresión lineal.....	31
CAPÍTULO III.....	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
3.1. Relación entre altura comprimida del plato forrajero y materia seca en praderas mixtas de Sachabamba, considerando diversidad y densidad botánica.....	32
3.2. Evaluar la viabilidad temporal de la precisión del plato forrajero en los meses de estudio asociado a los cambios fenológicos, lignificación y factores ambientales	34
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 <i>Comparación práctica de distintos métodos de evaluación</i>	20
Tabla 1.2 <i>Ecuaciones de calibración</i>	23
Tabla 3. 1 <i>Datos generales de la estación de otoño</i>	32
Tabla 3. 2 <i>Datos comparativos de autores y pastos estudiados</i>	33
Tabla 3. 3 <i>Datos generales del mes de abril</i>	35
Tabla 3. 4 <i>Datos comparativos de autores y pastos estudiados</i>	35
Tabla 3. 5 <i>Datos generales del mes de mayo</i>	36
Tabla 3. 6 <i>Datos comparativos de autores y pastos estudiados</i>	37
Tabla 3. 7 <i>Datos generales del mes de junio</i>	38
Tabla 3. 8 <i>Datos comparativos de autores y pastos estudiados</i>	38
Tabla 3. 9 <i>Datos comparativos de los 3 meses de estudio</i>	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 <i>Método "X"</i>	12
Figura 1.2 <i>Método "Z"</i>	13
Figura 2.1 <i>Mapa de ubicación de la zona de estudio</i>	27
Figura 2.2 <i>Imagen satelital de la Granja Palomino</i>	27
Figura 3.1 <i>Regresión lineal de la altura comprimida (cm) entre el plato forrajero y materia disponible (kg/ha) entre la pastura asociada de (Lolium perenne, Dactylis glomerata, y Trifolium repens)</i>	32
Figura 3.2 <i>Regresión lineal de la relación positiva entre el plato forrajero y materia disponible (kg/ha) entre la pastura asociada de (Lolium perenne, Dactylis glomerata, y Trifolium repens) durante el mes de abril</i>	34
Figura 3.3 <i>Regresión lineal de la relación positiva entre el plato forrajero y materia disponible (kg/ha) entre la pastura asociada de (Lolium perenne, Dactylis glomerata, y Trifolium repens) durante el mes de abril</i>	36
Figura 3.4 <i>Regresión lineal de la relación positiva entre el plato forrajero y materia disponible (kg/ha) entre la pastura asociada de (Lolium perenne, Dactylis glomerata, y Trifolium repens) durante el mes de junio</i>	38

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Panel fotográfico	46
Anexo 2. Análisis de regresión lineal (general).....	60
Anexo 3. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados (general).....	60
Anexo 4. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III) – general	60
Anexo 5. Shapiro-wilks (modificado) – general.....	60
Anexo 6. QQ-plot	60
Anexo 7. Análisis de regresión lineal (abril).....	61
Anexo 8. Coeficiente de regresión y estadísticos asociados (abril).....	61
Anexo 9. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III) – abril.....	61
Anexo 10. Shapiro - wilks (modificado) – abril.....	61
Anexo 11. Análisis de regresión lineal (mayo)	61
Anexo 12. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados (mayo)	61
Anexo 13. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III) – mayo	61
Anexo 14. Shapiro-Wilks (modificado) - mayo	62
Anexo 15. Análisis de regresión lineal (junio)	62
Anexo 16. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados (junio)	62
Anexo 17. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III) – junio.....	62
Anexo 18. Shapiro - Wilks (modificado) – junio	62
Anexo 19. Muestras tomadas mes de abril	63
Anexo 20. Muestras tomadas mes de mayo.....	67
Anexo 21. Muestras tomadas mes de junio	70

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en la granja Palomino, Sachabamba, Ayacucho, evaluando la precisión del plato forrajero (Rising Plate Meter) para estimar la materia seca en pasturas asociadas durante los meses de abril, mayo y junio del 2025, correspondientes al otoño en la región a 3408 m.s.n.m. El objetivo general fue calibrar el plato forrajero considerando la diversidad botánica, fenología y topografía local, para lograr una estimación precisa de la materia seca. Los objetivos específicos incluyeron determinar la relación funcional entre la altura comprimida y la materia seca real incorporando variables de diversidad y densidad botánica, y evaluar la variabilidad temporal de la precisión del instrumento en función de factores fenológicos, lignificación y ambientales. Se procesaron 429 muestras que relacionaron altura comprimida y materia seca, para las cuales se aplicaron modelos de regresión lineal generando ecuaciones de calibración generales y específicas por mes. La correlación positiva significativa entre altura comprimida y materia seca mostró un coeficiente de determinación general de 0.60, mientras que los coeficientes mensuales oscilaron entre 0.50 y 0.68. Estos resultados confirman la utilidad del plato forrajero como herramienta confiable para estimar fitomasa y optimizar el manejo del pastoreo, evitando el sobrepastoreo y promoviendo sostenibilidad ambiental y económica. Se recomienda realizar calibraciones mensuales y ajustar ecuaciones según las condiciones específicas de cada zona para maximizar la productividad ganadera en regiones altoandinas con pasturas mixtas.

Palabras clave: *Plato forrajero, calibración, pasturas asociadas, ecuación.*

INTRODUCCIÓN

Las praderas mixtas de Sachabamba (granja Palomino), albergan una notable diversidad de especies vegetales que dependen en gran medida de las condiciones climáticas y edafológicas propias de la región. Esta variabilidad influye no solo en la composición botánica y la densidad del forraje disponible, sino también incide directamente en la precisión de la estimación de materia seca si no se aplican ecuaciones de calibración adecuadas. En este contexto la gestión eficiente y sostenible de estas praderas es fundamental para la producción ganadera local, dado que el forraje representa la base de la dieta animal. Por ello, contar con un conocimiento preciso sobre la disponibilidad real de materia seca no solo permite ajustar correctamente la carga animal, evitando el sobrepastoreo y la degradación del suelo, sino que además contribuye a preservar la biodiversidad y asegura la rentabilidad en todo tipo de sistemas ganaderos de zonas altoandinas.

Uno de los métodos indirectos más comunes para estimar la disponibilidad de materia seca en praderas es el uso del plato forrajero, también conocido como Rising Plate Meter. Este instrumento mide la altura comprimida de la vegetación, lo que permite estimar la cantidad de forraje presente en kg de materia seca por hectárea (MS/Ha) mediante ecuaciones de calibración específicas (Moreno et al, 2019). La calibración del plato forrajero es esencial para asegurar la precisión de estas estimaciones, ya que las ecuaciones de calibración varían según el tipo de pastura, la densidad del forraje, y las condiciones ambientales locales.

La relevancia de este estudio radica en su potencial para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción ganadera en la región. Al desarrollar ecuaciones de calibración específicas para las praderas mixtas de Sachabamba, Ayacucho, se podrán realizar estimaciones más precisas de la disponibilidad de materia seca. Esto permitirá a

los productores ajustar mejor la carga animal, optimizar el uso de los recursos forrajeros y reducir el impacto ambiental negativo asociado al sobrepastoreo.

Esta investigación se enfocó en la calibración del plato forrajero en pasturas mixtas que se componían principalmente por pasto ovillo (*Dactylis glomerata*), ryegrass inglés (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) en la parcela evaluada ubicado en Sachabamba con la finalidad para poder estimar la materia seca disponible de una forma más precisa y práctica. Optimizando la carga animal, evitando el sobrepastoreo que contribuye a la productividad y reduciendo impactos negativos obteniendo mejores resultados, este estudio se realizó en los meses de abril, mayo y junio del presente año con la incorporación de análisis estadísticos con la finalidad de que se valide la precisión del dispositivo en distintas condiciones como lo son las climáticas y fenológicas.

Objetivo general

Calibrar el plato forrajero para estimar con precisión la materia seca en pastos asociados de la granja Palomino, Sachabamba, considerando la diversidad botánica y fenología.

Objetivos específicos

1. Determinar la relación funcional entre la altura comprimida del plato forrajero y la materia seca real en pastos asociados de la granja Palomino, Sachabamba, condicionado por la diversidad y densidad botánica.
2. Evaluar la variabilidad temporal de la precisión del plato forrajero en los meses de estudio asociado a los cambios fenológicos, lignificación y factores ambientales.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. A nivel internacional

Gebauer (2004). En su tesis: “Evaluación de los métodos de altura comprimida y capacitancia electrónica para estimar la disponibilidad de forraje en praderas de pastoreo, Chile.”

Realizado en 7 predios los cuales integran el Profo Volcán todo esto que pertenece a la provincia de Osorno, el tiempo en el que se realizó este estudio fue de 228 días desde el 3 de junio del 2002 hasta el 1 de enero del 2003. En Praderas de Ballicas perennes donde se tomaron un total de 1400 muestras en total donde la ecuación de calibración fue de $Y = 74x + 302$ con un coeficiente de determinación de 0.66, la fórmula solo para praderas regeneradas fue de $Y = 74X + 257$ con un coeficiente de determinación de 0.65, la ecuación de calibración para praderas naturales fue de $Y = 73X + 326$ con un coeficiente de determinación de 0.67, la ecuación de calibración para pre pastoreo fue de $Y = 88X + 8$ con un coeficiente de determinación de 0.73, la ecuación para post pastoreo fue de $Y = 71X + 384$ con un coeficiente de determinación de 0.46, la ecuación para la época de otoño fue de $Y = 72x + 248$ con un coeficiente de determinación de 0.50, la ecuación para la época de invierno fue de $Y = 66X + 412$ con un coeficiente de determinación de 0.41, la ecuación para la época de primavera fue de $Y = 51X + 671$ con un coeficiente de determinación de 0.47, la ecuación para la época de verano fue de $Y = 88X + 147$ con un coeficiente de determinación de 0.84.

Sepúlveda y Soto (2006). En su investigación: “Comparación de métodos indirectos de estimación de la disponibilidad de forraje en praderas permanentes del sur de Chile”.

Realizaron mediciones de la materia seca en praderas y pasturas permanentes con el uso de 3 equipos los cuales fueron el plato forrajero, pasture probe (bastón de capacitancia electrónica) y sward stick (regla graduada), pero es muy importante su calibración ya que para que este sea efectivo porque cambia de acuerdo a la pastura del lugar, época del año. La evaluación se realizó en los años 2005/2006 en la estación experimental de Maquehue, Temuco perteneciente a la Universidad de la Frontera a 70 m.s.n.m. en 4 tipos de pastos los cuales fueron *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens*. De las cuales se sacó 100 muestras de forma mensual, desde julio del 2005 hasta junio del 2006 en un total de 5 meses teniendo 500 datos por tipo de evaluación. Donde dentro de los resultados se demostró que el plato forrajero presenta un mayor nivel de confianza para estimar la materia seca obteniendo las siguientes ecuaciones de calibración. Julio $97x + 259$ grado de confianza 0.76, Octubre $108x + 361$ grado de confianza 0.74, Diciembre $124x + 871$ grado de confianza 0.74, Febrero $162x + 16$ grado de confianza 0.71, Junio $80x + 909$ con un grado de confianza de 0.71.

Prado (2007). En su investigación: “Efecto de dos niveles de fitomasa de pre y post pastoreo sobre las variables productivas de la pradera en verano, Chile”.

Realizado en la Estación Experimental Vista Alegre la cual pertenece a la Universidad Austral de Chile en la región de los Ríos, el estudio se realizó durante dos años en la cual se hizo las evaluaciones por estación, 21 diciembre 2004 – 21 marzo 2005. Dicha zona tiene una pendiente de 2-5% con forrajes como *Ballica inglés*, trébol blanco, de donde se tomó 100 muestras por parcela teniendo una ecuación inicial de ingreso para la estación de verano tanto para enero, febrero y marzo. La ecuación final para cada mes fue el siguiente enero y febrero $Y = 102X + 204$, marzo $Y = 139X + 40$.

Canales (2007). En su investigación: “El efecto de la frecuencia e intensidad del pastoreo primaveral en la producción, calidad y perennidad de una pastura permanente, Chile”.

Realizó en la Estación experimental de Maquehue, la cual pertenece a la Universidad de la Frontera ubicada en la región de la Araucanía, Chile. La fecha de estudio se realizó en el año 2005/2006 donde se tomó en cuenta 4 tipos de

pastos: *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* y *Trifolium repens*. Para poder estimar el forraje de materia seca hicieron evaluación durante el pre y post pastoreo en los distintos tratamientos de pastoreos que manejaron las cuales fueron cuatro, donde se usó el plato forrajero para poder estimarlo y mediante la calibración de este. Para la época de otoño obtuvieron una calibración de $Y = 120x + 350$ con un coeficiente de determinación de 0.74 lo que indica que este método es muy eficiente utilizarlo y que nos ahorra tiempo al momento de realizar la evaluación.

Pravia et al, (2013). En su tesis: “La estimación de la disponibilidad de pasturas y forrajes en predios de GIPROCAR II: ajuste del “*rising plate meter*” para las condiciones de Uruguay.”

Buscó mejorar la eficiencia en el manejo de las pasturas mediante la estimación precisa de la disponibilidad del forraje, donde el ajuste del plato forrajero Rising Plate Meter (RPM) fue adoptado a sus condiciones locales, seleccionando 10 establecimientos en las regiones de Uruguay, el estudio fue durante 35 meses donde se tenía potreros con forrajes asociados en distintas etapas del año. Se calibró el RPM a las pasturas de Uruguay que es muy distinto a las asociaciones de pasturas que tiene y el tipo de clima. Teniendo resultados donde se desarrolló ecuaciones de predicción específicas para tipos de pasturas, incluyendo gramíneas y leguminosas, con coeficientes de determinación (R^2) que variaron entre 0.54 y 0.88, teniendo una precisión de la estimación de disponibilidad de forraje mejor significativamente con ecuaciones locales, dando beneficios a los productores en cuanto a la carga animal y la suplementación. Se obtuvieron manejos eficientes ya que se mejoró la productividad por animal por hectárea. Llegando a la conclusión que el ajuste del RPM dio estimaciones más precisas en cuanto a la disponibilidad de forraje optimizando esto y una mejor productividad ganadera en el país.

Pérez (2017). En su investigación: “La comparación del método del plato medidor de la altura comprimida y el método del cuadrante para la determinación del rendimiento de materia seca en praderas sobre los tres mil metros de altitud – Ecuador”.

Realizado en dos predios dedicados a la producción lechera en la parroquia de Tambillo, Cantón Mejía, Ecuador a una altura de 3100 m.s.n.m. donde de las

cuales se tomó como datos 1000 muestras durante un periodo de 5 meses de praderas donde los pastos predominantes eran (*Lolium perenne*), (*Trifolium pratense*), donde se usó el plato medidor de altura comprimida para poder estimar la materia seca. Seguido de los análisis se realizó mediante regresión lineal simple donde se obtuvo la fórmula de calibración $Y = 179 * X + 19$, donde Y es la cantidad de materia seca en kg/ha y X viene a ser la altura comprimida del plato forrajero en centímetros, en esta evaluación se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.82 lo que nos dice que el método del plato forrajero es muy eficiente, precisa y menos trabajoso para poder estimar la materia seca en este tipo de praderas.

Hepp y Reyes (2017). En su tesis: “Determinación de la disponibilidad de materia seca en praderas a pastoreo en la Patagonia húmeda (Región de Aysén), Chile”.

Realizado en el año 2015-2017 en la región de Aysén Patagonia humedad en distintas zonas climáticas las cuales denominaron húmeda e intermedia, en las que la evaluación se hizo en las estaciones de primavera y verano. Donde las ecuaciones obtenidas en la zona intermedia fueron de $Y = 140X + 566$ con coeficiente de determinación de 0.77 en primavera con 576 muestras, $Y = 153X + 547$ con un coeficiente de determinación de 0.72 en verano con 565 muestras totales. En el caso de la zona húmeda se obtuvo las ecuaciones de $Y = 97X + 799$ con un coeficiente de determinación de 0.62 con 575 muestras en primavera, $Y = 96X + 1022$ con un coeficiente de determinación de 0.60 con 581 muestras en verano.

Moreno et al, (2019). En su investigación: “La calibración del plato forrajero en praderas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov) en el trópico alto colombiano”.

Se originó al desconocimiento de las técnicas y métodos sobre el aprovechamiento de los pastos específicamente del Kikuyo por parte de ganaderos de trópico alto colombiano, con el objetivo de realizar un proceso de calibración para obtener una ecuación lineal que transforme la altura comprimida en $Kg\ ms/ha^{-1}$ para luego compararlo con el método directo de obtención de materia seca que consiste en realizar un corte del forraje en $1m^2$. la toma de muestra se realizó a lo largo del cordón lechero al norte del departamento de Boyacá sobre praderas de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), con una duración de 6 meses desde junio – diciembre del 2014, el análisis se hizo en pre y post pastoreo, el total de muestras fue de 400

en épocas de lluvia y seca, las muestras fueron tomadas al azar con el uso de un anillo de 0.1 m², para luego ser pesado en verde y llevado a laboratorio para obtener la MS. El resultado del parámetro de intercepto donde mínimos cuadrados estimado fue de 2978.92 con un error estándar de 200.93, el perímetro pendiente de los mínimos cuadrados estimado fue de 259.42 con un error estándar de 6.97.

Chá (2020). En su estudio: “La validación del método indirecto de Plato de levante o Rising Plate Meter en Trigo y Cebada para la estimación de la biomasa y materia seca, Uruguay.”

Realizado en el laboratorio Oriental en Uruguay donde se usó el Rising Plate Meter en biomasa fresca y materia seca en cultivos de trigo y cebada, gracias a que este método tiene ventaja de ser rápida y no destructiva comparándolo con los métodos tradicionales. El estudio fue realizado en lotes de trigo y cebada en el departamento de soriano – Uruguay. La marca del plato forrajero fue JENQUIP de la compañía TERKO con un área de placa de 0.1m², se procedió a tomar las muestras para sacar la materia seca en laboratorio, el análisis estadístico fue por el modelo lineal y análisis de regresión lineal con el Software InfoStat para ajustar las ecuaciones de calibración. Donde el resultado de ecuación de calibración fue $Y = 268.28 + (87.23 * \text{lectura del plato}) + 9.18$, donde Y es la materia seca en Kg/ha, el coeficiente de determinación fue superior a 0.8 en ambos casos lo cual nos indica una buena lectura si se relaciona el RPM y la biomasa real, llegando a la conclusión que el RPM fue mucho más rápido y eficiente en comparación a los métodos tradicionales solo que se necesita su calibración inicial.

Cárdenas, Balocchi y Calvache (2020). En sus investigaciones: “Calibration of the rising plate meter for mixed pastures of ryegrass (*Lolium perenne* L.) and kikuyo (*Cenchrus clandestinus*), Colombia.”

Lo realizaron en la finca San pedro la cual está ubicado en el municipio de Cota a unos 2548 m.s.n.m. esta investigación se realizó en verano en los años de 2013/2014 con una pendiente menor a 2% topográficamente, los potreros o parcelas estaban compuesto por un 30% de (*Lolium perenne* L.) y un 70% de (*Cenchrus clandestinus*), de las cuales se obtuvo un total de 1650 muestras en total donde 825 correspondían al plato forrajero y 825 a muestreo de corte para luego

mediante el método de regresión lineal se tenga la fórmula de calibración del plato y referido a la zona el cual fue $Y=79.7x + 319.7$ el coeficiente de variación fue de 0.85 indicando que esta prueba tiene un alto grado de confiabilidad.

Lima (2023). En su tesis: “La validación de dos metodologías de predicción en la ecuación del Rising Plate Meter en mezclas forrajeras, Tulcán”.

Realizado específicamente en la Hacienda La Concepción del cantón Tulcán – Carchi en Ecuador, todo esto a 3060 m.s.n.m. las praderas evaluadas tenían una mezcla forrajera de trébol, llantén y raigrás donde la estimación de forraje de materia seca se realizó con el uso del plato forrajero para determinar la altura comprimida y materia seca consumible disponible donde se obtuvo un total de 360 muestras a evaluar para poder realizar la calibración, la fórmula obtenida fue $Y= 100.294*X + 77.504$. donde Y representa la cantidad de materia seca disponible por hectárea, X viene a ser la altura comprimida medida en cm, el coeficiente de determinación fue de 0.83 lo cual indica que este método es muy práctico y eficiente al momento de utilizarlo.

Cros (2023). En su investigación: “Estimación de consumo de forraje mediante métodos indirectos para situaciones de altura residual contrastantes, Uruguay”.

Realizado en el CRS que forma parte de la Facultad de Agronomía en la unidad de producción lechera, en el departamento de Canelones, este trabajo se realizó en la primavera del año 2019 en los meses de septiembre – diciembre donde se emplearon 5 métodos los cuales fueron corte, doble muestreo, regla, plato forrajero y C-dax. Los pastos evaluados fueron *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens*, *Lolium multiflorum*, *Avena bizantina* y *Sorghum sp*, en el caso de que se estimó el consumo directo de forraje por animal se empleó el método indirecto como es el plato forrajero para poder estimar la cantidad de forraje en materia seca de cada potrero a evaluar se empleó la fórmula de $Y= 114.18X + 376.72$ con un coeficiente de determinación de 0.62 donde en la comparación con el C-dax y plato forrajero no hubo diferencias significativas dando a entender que ambos métodos tienen alto grado de confiabilidad.

1.1.2. A nivel nacional

Condori (2023). En su investigación: “Comparación del método de altura comprimida y el método del cuadrante para estimar la disponibilidad forrajera de pasto cultivado perenne en Matahuasi – Concepción, Huancayo.”

Realizado en el año 2019 en un tiempo de 3 meses que comprenden los meses de agosto, septiembre y octubre, en la Asociación de Ganaderos La Asunción de Matahuasi, Provincia de la Concepción y Departamento de Junín a una altura de 3307 m.s.n.m. dentro de los forrajes evaluados tenemos *Lolium perenne* y *Trifolium repens* en etapa de floración de las 5 parcelas evaluadas se tomó 290 muestras para evaluar de las cuales mediante regresión se logró obtener la ecuación de calibración el cual fue $Y = 531.696 + 160.972X$ con un coeficiente de determinación de 0.48, también dividió las ecuaciones por meses donde en el primer mes obtuvo una ecuación de $Y = 899.84 + 129.42X$ con un coeficiente de determinación de 0.35 con 100 muestras, para el segundo mes fue $Y = 564.45 + 165.59X$ con un coeficiente de determinación de 0.45 también con 100 muestras y para el último mes de evaluación fue de $Y = 254 + 174.7X$ con un coeficiente de determinación de 0.59 con 90 muestras obtenidas. Obteniendo como resultado ninguna diferencia significativa si se compara con el método de corte cuadrante.

1.2. Forraje y materia seca

Tanto el consumo del forraje y la materia seca (MS) es muy fundamental dentro de la nutrición del animal, donde el consumo de MS va ser un indicador muy importante que va reflejar la cantidad exacta de alimento nutritivo que consume el animal. El forraje debe ser de muy alta calidad y cantidad para que sea de igual manera la materia seca y dar una eficiencia productiva en los animales (Villalobos & Sánchez, 2009).

La materia seca se ve condicionada por sí misma, cuando el forraje tiene mayor concentración de agua este va ser consumido menos de igual manera la materia seca porque va generar un efecto de saciedad en los animales. Por eso se recomienda ofrecer de 4-5 kg de MS por cada 100kg de peso vivo para tener una ingesta más óptima (Rodríguez & Elizondo, 2012).

La materia seca es toda aquella parte de cualquier alimento en la cual se elimina todo el contenido de agua, quedando la fracción que va aportar todos los nutrientes a los

animales rumiantes, si se realiza un buen manejo en el balance del forraje y la materia seca tendremos una mejor productividad en los animales (González & Tapia, 2017; Ramirez, 2011).

1.2.1. Pasturas asociadas

Las pasturas asociadas consisten en sistemas de siembra que combinan distintas especies de plantas forrajeras, principalmente gramíneas y leguminosas, con el objetivo de ofrecer un alimento más equilibrado y nutritivo para el ganado. Esta mezcla contribuye a incrementar la producción de forraje, aportando proteínas y carbohidratos que mejoran la nutrición animal, favoreciendo así su bienestar y rendimiento. Además, las pasturas asociadas optimizan la cantidad y calidad del forraje disponible, mejoran la palatabilidad y digestibilidad, y ayudan a prevenir trastornos metabólicos como el timpanismo. También tienen un impacto positivo en la conservación del suelo, ya que disminuyen la erosión y aumentan la fertilidad gracias a la capacidad de las leguminosas para fijar nitrógeno. Por ejemplo, la combinación de gramíneas como el ryegrass con leguminosas como la alfalfa genera un forraje de mayor volumen y calidad, lo que beneficia la salud y la productividad del ganado (Merchant & Solano, 2016).

También conocido como la agrupación de pastizales que tiene como finalidad administrar un alimento con buen balance en la ganadería cumpliendo los requerimientos y mejorando la productividad en la ganadería (Llanque, 2020).

1.2.2. Materia seca y su relevancia en ganadería

La materia seca (MS) corresponde a la porción de un alimento que permanece tras eliminar todo su contenido de agua y representa los nutrientes disponibles para el animal, incluyendo proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales. Es esencial medir y conocer la materia seca tanto de los ingredientes como de las dietas para poder formular raciones equilibradas y eficaces que satisfagan las necesidades nutricionales del ganado de engorde. La cantidad de materia seca refleja el aporte real de nutrientes del alimento, dado que el agua, aunque indispensable, no aporta nutrientes y se suministra aparte mediante agua potable. Un alimento con bajo contenido de materia seca aporta menos nutrientes, lo que puede limitar el desempeño productivo; por ello, es fundamental monitorear semanalmente su contenido, especialmente en forrajes y alimentos húmedos que varían según el tipo y momento de cosecha. El consumo de materia seca es un

indicador clave para determinar la cantidad efectiva de nutrientes ingeridos y ajustar las dietas para mejorar la ganancia de peso y la eficiencia productiva. Así mismo, se recomienda no considerar el exceso de agua en los ingredientes al valorarlos y reconocer que cada materia prima tiene un nivel óptimo de materia seca para lograr un balance nutricional adecuado. El porcentaje de materia seca va depender del estado fenológico del forraje como por ejemplo en un estado vegetativo la materia seca va de 8-16%, en el caso de la formación de espiga tiene un porcentaje de 17-22% y plantas que están semillando poseen una materia seca mayor al 22% (Hepp & Reyes, 2014; University, 2019).

El consumo de materia seca (CMS) es crucial para la nutrición de los rumiantes, especialmente en animales que pastorean, ya que determina la cantidad de nutrientes disponibles que afectan su salud, reproducción y producción. Por esta razón, estimar el CMS es fundamental no sólo como un indicador del estado nutricional y la capacidad productiva de los animales en pastoreo, sino también para evitar la subalimentación y sobrealimentación, la cual podría limitar la producción y aumentar los costos debido a una baja eficiencia en la conversión del alimento en productos animales (Mejia, Mahecha, & Angulo, 2017).

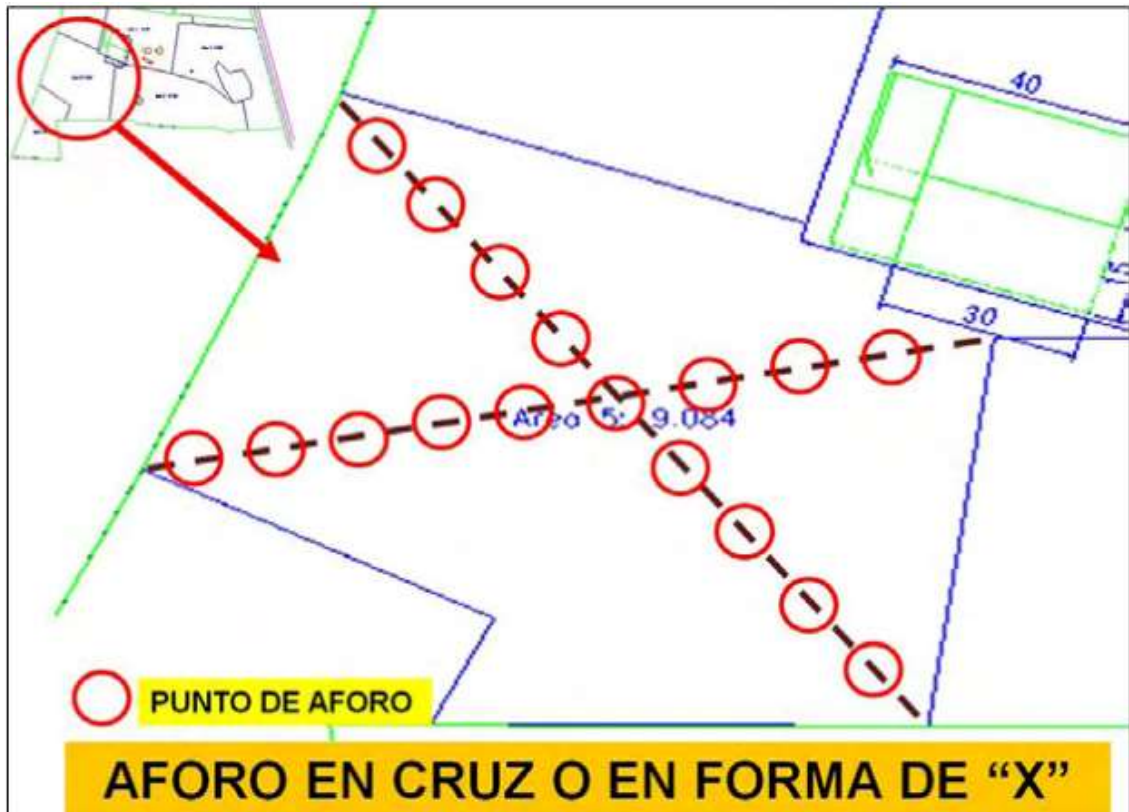
1.2.3. Métodos para la obtención de forraje verde (aforo)

a) Método muestreo en cruz

En este tipo de método donde se ubican de forma mental las 4 esquinas del portero para proceder a recoger las esquinas de forma diagonal de una esquina a la opuesta y luego la diagonal perpendicular, cada cierta distancia que puede ser en metros o pasos se deja caer el cuadrante de 1 metro cuadrado, el plato forrajero. Condicionado al estudio que se enfoque para proceder a cortar la muestra al ras del suelo, al realizarlo de extremo a extremo se tiene muestras con mayor variabilidad del potrero reduciendo el sesgo de obtener solo muestras bonitas o productivas (Ávila et al. 2017; Rúa, 2010).

Figura 1. 1

Método "X"



Fuente: Rúa (2010)

b) Método de zig-zag

También conocido como el método en forma de Z donde se recorre el potrero en todo su largo y ancho describiendo un trayecto en Z o zigzag, donde las muestras que se obtienen son de forma aleatoria considerando pasos o metros. Esto va estar condicionado por el tamaño del potrero obteniendo muestras representativas, para este método se puede usar el cuadrante como también el plato forrajero tanto en la calibración y obtención de MS/Ha siendo más adaptado a potreros con forma irregular cubriendo de forma homogénea su superficie siempre en cuando los cortes de las muestras en los puntos aleatorios sean al ras (Ávila et al. 2017; Rúa, 2010).

Figura 1. 2

Método “Z”



Fuente: Rúa (2010)

1.2.4. Métodos para la obtención de materia seca

a) Método de secado en estufa de ventilación forzada

Este método implica pesar una muestra fresca de forraje que puede ser entera o completa la cuál va depender del número de muestras y la capacidad de la estufa, luego secarla en una estufa a una temperatura controlada, usualmente entre 60 °C y 105 °C, durante un periodo específico hasta que el peso se estabilice. La diferencia de peso antes y después del secado refleja el contenido de agua y materia seca. Aunque es reconocido como el método de referencia debido a su alta precisión, requiere equipo especializado y consume tiempo (Gutiérrez, Artos, & Portilla, 2023).

b) Método de secado con horno microondas

Esta técnica nos va ayudar a determinar la materia seca no tan precisa tanto del forraje verde como del ensilaje que proviene de praderas, no se recomienda su uso en ensilaje de maíz o granos pequeños porque se queman antes de llegar al secado. Se procede a pesar la muestra en una balanza la cual se corta en trozo pequeños para luego

colocar la muestra en el microondas por 5 minutos a una potencia de 850 watts, se debe realizar por lo menos unas 4 a 5 veces para obtener una materia seca real en intervalos de 3-4 minutos y se debe colocar un vaso de agua para que la muestra no se quemé y cambiarlo realizada en cada proceso (Demagnet et al. 2005).

c) Método de Koster

El método Koster para determinar la materia seca comienza con el pesado del recipiente vacío y la colocación dentro de este de una muestra fresca de forraje, generalmente de 100 gramos para muestras finas o 10 gramos para materiales más grandes. La muestra se seca en una unidad equipada con ventilación forzada y una báscula calibrada. El proceso dura al menos 30 minutos, tras lo cual se vuelve a pesar la muestra con el recipiente. Este ciclo de secado y pesado se repite en intervalos de 5 a 10 minutos hasta que el peso se estabilice, señalando que toda la humedad ha sido eliminada. La báscula calibrada proporciona directamente el porcentaje de materia seca y humedad, evitando cálculos adicionales. Este procedimiento es valorado por su precisión, rapidez y facilidad de uso tanto en campo como en laboratorio, con un margen de error aproximado del 3% (Koster Moisture Tester, n.d.).

d) Métodos indirectos medidores de capacitancia electrónica o medidos de pasturas

Se emplean dispositivos electrónicos portátiles que estiman la cantidad de materia seca a partir de propiedades eléctricas o físicas del pasto, como la conductividad o volumen. Ejemplos incluyen el equipo Grass Master Pro como también el plato forrajero. Estos métodos son rápidos y prácticos para muestreos múltiples, aunque deben calibrarse con métodos directos para asegurar precisión (Rodríguez & Elizondo, 2012).

e) Método del cuadrante o jaulas de exclusión

El método del cuadrante, también denominado jaulas de exclusión, es una técnica directa y destructiva utilizada para medir la materia seca en pasturas. Consiste en marcar áreas específicas de la pradera con un marco de tamaño conocido (por ejemplo, 0.25 m² o 1 m²) y cortar toda la vegetación dentro de esa área. Las muestras frescas se pesan y posteriormente se secan en laboratorio, comúnmente en una estufa con ventilación forzada, hasta alcanzar un peso constante que permite determinar su contenido de materia seca. Esta técnica ofrece una estimación exacta de la biomasa y materia seca disponibles

en el área muestreada. Las jaulas de exclusión son parcelas en las que se restringe el acceso del ganado para monitorear el crecimiento y acumulación de materia seca sin que haya consumo. Aunque este método requiere mucho tiempo y mano de obra, se considera un estándar para calibrar métodos indirectos y evaluar la verdadera disponibilidad del forraje (Mas et al. 2022).

f) Determinación casera con microondas para materia seca

La determinación de la materia seca en los forrajes con un horno microondas común implica pesar y picar 100 gramos de pasto fresco. Luego, se coloca la muestra junto con un vaso que contiene tres cuartas partes de agua dentro del microondas. La muestra se somete a ciclos de secado a máxima potencia durante diferentes tiempos (9 minutos, luego 7, 5 y 3 minutos), removiendo la muestra entre cada ciclo para evitar su quemado. Después, se deja enfriar y se pesa para calcular el porcentaje de materia seca mediante la diferencia de peso. Este método es rápido, consistente y ha mostrado resultados comparables con el método tradicional de secado en estufa, facilitando análisis precisos en campo. Se resalta además la importancia de recolectar muestras representativas para asegurar la fiabilidad de los resultados (Aristizabal & Londoño, 1999).

1.3. Manejo de las pasturas y forrajes

En las últimas décadas, el manejo de pastos y forrajes ha evolucionado hacia sistemas integrados que consideran la selección adecuada de especies y variedades, el manejo del suelo, el control de malezas y plagas, así como la siembra en tiempos oportunos, el riego, la fertilización y la cosecha eficiente. Estos sistemas buscan asegurar una oferta constante y de alta calidad de alimento para el ganado, garantizando su nutrición y bienestar, al tiempo que promueven la sostenibilidad ambiental y la rentabilidad económica. La práctica del pastoreo ha avanzado desde métodos extensivos y continuos, donde los animales permanecen largos períodos en un solo potrero, hacia sistemas alternos y rotacionales que permiten un uso óptimo de la pastura y facilitan su recuperación, mejorando tanto la producción como la conservación del ecosistema. Dentro de los manejos está reducir la compactación de los suelos de manera adecuada, donde la entrada de agua y aire sea favorable, el equilibrio de las leguminosas y gramíneas debe ser el correcto para poder optimizar la calidad del forraje. En el caso de las pasturas se maneja periodos de descanso que depende de las condiciones ambientales y el manejo

que se realice obteniendo una productividad y sostenibilidad del sistema. Todo este proceso está establecido y es muy esencial para que la ganadería sea muy eficiente y sostenible en cuanto a la productividad, salud animal y cuidar el medio ambiente de las explotaciones ganaderas (García del Valle, 2023).

En la serranía los forrajes y pasturas son manejados de una forma distinta lo cual está condicionado por el clima y áreas como los suelos muy delgados, la temperatura muy baja y pendientes que presentan siendo esto contraproducente en la producción de forrajes. Las praderas en la serranía en su mayoría contienen pastos nativos como lo son gramíneas y herbáceas adaptadas al ambiente, que por lo general presentan un sobrepastoreo que va afectando la altura y diversidad de especies. Para un manejo correcto se deben usar especies forrajeras de calidad como lo son el trébol, reygrass, dactylis y festuca que estén adaptadas o realizar un proceso de adaptación a la altura y condiciones de humedad. Se promueven prácticas agroecológicas para conservar el suelo y agua, maximizar la producción y calidad del forraje, y asegurar la sostenibilidad del sistema ganadero. El pastoreo debe ser regulado para mantener la vegetación activa, evitar la degradación y favorecer la producción continua de forraje nutritivo para camélidos, ovinos y vacunos en estos ecosistemas altoandinos (Cotrina, 2019).

1.3.1. Método tradicional e innovador en la medición del forraje

a) Métodos tradicional o destructivo

Este método va consistir en que se debe realizar cortes de áreas específicas y que sean representativas para posteriormente secarlas y se pueda determinar la materia seca que está presente. Es considerado el método más exacto y utilizado como estándar debido a su elevada precisión y objetividad. No obstante, es laborioso, costoso y toma mucho tiempo, además de requerir una gran cantidad de muestras para capturar adecuadamente la diversidad de la pastura, lo que limita su uso práctico para el manejo cotidiano en el campo. También se emplea el método de doble muestreo, que combina técnicas destructivas con métodos indirectos para aumentar la exactitud y reducir el trabajo necesario (Canales, 2007; Mas et al. 2022; Pravia et al. 2013).

b) Métodos indirectos o no destructivos

Entre los métodos indirectos se encuentran la estimación visual, que se basa en la experiencia del evaluador; la medición con regla de la altura de la pastura para calcular la materia seca mediante ecuaciones estadísticas; el uso de capacitancia electrónica para detectar cambios dieléctricos entre el aire y el forraje; el medidor de disco de levante (Rising Plate Meter), que combina la altura y densidad del forraje para ofrecer una medición rápida y sencilla; y tecnologías emergentes con sensores y satélites para estimar la biomasa en grandes extensiones. Aunque estos métodos son más rápidos y menos laboriosos, requieren calibración continua y pueden presentar un margen de error considerable, por lo que su elección depende del tipo de pastura, el propósito del manejo y los recursos disponibles (Canales, 2007; Mas et al. 2022; Pravia et al. 2013).

1.3.2. Primeras herramientas para estimar materia seca

Las primeras técnicas para estimar la materia seca en pasturas se fundamentaban en métodos directos, especialmente en el método del corte y posterior pesaje del forraje dentro de áreas específicas delimitadas, conocidas como cuadrantes o marcos de muestreo. Este método, reconocido por su alta precisión, consiste en cortar el forraje al nivel del suelo, secar las muestras en un horno y luego pesarlas para determinar la cantidad de materia seca disponible. A pesar de su exactitud, esta técnica es laboriosa, costosa y poco viable para realizar controles frecuentes en campo, debido a la necesidad de recolectar un gran número de muestras, este procedimiento implica cortar el forraje a ras del suelo en un área determinada, luego secar las muestras en un horno a temperaturas específicas (por ejemplo, 100°C durante 24 horas o 60°C durante 48 horas) y finalmente pesarlas para calcular la cantidad de materia seca. Es considerado el método estándar por su alta exactitud, aunque también se destaca que es laborioso, consume mucho tiempo y no resulta práctico para monitoreos frecuentes en el campo debido a la gran cantidad de muestras requeridas para reflejar adecuadamente la variabilidad del pastizal (Rossetti, 2021; Roza, Fernández, & Gutiérrez, 2011).

1.4. Plato forrajero (Rising plate meter – RPM)

El plato forrajero, también denominado Rising Plate Meter y originario de Nueva Zelanda, es una herramienta innovadora que mide la altura comprimida del forraje en los pastizales para estimar con precisión la cantidad de materia seca (MS) disponible en un momento determinado. Su funcionamiento se basa en combinar la altura y densidad del

pasto, considerando aspectos como la cobertura vegetal y el estado fisiológico de las plantas. Este tiene un plato circular en la base que cuando se presiona en el forraje nos da una medida a la cual se le llama como altura comprimida, para que luego este dato sea pasado a una ecuación de calibración para poder obtener una materia seca relativa por hectárea del predio. Con este método se está facilitando el trabajo a los ganaderos para así obtener datos más fiables para evaluar la disponibilidad de forraje, mejorando lo que comúnmente se hace en el campo que es la estimación visual o también conocido como ojímetro, teniendo una mejor planificación sobre el pastoreo, cuanto de carga animal por pradera y mejorando la productividad en todos los aspectos (Moreno et al. 2019)

Actualmente este equipo es muy utilizado por ser muy confiable y práctica para poder estimar la materia seca de las pasturas. La función principal del plato forrajero es darnos la altura comprimida del pasto, que va de la mano con la altura y densidad de los forrajes, lo que nos va dar una estimación casi precisa de forraje disponible, pero antes de esto se debe calibrar el equipo mediante la obtención de la altura comprimida y la cantidad de materia seca en esa altura, con cortes directos y sacando la materia seca del corte. Gracias a que el equipo tiene un plato y un poste central que ayuda a que el plato se desliza para poder obtener la altura comprimida y darnos un estimado de forraje, gracias a esto se puede realizar monitores cada cierto tiempo para ver las condiciones y cantidades del forraje presente, para poder optimizar el manejo del pastoreo y su uso eficiente de este y obtener una mejor productividad animal, en cuanto a los resultados si se desea que sean confiables, la medición con el plato se debe hacer en forma de zigzag o tomar distintos puntos sin repetirlos (Alarcón, 2017; Lima, 2023).

1.4.1. Origen y desarrollo del plato forrajero

El origen del plato forrajero (RPM) se data en Nueva Zelanda con la finalidad de obtener una herramienta práctica, innovadora que les ayude a optimizar la gestión de pastizales apoyado en aumentar la productividad en la ganadería, en todos los periodos de producción más específico en la de sequía. Este nos dará una medición más precisa del forraje disponible, si lo comparamos con el método tradicional visual lo supera con creces, lo cual aportó a tomar mejores decisiones en cuanto a la planificación del pastoreo y no exceder la carga animal. El desarrollo fue que este equipo mide la altura comprimida del forraje con la ayuda de un plato que se levanta al momento de apoyarlo en los pastizales, obteniendo datos en medida y obtener una materia seca con el empleo de

ecuación previamente calibradas para la zona en trabajo. Gracias al desarrollo y origen del plato forrajero ha repercutido de forma positiva en la gestión eficiente de los forrajes usados en la ganadería actual y durante los años que se fue usando, dando una mayor rentabilidad y sostenibilidad en la producción pecuaria (Contexto ganadero , 2021; Peruláctea , 2019).

1.4.2. Primeros países en implementar el plato forrajero

El RPM el cual tuvo su origen en Nueva Zelanda como algo innovador lo cual nos ayuda a estimar la materia seca disponible donde va considerar la densidad del forraje y el estado fenológico en el que se encuentre este, siendo este país en utilizarlo primero superando a los métodos tradicionales con una mayor exactitud sobre el recurso forrajero que se maneja. El impacto y desarrollo que tuvo en este país sobre la ganadería tras su desarrollo, se difundió de una manera rápida a países latinos como lo son Brasil, Argentina, Chile países donde la ganadería es muy importante, siendo clave para poder optimizar un manejo más sostenible de los forrajes y la carga animal para obtener una productividad excelente. Llegándose a consolidar de esta manera con una herramienta fundamental en la gestión eficiente y sustentable en la ganadería moderna, siendo muy innovador y conservador en la actividad agropecuaria (Moreno et al. 2019).

1.4.3. Impacto en la gestión sostenible de pasturas

El uso del plato forrajero impacta de manera positiva en el manejo sostenible de las pasturas porque este nos da con mucha precisión el estado fenológico y la cantidad de forraje que se dispone lo cual va permitir que los productores tengan mayor información y tomar mejor las decisiones al momento de realizar el pastoreo evitando el sobrepastoreo. Gracias a este equipo se puede saber correctamente cuántos animales pueden entrar a pastoreo y en qué tiempo se puede recuperar el pasto y estar óptimo sin que se realice sobrepastoreo y una posterior degradación del suelo. Por eso es muy importante el uso del plato forrajero, no solamente ayuda en la productividad ganadera sino también en la conservación de los pastizales para su uso en las siguientes generaciones (Motta, Martínez, & Rojas, 2019).

1.5. Beneficios del plato forrajero

Dentro de los beneficios que nos da el uso del equipo es la precisión con que mide la cantidad de materia seca que está disponible en las praderas o pastizales mediante la altura comprimida de esta, lo cual nos dará qué cantidad de forraje tenemos disponible para el ganado. Dándonos una mejor gestión sostenible del pastoreo porque se tendrá la cantidad de animal que pueden consumir y el tiempo de pastoreo que se debe realizar, lo cual va optimizar tanto la cantidad y calidad de forraje que se está produciendo. Disminuyendo la carga animal y el sobrepastoreo dándonos una mejor disponibilidad de pastizales a largo plazo. Generando planes para el pastoreo de acuerdo a los resultados cuantificados obtenidos con el uso del plato forrajero, para un mejor uso eficiente tanto de los pastos y la producción animal. También permite un manejo adaptativo de las pasturas según las condiciones ambientales y temporales, lo que mejora la sostenibilidad tanto ecológica como económica de las explotaciones pecuarias (Prado, 2007).

Tabla 1.1

Comparación práctica de distintos métodos de evaluación

Métodos	TT (tiempo de trabajo)	CL (calibración)	ICM (Independencia del criterio)	E (equipamiento)	ROI (rapidez en obtener información)	CP (capacitación)
Corte	++++	-	++	++	+	+
Doble muestreo	+++	++	++	+	++	++
Regla	++	+	+++	+	+++	+
Plato medidor	++	++	+++	++	++++	+
C-Dax	+	+	++++	+++	++++	+

Fuente: Cros (2023)

1.5.1. Estimación de materia seca

El plato forrajero (Rising Plate Meter) se utiliza para estimar la cantidad de materia seca disponible en las praderas mediante mediciones sistemáticas de la altura comprimida del forraje, realizando alrededor de 100 mediciones por franja de pastoreo. Estos datos se convierten en estimaciones de kilogramos de materia seca por hectárea a través de una ecuación calibrada específicamente para las condiciones del área de estudio. Este procedimiento permite evaluar el estado del forraje antes y después del acceso del ganado, lo que facilita la planificación adecuada de la carga animal y los períodos de

pastoreo, asegurando un uso eficiente y sostenible de los recursos forrajeros. Al regular la cantidad de forraje disponible y el residuo dejado tras el pastoreo, se favorece la recuperación del pasto y la conservación a largo plazo de la pradera (Lagos, 2012).

1.5.2. Optimización del manejo del pastoreo

El uso del plato forrajero nos va ayudar en la optimización del pastoreo, ya que este nos brindará la altura comprimida del forraje para así poder calcular la materia seca disponible en las praderas con exactitud. Todo esto para una mejor optimización en la cantidad de animales como también en el tiempo que estarás en el pastoreo, para poder garantizar un uso correcto del pasto y tener un mejor rebrote de este. Como también ayuda a que los productores puedan hacer un pastoreo en franjas y dejar el residuo para que el pasto tengo una mejor producción y calidad, otro pastoreo que se puede emplear es el rotativo con la cantidad de animal necesaria para tener una sostenibilidad ambiental, mejorando la rentabilidad todo gracias al correcto manejo y control de los forrajes (Cros, 2023).

1.5.3. Mejora en la productividad animal

Dentro de las mejoras por el uso del plato forrajero está que aumentará la productividad animal sea cual sea el propósito, ya que va nos va dar una evaluación precisa y objetiva del forraje disponible y que se debe consumir. Como ya se mencionó con anterioridad ayuda a determinar la materia seca con exactitud para poder tener el número de animales adecuados por pastoreo, para que estos ingieran un forraje en cantidad suficiente y alta calidad cumpliendo con todos sus requerimientos nutricionales por etapa el equipo nos va ayudar con sus mediciones de plato a maximizar la producción de leche o carne dependiendo del propósito animal, como también favorece al pasto evitando sobrepastoreo y compactación del suelo. En general tendremos una eficiencia alimentaria alta generando una productividad adecuada que beneficia al productor y ganaderos (Cid, 2008)

1.5.4. Reducción del sobrepastoreo

Se disminuye considerablemente el sobre pastoreo si se utiliza de manera correcta el RPM, gracias a su altura comprimida y la cantidad de materia seca que esté disponible en los pastizales, de acuerdo a esta información se puede realizar pastoreos rotativos para obtener un buen remanente una vez que el ganado pase a la siguiente franja evitando que

es pastoreo sea excesivo. Este procedimiento ayudará a largo plazo una buena regeneración y estabilidad de los pastizales, para una mejor capacidad productiva ya que se hace un buen manejo de la cantidad de animales y el tiempo que deben estar así evitando la compactación excesiva del suelo y degradación de esta. De este modo, basar el manejo en mediciones objetivas contribuye de manera significativa a mejorar la eficiencia del pastoreo, preservar los recursos forrajeros y sostener una producción animal rentable y ambientalmente sostenible, tal como respaldan investigaciones de prestigiosas universidades chilenas (Lagos, 2012; Prado, 2007; Reyes, 2006).

1.6. Métodos para la calibración del plato forrajero

La calibración del plato forrajero consiste en generar una ecuación que vincula la altura comprimida del forraje, medida con el plato, con la cantidad real de materia seca (MS) disponible en la pradera. Para ello, se eligen de forma aleatoria varios puntos dentro de cada parcela donde se registra la altura con el plato y, en esos mismos puntos, se corta el forraje a nivel del suelo para luego ser secado y pesado en laboratorio. Los valores de altura actúan como la variable independiente (eje X) y los datos de materia seca como la variable dependiente (eje Y). A partir de estos datos, se realiza un análisis de regresión lineal que permite obtener una fórmula capaz de estimar la materia seca a partir de las mediciones realizadas con el plato en el campo. Esta calibración se actualiza constantemente empleando información de mediciones anteriores para ajustar la ecuación según los cambios estacionales de la pradera (Prado, 2007).

Tabla 1.2

Ecuaciones de calibración

Autor	Ecuación	Mes/Estación	R cuadrado
(Moreno, Fonseca, Rodríguez-Molano, & Pulido-Suarez, 2019)	$Y = 259.422X + 2978.72$	6 meses	0.78
(Pravia, Montossi, Dighiero, Porcile, & Gutiérrez, 2013)	$Y = 113.9X + 149.9$ Primavera: $Y = 84.75X + 476.26$ Invierno: $Y = 132.68X - 34.10$ Otoño $Y = 112.63X + 243.48$ Verano: $Y = 125.59X + 3.64$	35 meses	0.61
(Chá Badano, 2020)	$Y = 268.28 + (87.23X) + 9.18$	1 mes	0.83
(Pérez, 2017)	$Y = 179X + 19$ Octubre: $Y = 93X + 302$ Noviembre: $Y = 89X + 150$ Diciembre: $Y = 136X + 340$	5 meses	0.82 0.73 0.74 0.90
(Canales Cartes, 2007)	Verano: $Y = 160X + 250$ Otoño: $Y = 120X + 350$ Invierno: $Y = 95X + 400$	9 meses	0.71 0.74 0.77
(Lima Martínez, 2023)	$Y = 100.294x + 77.504$	4 meses	0.83
(Cárdenas, Balocchi, & Calvache, 2020)	$Y = 79.7x + 319.7$ Julio: $Y = 97X + 259$ Octubre: $Y = 108X + 361$ Diciembre: $Y = 124X + 871$	3 meses	0.82 0.76 0.74 0.74
(Sepúlveda & Soto, 2006)	Febrero: $Y = 162X + 16$ Junio: $Y = 80X + 909$	5 meses	0.71 0.71
(Cros Méndez, 2023)	$Y = 114.18x + 376.32$ $Y = 74x + 302$ Praderas regeneradas: $Y = 74X + 257$ Praderas naturales: $Y = 73X + 326$	4 meses	0.68 0.66 0.65 0.67
(Gebauer Teuber, 2004)	Pre pastoreo: $Y = 88X + 8$ Post pastoreo: $Y = 71X + 384$ Otoño: $Y = 72x + 248$ Invierno: $Y = 66X + 412$ Primavera: $Y = 51X + 671$ Verano: $Y = 88X + 147$	7 meses	0.73 0.46 0.50 0.41 0.47 0.84
(Prado Sepulveda, 2007)	Enero y febrero $Y = 102X + 204$ Marzo $Y = 139X + 40$ PRIMAVERA: Zona intermedia: $Y = 140X + 566$ Zona húmeda: $Y = 97X + 799$	3 meses	No especifica 0.77 0.62
(Hepp & Reyes, 2017)	VERANO: Zona intermedia: $Y = 153X + 547$ Zona húmeda: $Y = 96X + 1022$ $Y = 531.696 + 160.972X$	6 meses	0.72 0.60 0.48
(Condori Quispe, 2023)	Agosto: $Y = 899.84 + 129.42X$ Septiembre: $Y = 564.45 + 165.59X$ Octubre: $Y = 254 + 174.7X$	3 meses	0.35 0.45 0.59

1.6.1. Validación y precisión en diferentes tipos de pasturas

El plato forrajero representa una mejora significativa frente a métodos más básicos al combinar la medición de la altura con la densidad del forraje mediante la altura comprimida causada por el peso del plato, lo que permite una estimación más precisa de la biomasa disponible. Para lograr una calibración adecuada, es necesario realizar múltiples mediciones representativas que consideren las características particulares de la pastura, como su heterogeneidad, el tipo de suelo, la estación del año, la proporción hoja/tallo y el estado fenológico de las especies presentes. Siempre habrá una resistencia generada por el pasto (estado fenológico que se encuentre) y el plato del equipo, por eso es muy necesario que las ecuaciones de calibración sean específicas para cada tipo de pastura asociada mediante el uso de regresión lineal. En pastos como lo son el trébol y la festuca, es mucho más preciso porque se obtiene una mejor altura comprimida ya que no hay mucha resistencia. Esto favorece al manejo eficiente, en resumen, el uso del RPM es muy confiable para poder determinar el forraje disponible en cualquier tipo de pastura siempre en cuando se realice una correcta calibración de acuerdo a la zona (Rossetti, 2021).

1.6.2. Factores que afectan la precisión del plato forrajero

Los factores que afectan la precisión son varios y si no se tienen en cuenta las mediciones no serán muy confiables, el corte que se realiza debe ser similar en todos para que no haya variación y poder obtener una mejor materia seca disponible. Otro de los factores es el estado fenológico del forraje y la densidad que presenta este como también la asociación de pasto, generando una mayor o menor resistencia al plato y dándonos una altura comprimida no tan exacta como la que se requiere. En el caso del plato también puede afectar si este es muy pesado por eso es muy importante saber el manejo para cada tipo de pastura, se puede dar sobreestimaciones sobre la altura si es que los pastos están muy fibrosados en si esto está relacionado al estado fenológico de la planta. Otro tema es la humedad y presencia de hojas muertas que va afectar los datos entre la altura y materia seca que se disponga, esto pasa más que nada en épocas secas o un mal manejo del pastoreo. Por eso que se debe realizar calibraciones a nivel de la zona a evaluar de forma periódica obteniendo una altura comprimida y biomasa correcta, dándonos una estimación precisa para cualquier tipo de pastura y en cualquier condición ambiental, utilizando el RPM de forma correcta y efectiva en los sistemas de producción a pastoreo (Lima, 2023; Rossetti, 2021).

1.6.3. Método convencional vs plato forrajero en pasturas

En los estudios y trabajos de investigación donde se hace la comparativa entre el método tradicional de corte contra el método innovador que es el uso del plato forraje, se dice que el método tradicional es muy preciso para hallar la materia seca pero dentro de sus desventajas esta que demando mucho tiempo, esfuerzo y tampoco capta adecuadamente la variabilidad del recurso en áreas extensas. El caso del RPM su uso es mucho más rápido si lo comparamos, no destructiva donde solo se mida la altura comprimida la cual nos dará la densidad del forraje tendremos mayor números de mediciones en un tiempo corto lo cual va optimizar y mejorar la decisión sobre las pasturas que se utiliza para pastoreo, en el caso de sus desventajas está que se debe calibrar de forma correcta para cada tipo de pasto asociado, va depende mucho del estado fenológico y material muerto en el forraje que puede afectar la precisión de este. En cuanto a costos, el plato forrajero reduce significativamente la mano de obra y el tiempo requerido para las evaluaciones, incrementando la eficiencia operativa, aunque considera la inversión inicial en equipo y formación. Por ello, mientras que el método tradicional sigue siendo la referencia en estudios científicos por su exactitud, el plato forrajero resulta ser una herramienta práctica y eficiente para el manejo diario y el seguimiento frecuente, siendo la elección entre uno y otro dependiente de los objetivos, recursos y tamaño de la explotación ganadera (Demanet et al. 2005; Rossetti, 2021).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en las praderas de la Granja Palomino, propiedad de la Familia Palomino.

2.1.1. Ubicación política

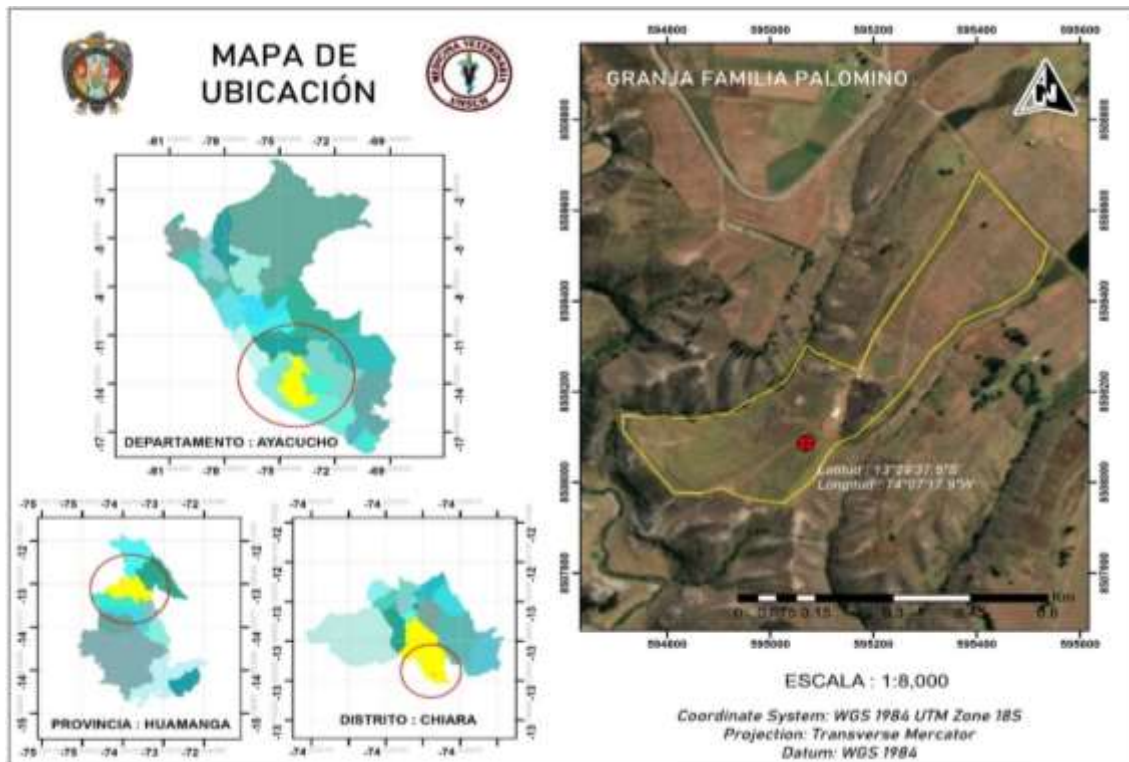
Región	: Ayacucho
Provincia	: Huamanga
Distrito	: Chiara
Comunidad	: Sachabamba

2.1.2. Ubicación geográfica

Altitud	: 3408 m.s.n.m.
Coordenadas UTM	: 13°29'37.5"S
	: 74°07'17.9"W
Zona de vida	: Quechua

Figura 2.1

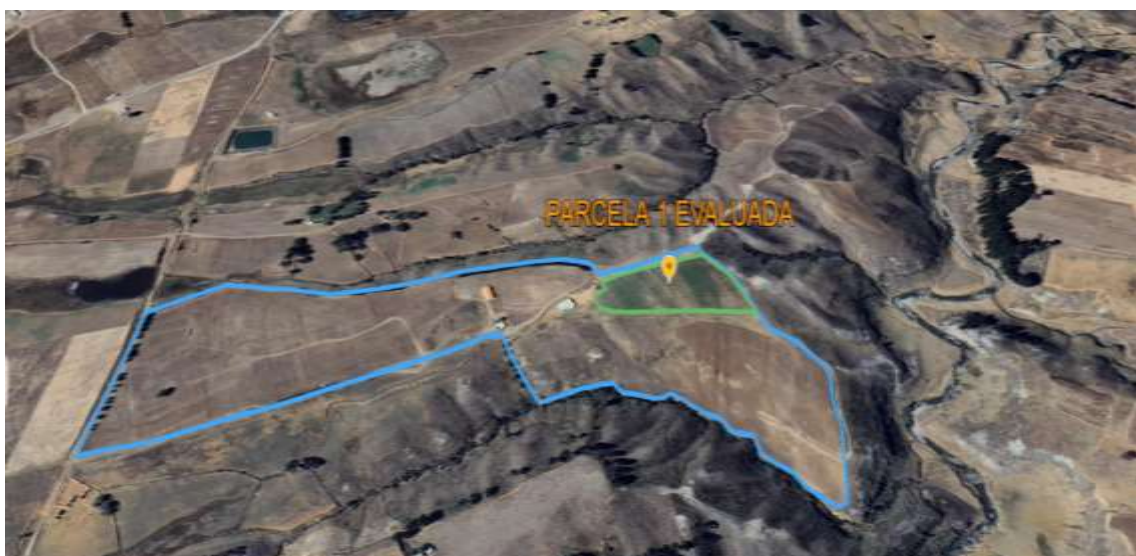
Mapa de ubicación de la zona de estudio



En la figura 2.1 se presenta el mapa detallado a nivel regional, provincial y distrital del área de estudio. Asimismo, se incluye el mapa de ubicación geográfica de la Granja Palomino, indicando con precisión el sitio específico de investigación mediante las coordenadas geográficas de latitud y longitud.

Figura 2.2

Imagen satelital de la Granja Palomino



En la figura 2.2 se muestra la extensión total del terreno de la Granja Palomino, delimitada en color celeste, mientras que en color verde se destaca la Parcela 01, área específica evaluada con pasturas mixtas.

2.2. Características de la parcela evaluada

El potrero evaluado durante la investigación tenía un perímetro aproximado de 545.15 metros y un área de 14.516,11 metros cuadrados con una pendiente considerable de 5 grados, el método de riego se realizaba por inundación mediante un canal ubicado en toda la parte superior de la parcela. La presencia de pasturas era una asociación de gramíneas y leguminosas.

2.3. Pasturas evaluadas

Dentro de estas estaban las gramíneas como el Ryegrass inglés (*Lolium perenne*) en un total de 50%, pasto Ovillo (*Dactylis Glomerata*) en un 30% y por último las leguminosas estaba el trébol blanco (*Trifolium repens*) en un 20%. En estado vegetativo y floración. En los meses de abril-junio correspondiente a la estación de otoño.

Los estados vegetativos que se tuvo en cuenta fueron los siguientes: en el caso de las gramíneas vegetativo (hojas densas), aparición de tallos florales (espigado), floración y producción de semilla. Leguminosas crecimiento y macollamiento y floración.

2.4. Materiales y equipos

2.4.1. Materiales

- Cuaderno
- Guantes
- Lapicero
- Papel Kraft
- Bolsa plastificada
- Tijera de jardinería
- Plumón indeleble
- Aro de metal
- Calculadora
- Laptop
- Cámara

2.4.2. Equipos

- Plato forrajero (Rising Plate Meter – RPM)
- Balanza analítica
- Estufa

2.5. Procedimiento

2.5.1. Uso del plato forrajero

Para obtener los datos de rendimiento de materia seca se realizó el siguiente procedimiento:

- Se identificó el potrero a evaluar, seguido de la asociación de pastos presentes entre leguminosas y gramíneas.
- Se seleccionó el área de muestreo eligiendo un punto inicial esquinado para realizar puntos aleatorios (método zigzag recomendado) para su medición cubriendo la variabilidad en la parcela.
- En cada punto aleatorio se colocaba el plato forrajero de forma vertical sobre el forraje, ejerciendo una presión uniforme logrando comprimir el pasto sin que se altere.
- El plato se deslizaba por el bastón que posee ranuras de 0.5 cm, para medir la altura comprimida de las pasturas en cada punto evaluado.
- Se procedió a registrar todas las mediciones que se obtuvo con el RPM, asegurando la precisión evitando movimientos erráticos.
- Una vez aplicada la presión del plato sobre las pasturas, se colocó cuidadosamente un aro metálico que encajó de manera precisa en el plato, delimitando así el área exacta donde se ejerció la presión y se realizó la medición de la altura comprimida.
- Posteriormente, una vez colocado el aro metálico, se procedió a retirar el plato forrajero, dejando únicamente el aro sobre el área de muestreo. Dentro de este perímetro se cortaron las muestras de forraje al ras del suelo, lo cual permitió obtener una estimación precisa del peso de forraje fresco en gramos y posteriormente calcular la materia seca en el laboratorio.
- Las muestras obtenidas se colocaron inmediatamente en bolsas plásticas herméticas para evitar la pérdida de peso causada por la evaporación de humedad durante el traslado y manejo previo al análisis.

2.5.2. Laboratorio: Determinación de materia seca

Las muestras fueron pesadas utilizando una balanza analítica con capacidad de hasta 300 g, obteniéndose pesos que oscilaron entre 80 y 350 gramos. Posteriormente, las muestras se trasladaron a una bandeja donde se homogeneizaron cuidadosamente. De esta mezcla, se pesaron entre 100 y 150 gramos sobre papel Kraft, al cual se le identificó con el número correspondiente a cada muestra. Seguidamente, las muestras envueltas en papel Kraft fueron llevadas a una estufa con temperatura controlada a 60 °C durante un período de 48 horas para su desecación siguiendo el proceso de evaluación de materia seca según Roza et al, (2011). Finalizado el tiempo de secado, las muestras fueron retiradas de la estufa para luego ser pesadas nuevamente, descontando el peso del papel Kraft, con el fin de determinar el contenido de materia seca.

Como ejemplo si una muestra ingresaba a la estufa con un peso de 100 gramos y pasado las 48 horas se tenía un peso de 20 gramos se determinaba mediante formula: $(\text{peso seco/peso forraje}) * 100$, dando un resultado de 20 porciento de materia seca.

2.5.3. Registro y organización de datos

La toma de datos se llevó a cabo durante los meses de abril, mayo y junio, registrándose un total de 429 muestras en un cuaderno borrador. Posteriormente, esta información fue sistematizada y organizada en una hoja de cálculo Excel para facilitar su análisis y procesamiento.

En el caso del mes de abril se tuvo un total de 185 muestras obtenidas tanto de altura comprimida, peso de forraje verde y materia seca, de igual manera para el mes de mayo con un total de 113 muestras y terminado en mes de junio con 131 muestras. Se manejó el rango de 100-200 muestras por mes como lo mencionan: Pérez (2017), Moreno et al., (2019).

Se tomó una distancia de cada punto aproximadamente de 10 pasos siguiendo el método de zigzag, el número de muestras por mes varia porque se presentaron factores limitantes durante los 3 meses de investigación.

2.6. Análisis estadístico

El modelo de regresión lineal es un método estadístico que se emplea para analizar y medir la relación existente entre dos variables: una que depende de la otra y que se desea predecir, y otra que se utiliza como referencia o predictor. Este modelo plantea que

dicha relación puede ser representada mediante una línea recta, en la cual los cambios en la variable dependiente se explican en función de los cambios en la variable independiente, sumando un error que recoge la variabilidad no explicada. Gracias a este enfoque, es posible comprender la influencia que tiene una variable sobre la otra y hacer estimaciones basadas en esa conexión.

2.7. Modelo regresión lineal

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad i = 1, \dots, n$$

Dónde:

Y_i = Variable aleatoria observable.

X_i = Constante conocida.

ε_i = Variable aleatoria no correlacionada con media cero y varianza común σ^2 , se asume normalidad para pruebas de hipótesis.

$\beta_0 + \beta_1$ = Constantes desconocidas o parámetros del modelo.

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Relación entre altura comprimida del plato forrajero y materia seca en praderas mixtas de Sachabamba, considerando diversidad y densidad botánica

Figura 3.1

*Regresión lineal de la altura comprimida (cm) entre el plato forrajero y materia disponible (kg/ha) entre la pastura asociada de (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, y *Trifolium repens*) en distintas etapas fenológicas*

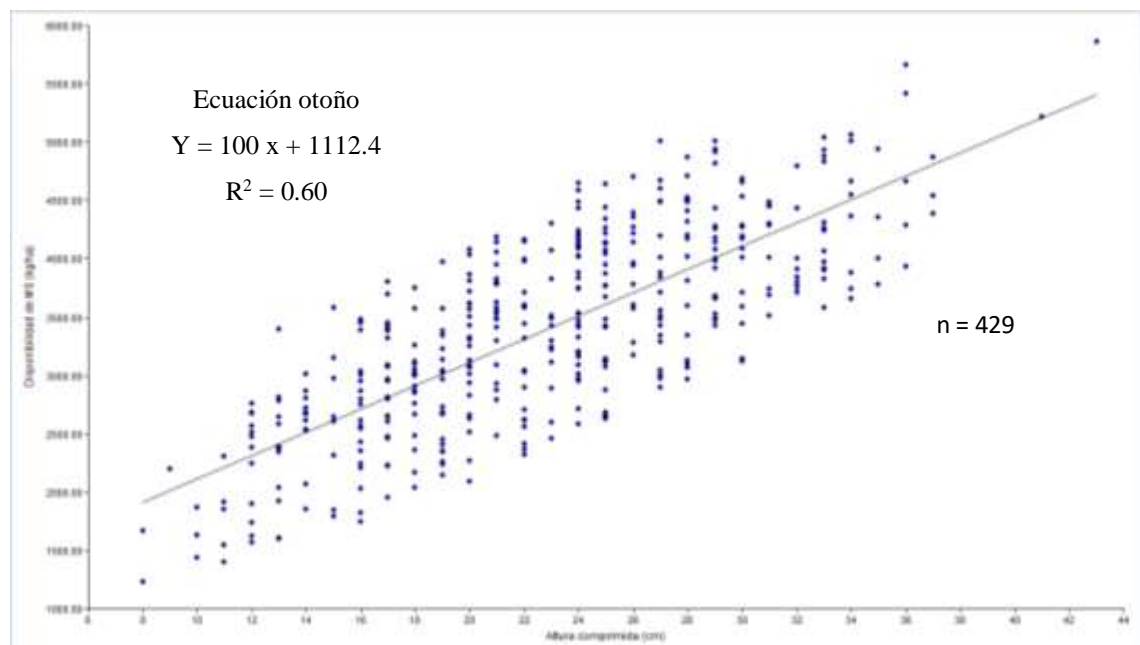


Tabla 3. 1

Datos generales de la estación de otoño

MES	N° Muestra Total (429)	Altura Comprimida promedio (cm)	Disponibilidad de Materia Seca kg/ha (promedio)
Abril – Junio	1-429	22.86	3398.89

Tabla 3. 2*Datos comparativos de autores y pastos estudiados*

Autor	Pastos estudiados
Gebauer (2004)	Ballicas y trébol
Canales (2007)	raygrass inglés, pasto ovillo, festuca alta y trébol blanco
Pravia et al, (2013)	raygrass inglés
Moreno et al, (2019)	Kikuyo
Cárdenas, Balocchi y Calvache (2020)	raygrass inglés y kikuyo
Lima (2023)	trébol, llantén y raygrass inglés
Condori (2023)	raygrass inglés y trébol blanco

La Figura 3.1 muestra el análisis de regresión lineal entre la altura comprimida (cm) medida con el plato forrajero y la materia seca disponible (kg/ha) en pasturas asociadas compuestas por *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens*. El modelo obtenido, expresado en la ecuación $Y=100X+1112.4$, indica que cada centímetro adicional en la altura comprimida corresponde a un incremento promedio de 100 kg(MS)/Ha en la materia seca disponible. Este modelo presenta un coeficiente de determinación $R^2 = 0.60$, lo que sugiere que el 60% de la variabilidad en la biomasa puede ser explicada por la altura comprimida, validando el uso del plato forrajero como método indirecto para estimar la fitomasa en las condiciones del área de estudio.

Comparando estos resultados con estudios previos, Gebauer (2004) reportó un coeficiente menor de 72 y un intercepto inferior de 48, con un $R^2 = 0.50$, reflejando un modelo con menor capacidad explicativa. De manera similar, Canales (2007) encontró un coeficiente mayor de (120) y un intercepto mucho menor (350), con un $R^2=0.74$, evidenciando una mayor confiabilidad estadística. Por otro lado, Pravia et al. (2013) obtuvieron un coeficiente ligeramente mayor (112.63) y un intercepto de (243.48) pero con un $R^2=0.62$, sugiriendo una respuesta más conservadora de la materia seca ante cambios en la altura comprimida. En contraste, Moreno et al. (2019) informaron un coeficiente mucho mayor (259.422) y un intercepto elevado (2978.92), con un $R^2=0.78$, lo que indica una sensibilidad considerablemente mayor de la materia seca a las variaciones en altura comprimida. En el caso de Cardenas, Balocchi y Calvache (2020) obtuvo un coeficiente e intercepto mucho menor con un $R^2=0.85$, de igual manera Lima

(2023) su coeficiente tuvo similitud, lo cual no mostro en el intercepto siendo menor (77.504) y un $R^2=0,83$.

A nivel nacional, Condori (2023) reportó un coeficiente de 160.972 y un intercepto de 531.696 en pasturas a 3307 m.s.n.m., pero con un coeficiente de determinación inferior (0.48), sugiriendo menor precisión del modelo.

Estas diferencias en los coeficientes y capacidad explicativa pueden atribuirse a variaciones en la composición de especies vegetales, altitud, diversidad botánica y condiciones ambientales que influyen en la dinámica y estructura de las praderas. Por lo tanto, la calibración debe ser específica para cada región para obtener estimaciones precisas de materia seca.

3.2. Evaluar la viabilidad temporal de la precisión del plato forrajero en los meses de estudio asociado a los cambios fenológicos, lignificación y factores ambientales

Figura 3.2

*Regresión lineal de la relación positiva entre el plato forrajero y materia disponible (kg/ha) entre la pastura asociada de (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, y *Trifolium repens*) durante el mes de abril en su mayoría en estado vegetativo.*

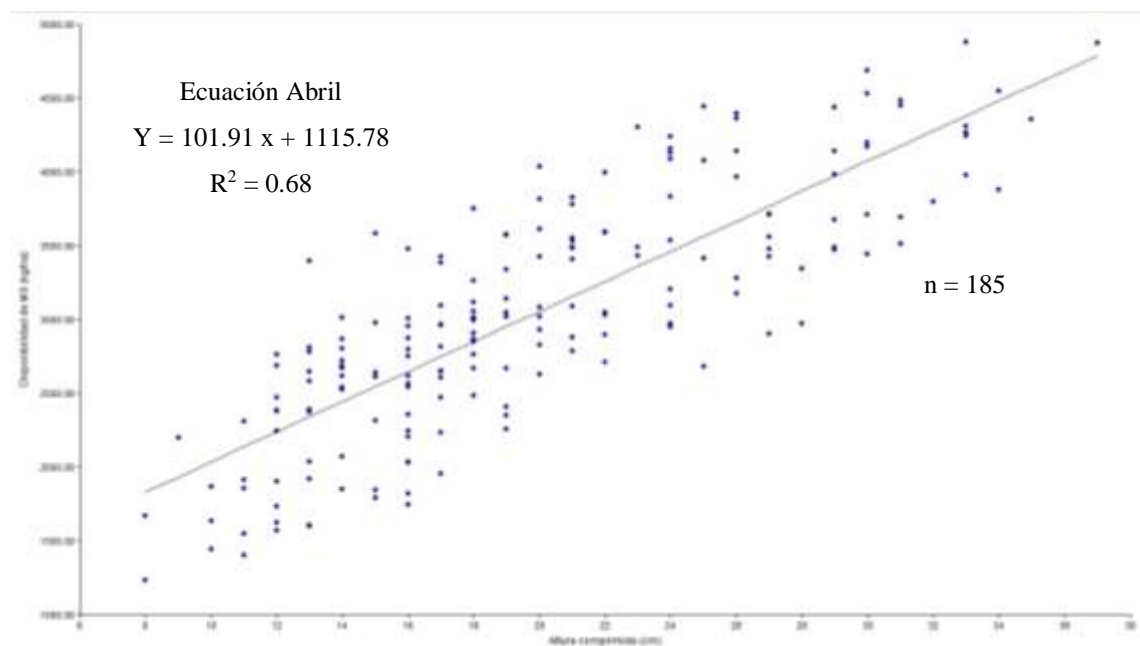


Tabla 3. 3*Datos generales del mes de abril*

MES	N° Muestra Total (185)	Altura Comprimida promedio (cm)	Disponibilidad de Materia Seca kg/ha (promedio)
ABRIL	1-185	19.93	3046.914

Tabla 3. 4*Datos comparativos de autores y pastos estudiados*

Autor	Pastos estudiados
Prado (2007)	raygrass inglés y trébol blanco
Condori (2023)	raygrass inglés y trébol blanco
Sepúlveda y Soto (2006)	raygrass inglés, pasto ovido, festuca alta y trébol blanco
Gebauer (2004)	ballicas y trébol
Hepp y Reyes (2017)	Pasto ovido, trébol blanco, poa, pasto miel y diente de león

La Figura 3.2 muestra el análisis de regresión lineal que describe la relación positiva entre la altura comprimida del plato forrajero (cm) y la materia seca disponible por hectárea (kg/ha) durante abril, basado en 185 observaciones. La ecuación ajustada $Y=101.91X+1115$. indica que cada centímetro adicional en altura comprimida incrementa la materia seca disponible en aproximadamente 101.91 kg(MS)/ha. El coeficiente de determinación $R^2=0.68$, revela que el 68% de la variabilidad en la biomasa puede explicarse por esta variable, evidenciando una correlación sólida y significativa bajo las condiciones fenológicas y ambientales del área estudiada.

Comparando con estudios previos, Prado (2007) obtuvo una ecuación de calibración para marzo con un coeficiente mayor (139) y una constante menor (40), lo que indica variabilidad estacional y por condiciones geográficas. Por otro lado, Condori (2023) reportó en su primer mes un modelo $Y=899.84+129.42X$, con diferentes constantes, pero similar coeficiente, atribuible a condiciones climáticas, altitud y composición vegetal similares a las de este estudio. De igual manera Sepúlveda y Soto (2006) obtuvo un coeficiente mayor de 162 y un intercepto mucho menor de 16 para el mes de febrero, como Gebauer (2004) donde realizó una ecuación para el pre pastoreo con un coeficiente de 88 y un intercepto de 8; Hepp y Reyes (2017) con una ecuación general que se asemeja teniendo un coeficiente de 96 e intercepto de 1022.

Estas diferencias pueden justificarse por variaciones en la estación de muestreo, especies predominantes, altitud y clima, que afectan la estructura y dinámica de las pasturas, enfatizando la necesidad de calibraciones específicas según cada contexto para garantizar estimaciones confiables de materia seca.

Figura 3.3

*Regresión lineal de la relación positiva entre el plato forrajero y materia disponible (kg/ha) entre la pastura asociada de (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, y *Trifolium repens*) durante el mes de mayo en su mayoría en estado de espiga*

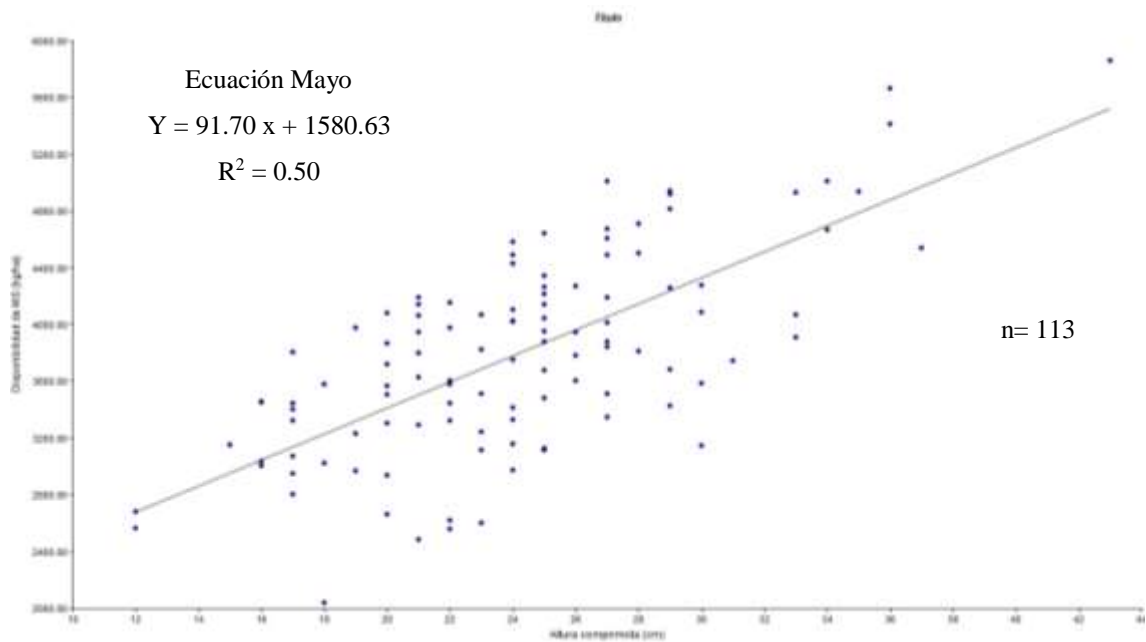


Tabla 3.5

Datos generales del mes de mayo

MES	Nº Muestra Total (113)	Altura Comprimida promedio (cm)	Disponibilidad de Materia Seca kg/ha (promedio)
MAYO	186-298	24.15	3795.26

Tabla 3. 6*Datos comparativos de autores y pastos estudiados*

Autor	Pastos estudiados
Condori (2023)	raygrass inglés y trébol blanco
Canales (2007)	raygrass inglés, pasto ovilla, festuca alta y trébol blanco
Sepúlveda y Soto (2006)	raygrass inglés, pasto ovilla, festuca alta y trébol blanco
Hepp y Reyes (2017)	Pasto ovilla, trébol blanco, poa, pasto miel y diente de león

La Figura 3.3 presenta el análisis de regresión lineal aplicado a 113 muestras del mes de mayo, que muestra la relación entre la altura comprimida del plato forrajero (cm) y la disponibilidad de materia seca (kg/ha). La ecuación derivada, $Y=91.70X+1580.63$, indica que, por cada centímetro de altura comprimida, la materia seca disponible aumenta en promedio 91.70 kg(MS)/ha. El coeficiente de determinación para este mes fue $R^2=0.50$, valor considerado aceptable para estudios de este tipo.

Al comparar estos resultados con investigaciones similares, Condori (2023) obtuvo para el segundo mes de su estudio una ecuación $Y=564.45+165.59X$, con un coeficiente de determinación inferior ($R^2=0.45$). La diferencia en ambos coeficientes y constantes probablemente se debe a que su segundo mes corresponde a septiembre, con distintas condiciones ambientales, estados fenológicos de los forrajes y densidad de pasturas en comparación con nuestro estudio realizado en mayo. Como Canales (2007) obtuvo un coeficiente de 93 y su intercepto de 302, de igual manera Sepúlveda y Soto (2006) su coeficiente fue ligeramente superior de 108 y su intercepto menor 361. Finalmente, Hepp y Reyes (2017) obtuvo un coeficiente en verano de 153 e intercepto de 547.

Estas diferencias resaltan la importancia de realizar calibraciones específicas mensuales y adaptadas a las condiciones locales, ya que la variabilidad fenológica y ambiental influye significativamente en la relación entre la altura comprimida y la materia seca, afectando la precisión de la estimación.

Figura 3.4

Regresión lineal de la relación positiva entre el plato forrajero y materia disponible (kg/ha) entre la pastura asociada de (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, y *Trifolium repens*) durante el mes de junio en su mayoría en estado de floración

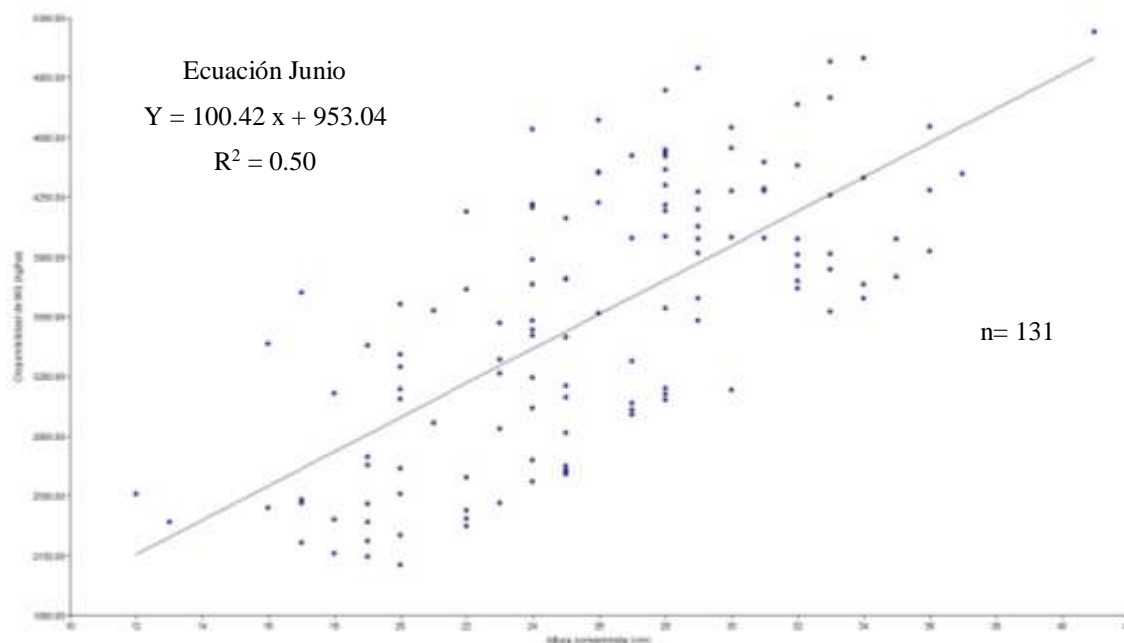


Tabla 3. 7

Datos generales del mes de junio

MES	N° Muestra Total (131)	Altura Comprimida promedio (cm)	Disponibilidad de Materia Seca kg/ha (promedio)
MAYO	299-429	25.90	3554.04

Tabla 3. 8

Datos comparativos de autores y pastos estudiados

Autor	Pastos estudiados
Sepúlveda y Soto (2006)	raygrass inglés, pasto ovilla, festuca alta y trébol blanco
Condori (2023)	raygrass inglés y trébol blanco
Canales (2007)	raygrass inglés, pasto ovilla, festuca alta y trébol blanco
Hepp y Reyes (2017)	Pasto ovilla, trébol blanco, poa, pasto miel y diente de león

La Figura 3.4 presenta el análisis de regresión lineal correspondiente al mes de junio, basado en 131 muestras, donde se observa la relación entre la altura comprimida del plato forrajero (cm) y la disponibilidad de materia seca (kg/ha). La ecuación de calibración obtenida fue $Y=100.42X+953.04$, indicando que, por cada centímetro

adicional en la altura comprimida, la materia seca disponible aumenta en promedio 100.42 kg(MS)/ha. El coeficiente de determinación $R^2=0.50$, considerado aceptable, señala que el 50% de la variabilidad en la biomasa está explicada por la variable analizada.

Al comparar este resultado con trabajos anteriores, Sepúlveda y Soto (2006) obtuvo una ecuación similar para junio, $Y=80X+909$, con un aumento de 20 kg/ha menos por centímetro en la materia seca y un coeficiente de determinación superior de 0.71. Estas diferencias pueden deberse a la distinta altitud, tipos de forrajes y densidad vegetal presentes en ambos estudios. Por otra parte, Condori (2023) reportó en octubre una ecuación mucho más elevada $Y=254+174.7X$, con un coeficiente de determinación de 0.59, lo que refleja variaciones atribuibles al mes de evaluación y condiciones ambientales específicas. Canales (2007) para el mes de noviembre tuvo un coeficiente menor de 89 y un intercepto mucho menor de 150, seguido de Hepp y Reyes (2017) su ecuación de verano tuvo un coeficiente de 96 y un intercepto de 1022.

Estas comparaciones indican que, aunque el modelo del presente estudio es válido para estimar materia seca en junio, las diferencias en coeficientes y precisión resaltan la importancia de calibrar el plato forrajero considerando la temporalidad y las particularidades ambientales de cada región para mejorar la exactitud y utilidad práctica del método.

Tabla 3. 9

Datos comparativos de los 3 meses de estudio

MES	Altura Comprimida promedio (cm)	%MS	Disponibilidad de Materia Seca kg/ha (promedio)
ABRIL	19.93	19.18	3398.89
MAYO	24.15	25.83	3795.25
JUNIO	25.90	17.53	3554.03

En la tabla anterior se logra observar los datos como la altura comprimida, porcentaje de materia seca y disponibilidad de MS/Kg/Ha. Viendo un aumento progresivo desde el primer mes de evaluación hasta el último, en el caso del porcentaje de materia seca hubo un incremento y disminución y de igual manera en el último dato. Reflejando variaciones por estado fenológico de los pastos en general.

CONCLUSIONES

1. Se determinó la relación funcional entre la altura comprimida del plato forrajero y la materia seca de las pasturas asociadas de Sachabamba (granja Palomino), con una mejora positiva y $R^2=0,60$. La fórmula general para otoño (abril-junio) es $Y=100X + 1112.4$, donde Y es MS (kg/ha) y X la altura comprimida.
2. Se desarrolló una relación funcional significativa entre la altura comprimida medida por el plato forrajero y la materia seca real, mejorada al considerar diversidad y densidad botánica, facilitando una estimación confiable de forraje: 100 kg MS/ha por cm de altura.
3. Se logró evaluar la variabilidad temporal del plato forrajero en 3 meses, observando cambios fenológicos y ambientales. En abril, $R^2=0,68$ con $Y=101,91X + 1115,78$; en mayo, $R^2=0.50$ con $Y=91.70X + 1580.63$; en junio, $R^2=0.50$ con $Y=100.42X + 953.04$.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización del plato forrajero en distintos tipos de asociaciones de pasturas debido a su facilidad de manejo, alta eficacia para la estimación indirecta de materia seca, carácter no destructivo, reducción del tiempo requerido para la toma de datos y la baja necesidad de capacitación técnica. Es fundamental que su uso cuente con una calibración local adecuada, como la desarrollada para la asociación de pasto ovillo, trébol blanco y ryegrass inglés, garantizando precisión y confiabilidad para un manejo sostenible.
- Es fundamental realizar la calibración precisa del plato forrajero para cada mes, estación y ciclo anual, con ecuaciones ajustadas que mejoren la exactitud en la estimación de materia seca por hectárea. Esto optimiza la toma de decisiones en ganadería alto andina, donde los recursos forrajeros son limitados, asegurando una gestión eficiente y sostenible.
- Se recomienda fomentar y ampliar la investigación sobre la calibración del plato forrajero en diversas regiones del país, para generar modelos ajustados a cada zona. Se aconseja obtener un mínimo de 100 muestras por región para crear ecuaciones confiables que mejoren el aprovechamiento del recurso forrajero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón Zapata, M. A. (2017). *Producción y manejo de forrajes*. 62.
- Aristizabal V, J., & Londoño A., W. (1999). Sistema de campo para estimar el contenido de materia seca en los pastos, por el método del horno microondas. *II Seminario Internacional de Calidad de Leche.*, 7.
- Ávila Ramírez, D. N., Bobadilla Hernández, A. R., Castrejón Pineda, F. A., Melgarejo Velázquez, L. G., & Meraz Romero, E. (2017). Prácticas de Producción y Aprovechamiento de Forrajes. In *Departamento de Nutrición Animal y Bioquímico*. <https://doi.org/10.22201/fmvz.9786070296987e.2017>
- Canales Cartes, C. P. (2007). *Efecto de la frecuencia e intensidad del pastoreo primaveral en la producción, calidad y perennidad de una pastura permanente*. Universidad de la Frontera.
- Cid Vidal, I. E. (2008). *Relación entre el consumo aparente de forraje en primavera y la producción de leche de vacas en pastoreo*. Universidad de la Frontera.
- Cotrina Altamirano, Y. (2019). Analisis De La Investigacion En Pastos Y Forrajes En La Region Cajamarca. *Universidad Nacional de Cajamarca*, 1–182.
- Cros Méndez, N. (2023). *Estimación de consumo de forraje mediante métodos indirectos para situaciones de altura residual contrastantes*.
- Demagnet F., R., Canseco M., C., Reyes R., A., & Cantero M., E. (2005). Determinación de materia seca con horno de microondas. *Instituto de Agroindustria, Universidad de La Frontera.*, 38, 1.
- García del Valle, Y. (2023). *Sistema de manejo y producción de pastos y forrajes*.
- González M, V., & Tapia M, M. (2017). Manual de manejo ovino. *Manual de Manejo Ovino*, N° 3, 88–90.
- Gutiérrez-León, F., Artos-García, R. B., & Portilla-Narvaez, A. R. (2023). Influencia del método de secado (horno con convección vs horno microondas), sobre la composición nutricional de diferentes forrajes. *Revista Politécnica*, 19(37), 111–118. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v19n37a8>
- Hepp, C., & Reyes, C. (2014). Determinación de la disponibilidad de materia seca en praderas a pastoreo en la patagonia húmeda (Región de Aysén). *Penambahan Natrium Benzoat Dan Kalium Sorbat (Antiinversi) Dan Kecepatan Pengadukan*

- Sebagai Upaya Penghambatan Reaksi Inversi Pada Nira Tebu.*
- Koster Moisture Tester, I. (n.d.). *Moisture Tester User Instructions.*
- Lagos Rojas, D. del C. (2012). *Efecto de la restricción del tiempo de acceso a la pastura sobre el consumo y conducta de pastoreo en vacas Holstein Neozelandés.*
- Lima Martínez, H. H. (2023). *Validación de dos metodologías de predicción en la ecuación del Rising Plate Meter en mezclas forrajeras.*
- Llanque Quispe, J. (2020). *Asociación de pastos y forrajes para rumiantes menores.* Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.
- Mas, W., Cuzco, E., Mathios, M., & Angulo, C. (2022). Evaluación de dos métodos para estimar la disponibilidad de materia seca en praderas mixtas en la región Amazonas, Perú. *Pastos y Forrajes*, 45, 1–8.
- Mejia Diaz, E., Mahecha Ledesma, L., & Angulo Arizala, J. (2017). Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 389. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23561>
- Merchant-Fuentes, I., & Solano-Vergara, J. J. (2016). Las praderas, sus asociaciones y características. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 2(154), 1–11.
- Moreno, D., Fonseca, C., Rodríguez-Molano, C. E., & Pulido-Suarez, N. J. (2019). Calibración del plato forrajero en praderas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov) en el trópico alto colombiano. *Ciencia y Agricultura*, 16(1), 52–62. <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n1.2019.8831>
- Motta-Delgado, P. A., Martínez Ocaña, H. E., & Rojas-Vargas, E. P. (2019). Indicadores asociados a la sostenibilidad de pasturas: una revisión. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 20(2), 409–430. https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num2_art1464
- Prado Sepulveda, X. P. (2007). *Efecto de dos niveles de fitomasa de pre y post pastoreo sobre las variables productivas de la pradera en verano* (Vol. 3).
- Pravia, M. I., Montossi, F., Gutiérrez, D., Ayala, W., Andregnette, B., Invernizzi, G., & Porcile, V. (2013). Estimación de la disponibilidad de pasturas y forrajes en periodos de GIPROCAR II: ajuste del “Rising Plate Meter” para las condiciones de Uruguay. *Instituto Nacional de Innovación Agraria*, 11(4)(Giprocar Ii), 31–67.
- Ramirez Ramirez, H. A. (2011). ¿De qué hablan cuando dicen Materia Seca? *Ergomix*, 1–3.
- Reyes Riveros, A. M. (2006). Efecto de la frecuencia e intensidad del pastoreo primaveral en el rendimiento y calidad de un pastura permanente.
- Rodriguez Zamora, J., & Elizondo Salazar, J. (2012). *Consumo, calidad nutricional y*

- digestibilidad aparente de morera (Morus alba) y pasto estrella (Cynodon nlemfuensis) en cabras.* 36(1), 13–23.
- Rossetti, N. (2021). *Evaluación de métodos de estimación de forraje aplicados al manejo de pasturas.*
- Roza-Delgado, B. D. La, Fernández, A. M., & Gutiérrez, A. A. (2011). Determinación De Materia Seca En Pastos Y Forrajes a Partir De La Temperatura De Secado Para Análisis. *Pastos*, 32(1), 91–104.
- Rúa Franco, M. (2010). ¿Cómo Aforar Un Potrero Para Pastorear Correctamente? *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1–18.
- University, T. T. (2019). *Nutrición Ganado de Engorde: Importancia de la Materia Seca.* (4).
- Villalobos, L., & Sánchez, J. M. (2009). Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. I. Producción de biomasa y fenología. *Agronomía Costarricense*. <https://doi.org/10.15517/rac.v34i1.6698>

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico



Foto 1. Materiales de estudio



Foto 2. Marcador de datos



Foto 3. Plato, bastón ranurado, marcador altura inicial-final



Foto 4. Medición de altura comprimida



Foto 5. Colocación del aro (mismo tamaño que el plato)



Foto 6. Corte a ras dentro del aro



Foto 7. Llenado de muestra en bolsa plastificada



Foto 8. Corte a ras dentro del aro



Foto 9. Pesado de muestra en laboratorio



Foto 10. Pesado del papel kraft



Foto 11. Homogeneización de muestra en bandeja



Foto 12. Llenado de la muestra en la bolsa kraft



Foto 13. Pesaje de la muestra en bolsa kraft



Foto 14. Colocando muestra en estufa



Foto 15. Muestras en estufa



Foto 16. Temperatura estufa



Foto 17. Pesaje de muestra pasado 48 horas



Foto 18. Parcela 2 de mayo



Foto 19. Parcela 9 de mayo



Foto 20. Parcela 16 de mayo



Foto 21. Parcela 18 de mayo



Foto 22. Parcela 23 de mayo



Foto 23. Parcela 2 de junio



Foto 24. Parcela 6 de junio



Foto 25. Parcela 19 de junio



Foto 26. Parcela 21 de junio



Foto 27. Parcela 27 de junio



Foto 28. Último día de evaluación

Anexo 2. Análisis de regresión lineal (general)

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Disponibilidad de MS (kg/h..	429	0.60	0.60	280545.80	6599.29	6611.48

Anexo 3. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados (general)

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	1112.43	93.04	929.54	1295.31	11.96	<0.0001		
Altura comprimida (cm)	100.00	3.91	92.31	107.69	25.55	<0.0001	652.75	1.00

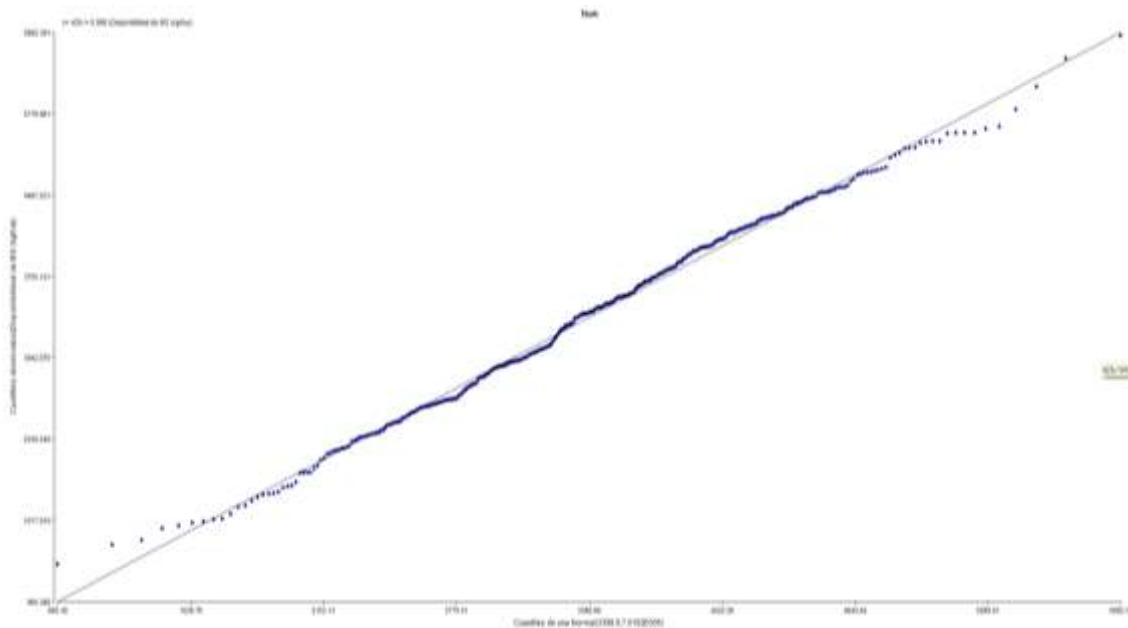
Anexo 4. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III) – general

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	181538359.85	1	181538359.85	652.75	<0.0001
Altura comprimida (cm)	181538359.85	1	181538359.85	652.75	<0.0001
Error	118753953.82	427	278112.30		
Total	300292313.66	428			

Anexo 5. Shapiro-wilks (modificado) – general

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Altura comprimida (cm)	429	22.86	6.51	0.98	0.0028
Disponibilidad de MS (kg/h..	429	3398.89	837.63	0.99	0.1318

Anexo 6. QQ-plot



Anexo 7. Análisis de regresión lineal (abril)

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Disponibilidad de MS (kg/h..	185	0.68	0.68	214477.13	2796.25	2805.91

Anexo 8. Coeficiente de regresión y estadísticos asociados (abril)

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	1015.78	108.80	801.11	1230.44	9.34	<0.0001		
Altura comprimida (cm)	101.91	5.19	91.67	112.16	19.63	<0.0001	385.48	1.00

Anexo 9. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III) – abril

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	80996106.05	1	80996106.05	385.48	<0.0001
Altura comprimida (cm)	80996106.05	1	80996106.05	385.48	<0.0001
Error	38451344.07	183	210116.63		
Total	119447450.12	184			

Anexo 10. Shapiro - wilks (modificado) – abril

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Disponibilidad de MS (kg/h..	185	3046.91	805.71	0.97	0.0297
Altura comprimida (cm)	185	19.93	6.51	0.95	<0.0001

Anexo 11. Análisis de regresión lineal (mayo)

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Disponibilidad de MS (kg/h..	113	0.50	0.50	263518.31	1731.45	1739.63

Anexo 12. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados (mayo)

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	1580.63	214.45	1155.69	2005.57	7.37	<0.0001		
Altura comprimida (cm)	91.70	8.66	74.54	108.86	10.59	<0.0001	112.16	1.00

Anexo 13. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III) – mayo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	28611581.73	1	28611581.73	112.16	<0.0001
Altura comprimida (cm)	28611581.73	1	28611581.73	112.16	<0.0001
Error	28316588.15	111	255104.40		
Total	56928169.88	112			

Anexo 14. Shapiro-Wilks (modificado) - mayo

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Altura comprimida (cm)	113	24.15	5.51	0.97	0.2619
Disponibilidad de MS (kg/h..	113	3795.26	712.94	0.98	0.7480

Anexo 15. Análisis de regresión lineal (junio)

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Disponibilidad de MS (kg/h..	131	0.50	0.50	319348.02	2032.51	2041.14

Anexo 16. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados (junio)

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	953.04	234.43	489.22	1416.86	4.07	0.0001		
Altura comprimida (cm)	100.42	8.85	82.91	117.94	11.34	<0.0001	128.66	1.00

Anexo 17. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III) – junio

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	39992333.90	1	39992333.90	128.66	<0.0001
Altura comprimida (cm)	39992333.90	1	39992333.90	128.66	<0.0001
Error	40098969.14	129	310844.72		
Total	80091303.04	130			

Anexo 18. Shapiro - Wilks (modificado) – junio

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Altura comprimida (cm)	131	25.90	5.52	0.98	0.5486
Disponibilidad de MS (kg/h..	131	3554.04	784.91	0.95	0.0009

Anexo 19. Muestras tomadas mes de abril

MES	N° Muestra	Altura Comprimida (cm)	Disponibilidad de Materia Seca kg/ha
ABRIL	1	11	1855.404
ABRIL	2	13	1918.015
ABRIL	3	17	2965.924
ABRIL	4	13	2642.533
ABRIL	5	21	3778.547
ABRIL	6	14	2721.159
ABRIL	7	18	2999.742
ABRIL	8	21	3408.177
ABRIL	9	24	4240.795
ABRIL	10	21	3087.486
ABRIL	11	19	3339.472
ABRIL	12	22	3045.553
ABRIL	13	33	4308.384
ABRIL	14	20	3609.488
ABRIL	15	16	3478.939
ABRIL	16	26	4397.928
ABRIL	17	20	2628.016
ABRIL	18	27	3425.324
ABRIL	19	30	4531.559
ABRIL	20	33	4266.845
ABRIL	21	26	3967.052
ABRIL	22	29	3675.318
ABRIL	23	28	2968.071
ABRIL	24	27	3708.228
ABRIL	25	17	2957.573
ABRIL	26	30	4684.522
ABRIL	27	27	3714.446
ABRIL	28	24	3831.302
ABRIL	29	24	3532.273
ABRIL	30	24	2972.481
ABRIL	31	25	2681.951
ABRIL	32	29	3674.974
ABRIL	33	19	2348.386
ABRIL	34	29	3486.772
ABRIL	35	34	3878.496
ABRIL	36	31	4446.751
ABRIL	37	27	3477.368
ABRIL	38	31	3511.978
ABRIL	39	27	2898.999
ABRIL	40	33	3975.781
ABRIL	41	24	2948.127
ABRIL	42	28	3344.503
ABRIL	43	35	4355.417
ABRIL	44	25	3411.964
ABRIL	45	26	3281.043
ABRIL	46	24	3092.054
ABRIL	47	31	4484.524

ABRIL	48	29	4137.856
ABRIL	49	22	3992.031
ABRIL	50	30	4169.239
ABRIL	51	26	3173.274
ABRIL	52	33	4242.872
ABRIL	53	31	3690.059
ABRIL	54	29	4435.146
ABRIL	55	30	4196.772
ABRIL	56	30	3440.509
ABRIL	57	26	4142.195
ABRIL	58	17	3426.098
ABRIL	59	24	3202.676
ABRIL	60	13	3397.108
ABRIL	61	17	2816.398
ABRIL	62	16	2613.679
ABRIL	63	16	2797.816
ABRIL	64	13	1596.834
ABRIL	65	17	2469.961
ABRIL	66	12	2683.500
ABRIL	67	12	2473.186
ABRIL	68	17	2650.580
ABRIL	69	16	2563.329
ABRIL	70	16	2031.332
ABRIL	71	12	2382.372
ABRIL	72	14	2538.828
ABRIL	73	25	4442.970
ABRIL	74	14	3014.198
ABRIL	75	12	1734.874
ABRIL	76	16	2542.240
ABRIL	77	11	1544.856
ABRIL	78	15	1790.174
ABRIL	79	9	2197.891
ABRIL	80	10	1631.461
ABRIL	81	12	2246.710
ABRIL	82	13	2583.890
ABRIL	83	14	2613.904
ABRIL	84	10	1440.836
ABRIL	85	18	3118.494
ABRIL	86	12	2761.732
ABRIL	87	14	2070.902
ABRIL	88	16	1818.098
ABRIL	89	8	1230.555
ABRIL	90	15	1843.089
ABRIL	91	14	1848.913
ABRIL	92	16	2032.971
ABRIL	93	16	2205.612
ABRIL	94	17	1952.589
ABRIL	95	12	1567.711

ABRIL	96	17	2604.400
ABRIL	97	12	1623.274
ABRIL	98	8	1670.540
ABRIL	99	16	2952.577
ABRIL	100	20	3814.613
ABRIL	101	18	3259.891
ABRIL	102	18	2908.150
ABRIL	103	26	4359.485
ABRIL	104	16	2870.173
ABRIL	105	15	2640.280
ABRIL	106	21	3528.171
ABRIL	107	19	2668.283
ABRIL	108	22	3585.143
ABRIL	109	16	2750.465
ABRIL	110	19	2407.068
ABRIL	111	33	4880.073
ABRIL	112	24	4088.138
ABRIL	113	22	3026.930
ABRIL	114	22	2896.534
ABRIL	115	17	2231.842
ABRIL	116	30	3710.739
ABRIL	117	21	2877.480
ABRIL	118	32	3799.069
ABRIL	119	19	3044.832
ABRIL	120	20	2932.289
ABRIL	121	19	2257.649
ABRIL	122	29	3980.391
ABRIL	123	18	2867.077
ABRIL	124	19	3572.975
ABRIL	125	20	2824.153
ABRIL	126	13	2374.236
ABRIL	127	19	3020.211
ABRIL	128	25	4074.695
ABRIL	129	19	3571.756
ABRIL	130	34	4548.566
ABRIL	131	19	3136.683
ABRIL	132	17	3090.411
ABRIL	133	29	3469.522
ABRIL	134	18	2760.148
ABRIL	135	24	4159.108
ABRIL	136	17	2644.028
ABRIL	137	24	4127.735
ABRIL	138	27	3557.841
ABRIL	139	37	4874.405
ABRIL	140	20	3425.207
ABRIL	141	18	3052.643
ABRIL	142	15	2608.424

ABRIL	143	23	3491.112
ABRIL	144	18	2850.456
ABRIL	145	21	3481.870
ABRIL	146	18	2669.994
ABRIL	147	20	3014.951
ABRIL	148	21	2787.058
ABRIL	149	14	2684.424
ABRIL	150	13	2779.123
ABRIL	151	10	1869.023
ABRIL	152	14	2802.725
ABRIL	153	13	1604.507
ABRIL	154	14	2668.910
ABRIL	155	12	1900.575
ABRIL	156	13	2034.652
ABRIL	157	16	1743.610
ABRIL	158	15	2314.263
ABRIL	159	16	3005.934
ABRIL	160	18	2481.038
ABRIL	161	21	3825.824
ABRIL	162	13	2809.536
ABRIL	163	22	2707.650
ABRIL	164	14	2864.052
ABRIL	165	14	2526.162
ABRIL	166	11	1400.708
ABRIL	167	11	2308.136
ABRIL	168	11	1913.802
ABRIL	169	16	2353.759
ABRIL	170	13	2387.918
ABRIL	171	12	2378.758
ABRIL	172	18	2996.841
ABRIL	173	21	3489.417
ABRIL	174	23	3429.934
ABRIL	175	15	3582.318
ABRIL	176	18	3009.785
ABRIL	177	20	3082.862
ABRIL	178	23	4301.030
ABRIL	179	18	3749.468
ABRIL	180	20	4037.309
ABRIL	181	22	3594.388
ABRIL	182	21	3552.880
ABRIL	183	16	2246.386
ABRIL	184	17	3383.036
ABRIL	185	15	2976.597

Anexo 20. Muestras tomadas mes de mayo

MES	N° Muestra	Altura Comprimida (cm)	Disponibilidad de Materia Seca kg/ha
MAYO	1	29	4918.909
MAYO	2	19	2964.686
MAYO	3	15	3151.182
MAYO	4	20	4077.768
MAYO	5	29	4813.403
MAYO	6	12	2677.822
MAYO	7	43	5860.428
MAYO	8	29	3426.801
MAYO	9	22	3320.574
MAYO	10	28	3810.938
MAYO	11	25	3479.689
MAYO	12	25	3676.388
MAYO	13	30	3144.717
MAYO	14	27	3344.629
MAYO	15	23	2598.118
MAYO	16	27	3840.124
MAYO	17	36	5662.947
MAYO	18	33	3905.289
MAYO	19	30	3584.668
MAYO	20	20	2661.625
MAYO	21	23	3512.895
MAYO	22	23	3114.360
MAYO	23	31	3744.763
MAYO	24	30	4273.657
MAYO	25	25	4641.693
MAYO	26	18	3575.887
MAYO	27	34	5010.495
MAYO	28	21	2482.039
MAYO	29	24	4015.534
MAYO	30	21	4187.357
MAYO	31	24	2973.256
MAYO	32	22	2617.673
MAYO	33	33	4065.532
MAYO	34	23	3240.756
MAYO	35	27	4013.060
MAYO	36	27	4191.421
MAYO	37	20	3865.230
MAYO	38	22	4151.972
MAYO	39	16	3446.790
MAYO	40	18	3019.117
MAYO	41	23	3822.896

MAYO	42	21	4060.003
MAYO	43	25	3112.444
MAYO	44	27	4603.008
MAYO	45	17	3446.325
MAYO	46	21	3797.252
MAYO	47	23	4069.812
MAYO	48	24	4429.911
MAYO	49	27	4490.607
MAYO	50	27	4674.892
MAYO	51	24	4583.932
MAYO	52	25	4344.185
MAYO	53	27	5007.874
MAYO	54	26	4269.615
MAYO	55	28	4502.882
MAYO	56	29	4259.023
MAYO	57	37	4538.560
MAYO	58	36	5414.381
MAYO	59	25	4214.611
MAYO	60	24	4104.372
MAYO	61	25	3949.542
MAYO	62	22	3445.227
MAYO	63	21	3947.212
MAYO	64	24	3414.219
MAYO	65	17	2950.152
MAYO	66	24	4486.990
MAYO	67	25	3125.807
MAYO	68	26	3781.136
MAYO	69	24	3749.943
MAYO	70	22	2558.834
MAYO	71	21	3293.244
MAYO	72	20	3716.621
MAYO	73	20	3565.368
MAYO	74	29	3682.084
MAYO	75	17	3806.573
MAYO	76	19	2964.077
MAYO	77	18	2035.128
MAYO	78	26	3604.493
MAYO	79	22	3977.673
MAYO	80	16	3457.205
MAYO	81	16	3032.026
MAYO	82	17	3071.042
MAYO	83	17	3321.256
MAYO	84	25	4260.467
MAYO	85	20	3503.213
MAYO	86	12	2565.533
MAYO	87	28	4709.130

MAYO	88	17	2800.670
MAYO	89	17	3401.631
MAYO	90	16	3002.529
MAYO	91	20	3304.959
MAYO	92	22	3579.679
MAYO	93	19	3973.947
MAYO	94	22	3603.992
MAYO	95	24	3155.060
MAYO	96	34	4665.991
MAYO	97	25	4045.177
MAYO	98	29	4939.717
MAYO	99	19	3230.420
MAYO	100	20	2937.917
MAYO	101	27	3880.481
MAYO	102	30	4085.166
MAYO	103	35	4936.399
MAYO	104	34	5012.217
MAYO	105	24	4024.621
MAYO	106	26	3943.362
MAYO	107	25	4138.675
MAYO	108	21	3628.897
MAYO	109	27	3513.564
MAYO	110	21	4138.917
MAYO	111	24	3328.993
MAYO	112	25	3875.284
MAYO	113	33	4930.704

Anexo 21. Muestras tomadas mes de junio

Mes	N° Muestra	Altura Comprimida (cm)	Disponibilidad de Materia Seca kg/ha
JUNIO	1	18	2163.861
JUNIO	2	20	2270.982
JUNIO	3	20	2511.605
JUNIO	4	24	3738.546
JUNIO	5	25	2652.502
JUNIO	6	17	2456.566
JUNIO	7	25	3074.417
JUNIO	8	24	3190.999
JUNIO	9	23	2455.648
JUNIO	10	22	2323.826
JUNIO	11	17	2224.474
JUNIO	12	22	4163.277
JUNIO	13	24	2580.812
JUNIO	14	27	3291.331
JUNIO	15	19	2144.466
JUNIO	16	20	2659.271
JUNIO	17	12	2510.566
JUNIO	18	20	3068.640
JUNIO	19	13	2345.108
JUNIO	20	19	2344.158
JUNIO	21	25	2870.334
JUNIO	22	25	2634.783
JUNIO	23	30	3117.453
JUNIO	24	18	2363.037
JUNIO	25	22	2366.292
JUNIO	26	32	4793.069
JUNIO	27	22	2609.580
JUNIO	28	25	2675.052
JUNIO	29	24	2710.857
JUNIO	30	19	2679.516
JUNIO	31	19	2450.829
JUNIO	32	33	3577.896
JUNIO	33	16	2429.718
JUNIO	34	20	2094.360
JUNIO	35	19	2235.069
JUNIO	36	27	3041.286
JUNIO	37	29	3656.109
JUNIO	38	24	3523.766
JUNIO	39	25	3143.307
JUNIO	40	32	3714.699
JUNIO	41	28	4018.344

JUNIO	42	17	2477.706
JUNIO	43	25	2628.366
JUNIO	44	27	2975.907
JUNIO	45	19	2730.573
JUNIO	46	23	2893.137
JUNIO	47	28	3063.792
JUNIO	48	24	3015.153
JUNIO	49	25	3765.756
JUNIO	50	29	4002.720
JUNIO	51	22	2411.583
JUNIO	52	26	4698.471
JUNIO	53	41	5217.718
JUNIO	54	37	4387.062
JUNIO	55	28	3128.018
JUNIO	56	34	3658.409
JUNIO	57	20	3254.141
JUNIO	58	27	3002.632
JUNIO	59	32	3758.244
JUNIO	60	28	4320.047
JUNIO	61	35	3783.516
JUNIO	62	36	4288.360
JUNIO	63	28	4411.083
JUNIO	64	29	3920.630
JUNIO	65	30	4014.523
JUNIO	66	32	3842.700
JUNIO	67	28	3095.587
JUNIO	68	32	4004.142
JUNIO	69	24	4647.602
JUNIO	70	29	3526.537
JUNIO	71	20	3620.927
JUNIO	72	31	4010.743
JUNIO	73	24	3472.680
JUNIO	74	22	3710.262
JUNIO	75	20	3125.702
JUNIO	76	28	4525.237
JUNIO	77	28	4168.550
JUNIO	78	24	3014.481
JUNIO	79	32	4435.743
JUNIO	80	24	4206.796
JUNIO	81	27	4492.460
JUNIO	82	35	4004.838
JUNIO	83	24	3881.313
JUNIO	84	25	3774.539
JUNIO	85	23	3296.995
JUNIO	86	33	3917.078
JUNIO	87	30	4534.326

JUNIO	88	19	3381.920
JUNIO	89	30	4658.001
JUNIO	90	28	4204.547
JUNIO	91	30	4286.653
JUNIO	92	33	4831.724
JUNIO	93	36	4663.793
JUNIO	94	29	4282.068
JUNIO	95	21	3584.450
JUNIO	96	28	4872.422
JUNIO	97	33	3827.915
JUNIO	98	27	4007.128
JUNIO	99	28	3599.118
JUNIO	100	29	4176.728
JUNIO	101	34	3738.673
JUNIO	102	31	4286.243
JUNIO	103	32	3910.201
JUNIO	104	34	4361.921
JUNIO	105	29	5006.329
JUNIO	106	34	5065.281
JUNIO	107	36	3931.875
JUNIO	108	25	4125.751
JUNIO	109	33	5043.593
JUNIO	110	24	4185.756
JUNIO	111	21	2927.270
JUNIO	112	29	4077.079
JUNIO	113	28	4487.728
JUNIO	114	31	4455.609
JUNIO	115	26	4397.877
JUNIO	116	28	4509.287
JUNIO	117	25	3428.615
JUNIO	118	26	4390.996
JUNIO	119	29	3525.343
JUNIO	120	23	3216.786
JUNIO	121	23	3512.886
JUNIO	122	20	3327.339
JUNIO	123	16	3389.452
JUNIO	124	17	3692.406
JUNIO	125	33	4261.785
JUNIO	126	26	4216.200
JUNIO	127	24	3438.148
JUNIO	128	20	3328.177
JUNIO	129	31	4300.512
JUNIO	130	18	3098.422
JUNIO	131	26	3571.677



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. MIGUEL MEDINA HUILLCA
R.D. N° 427-2025-UNSCH-FCA-D


En la ciudad de Ayacucho a los doce días del mes de diciembre del año dos mil veinticinco, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por el Mg. Rogelio Sobero Ballardó, M.V. William Ulises Palomino Conde como asesor, M.Sc. Dimas Alberto Quintanilla Melgar y el M.Sc. Miriam Ibet Alfaro Astorima; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Precisión del plato forrajero en la estimación de materia seca en pasturas asociadas en Sachabamba, Ayacucho 2025**, para obtener el Título Profesional de Médico Veterinario, presentado por el Bachiller **MIGUEL MEDINA HUILLCA**.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Mg. Rogelio Sobero Ballardó	17	16	16	16
M.V. William Ulises Palomino Conde	18	18	18	18
M.Sc. Dimas Alberto Quintanilla Melgar	15	14	14	14
M.Sc. Miriam Ibet Alfaro Astorima	15	15	16	15
PROMEDIO GENERAL				16

OBSERVACION: Por acuerdo unánime de los miembros del jurado el título debe ser: **Calibración del plato forrajero en la estimación de materia seca en pastos asociados en la granja Palomino, Sachabamba, Ayacucho 2025**

Acto seguido se invita al sustentante y público en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.



Mg. Rogelio Sobero Ballardó
Presidente



M.V. William Ulises Palomino Conde
Asesor



M.Sc. Dimas Alberto Quintanilla Melgar
Jurado



M.Sc. Miriam Ibet Alfaro Astorima
Jurado



Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado mediante RD N° 213-2025-UNSCH-FCA-D; hace constar que el trabajo titulado;

Calibración del plato forrajero en la estimación de materia seca en pastos asociadas en la granja Palomino, Sachabamba, Ayacucho 2025

Autor : Miguel MEDINA HUILLCA
Asesor : William PALOMINO CONDE

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de tesis, aprobando mediante de RCU 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de cuatro **(4%)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajo estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con identificador de la entrega: 2851181834

Ayacucho, 25 de diciembre de 2025


Javier C. Pareja Loayza
MÉDICO VETERINARIO
C.M.V.P. N° 6930

Calibración del plato forrajero en la estimación de materia seca en pastos asociadas en la granja Palomino, Sachabamba, Ayacucho 2025

por Miguel Medina Huillca

Fecha de entrega: 25-dic-2025 08:59a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2851181834

Nombre del archivo: TESIS_MIGUEL_MEDINA_HUILLCA_-_FINALLL.pdf (1.88M)

Total de palabras: 16852

Total de caracteres: 89316

Calibración del plato forrajero en la estimación de materia seca en pastos asociadas en la granja Palomino, Sachabamba, Ayacucho 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

revistas.uptc.edu.co

Fuente de Internet

1%

2

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

1%

3

cybertesis.uach.cl

Fuente de Internet

1%

4

praderasypasturas.com

Fuente de Internet

1%

5

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1%

6

ciencia.lasalle.edu.co

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Calibración del plato forrajero en la estimación de materia seca en pastos asociadas en la granja Palomino, Sachabamba, Ayacucho 2025

Miguel Medina Huillca¹,
miguel.medina.24@unsch.edu.pe

William Ulises Palomino Conde²
william.palomino@unsch.edu.pe

Áreas de investigación: Medio Ambiente
Línea de investigación: Sistemas de Producción Pecuaria

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en la granja Palomino, Sachabamba, Ayacucho, evaluando la precisión del plato forrajero (Rising Plate Meter) para estimar la materia seca en pasturas asociadas durante los meses de abril, mayo y junio del 2025, correspondientes al otoño en la región a 3408 m.s.n.m. El objetivo general fue calibrar el plato forrajero considerando la diversidad botánica, fenología y topografía local, para lograr una estimación precisa de la materia seca. Los objetivos específicos incluyeron determinar la relación funcional entre la altura comprimida y la materia seca real incorporando variables de diversidad y densidad botánica, y evaluar la variabilidad temporal de la precisión del instrumento en función de factores fenológicos, lignificación y ambientales. Se procesaron 429 muestras que relacionaron altura comprimida y materia seca, para las cuales se aplicaron modelos de regresión lineal generando ecuaciones de calibración generales y específicas por mes. La correlación positiva significativa entre altura comprimida y materia seca mostró un coeficiente de determinación general de 0.60, mientras que los coeficientes mensuales oscilaron entre 0.50 y 0.68. Estos resultados confirman la utilidad del plato forrajero como herramienta confiable para estimar fitomasa y optimizar el manejo del pastoreo, evitando el sobrepastoreo y promoviendo sostenibilidad ambiental y económica. Se recomienda realizar calibraciones mensuales y ajustar ecuaciones según las condiciones específicas de cada zona para maximizar la productividad ganadera en regiones altoandinas con pasturas mixtas.

Palabras clave: *Plato forrajero, calibración, pasturas asociadas, ecuación.*

Calibration of the forage plate in the estimation of dry matter in associated pastures at the Palomino farm, Sachabamba, Ayacucho 2025

Miguel Medina Huillca¹,
miguel.medina.24@unsch.edu.pe

William Ulises Palomino Conde²
william.palomino@unsch.edu.pe

Research areas: Environment

Research line: Livestock Production Systems

ABSTRACT

This study was conducted at the Palomino farm in Sachabamba, Ayacucho, evaluating the accuracy of the Rising Plate Meter for estimating dry matter in associated pastures during April, May, and June of 2025, corresponding to autumn in the region at 3408 meters above sea level. The overall objective was to calibrate the Rising Plate Meter considering local botanical diversity, phenology, and topography to achieve an accurate dry matter estimate. Specific objectives included determining the functional relationship between compressed height and actual dry matter by incorporating botanical diversity and density variables, and evaluating the temporal variability of the instrument's accuracy based on phenological, lignification, and environmental factors. A total of 429 samples relating compressed height and dry matter were processed, and linear regression models were applied to generate general and month-specific calibration equations. The significant positive correlation between compressed height and dry matter showed an overall coefficient of determination of 0.60, while the monthly coefficients ranged from 0.50 to 0.68. These results confirm the usefulness of the forage plate as a reliable tool for estimating phytomass and optimizing grazing management, preventing overgrazing and promoting environmental and economic sustainability. Monthly calibrations and adjustments to the equations according to the specific conditions of each area are recommended to maximize livestock productivity in high-altitude Andean regions with mixed pastures.

Keywords: *Forage plate, calibration, associated pastures, equation.*

I. INTRODUCCIÓN

Las praderas mixtas de Sachabamba (granja Palomino), albergan una notable diversidad de especies vegetales que dependen en gran medida de las condiciones climáticas y edafológicas propias de la región. Esta variabilidad influye no solo en la composición botánica y la densidad del forraje disponible, sino también incide directamente en la precisión de la estimación de materia seca. En este contexto la gestión eficiente y sostenible de estas praderas es fundamental para la producción ganadera local, dado que el forraje representa la base de la dieta animal. Por ello, contar con un conocimiento preciso sobre la disponibilidad real de materia seca no solo permite ajustar correctamente la carga animal, evitando el sobrepastoreo y la degradación del suelo, sino que además contribuye a preservar la biodiversidad y asegura la rentabilidad en los sistemas ganaderos de zonas altoandinas.

Uno de los métodos indirectos más comunes para estimar la disponibilidad de materia seca en praderas es el uso del plato forrajero, también conocido como Rising Plate Meter. Este instrumento mide la altura comprimida de la vegetación, lo que permite estimar la cantidad de forraje presente en kg de materia seca por hectárea (MS/Ha) mediante ecuaciones de calibración específicas (Moreno et al, 2019). La calibración del plato forrajero es esencial para asegurar la precisión de estas estimaciones, ya que las ecuaciones de calibración varían según el tipo de pastura, la densidad del forraje, y las condiciones ambientales locales.

La relevancia de este estudio radica en su potencial para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción ganadera en la región. Al desarrollar ecuaciones de calibración específicas para las praderas mixtas de Sachabamba, Ayacucho, se podrán realizar estimaciones más precisas de la disponibilidad de materia seca. Esto permitirá a los productores ajustar mejor la carga animal, optimizar el uso de los recursos forrajeros y reducir el impacto ambiental negativo asociado al sobrepastoreo.

Esta investigación se enfocó en la calibración del plato forrajero en pasturas mixtas que se componían principalmente por pasto ovinillo (*Dactylis glomerata*), ryegrass inglés (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) en la parcela evaluada ubicado en Sachabamba con la finalidad para poder estimar la materia seca disponible de una forma más precisa y práctica. Optimizando la carga animal, evitando el sobrepastoreo que contribuye a la productividad y reduciendo impactos negativos obteniendo mejores resultados, este estudio se realizó en los meses de abril, mayo y junio del presente año con la incorporación de análisis estadísticos con la finalidad de que se valide la precisión del dispositivo en distintas condiciones como lo son las climáticas y fenológicas.

Objetivo general

Calibrar el plato forrajero para estimar con precisión la materia seca en pastos asociados de la granja Palomino, Sachabamba, considerando la diversidad botánica y fenología.

Objetivos específicos

1. Determinar la relación funcional entre la altura comprimida del plato forrajero y la materia seca real en pastos asociados de la granja Palomino, Sachabamba, condicionado por la diversidad y densidad botánica.
2. Evaluar la variabilidad temporal de la precisión del plato forrajero en los meses de estudio asociado a los cambios fenológicos, lignificación y factores ambientales.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción de la zona de estudio

Se realizó en las praderas de la Granja Palomino, propiedad de la Familia Palomino ubicada en la comunidad de Sachabamba del distrito de Chiara, Provincia de Huamanga en la región de Ayacucho, a una altitud de 3408 msnm, Latitud Sur 13°29'37.5", longitud oeste: 74°07'17.9"W en la zona de vida Quechua.

2.1. Características de la parcela evaluada

El potrero evaluado durante la investigación tenía un perímetro aproximado de 545.15 metros y un área de 14.516,11 m² con una pendiente considerable de 5°, el método de riego era por inundación mediante un canal ubicado en toda la parte superior de la parcela. La presencia de pasturas era una asociación de gramíneas y leguminosas.

2.2. Pasturas evaluadas

Dentro de estas estaban las gramíneas como el Ryegrass inglés (*Lolium perenne*) en un total de 50%, pasto Ovillo (*Dactylis Glomerata*) en un 30% y por último las leguminosas estaba el trébol blanco (*Trifolium repens*) en un 20%. En estado vegetativo y floración. En los meses de abril-junio correspondiente a la estación de otoño.

Los estados vegetativos que se tuvo en cuenta fueron los siguientes: en el caso de las gramíneas vegetativo (hojas densas), aparición de tallos florales (espigado), floración y producción de semilla. Leguminosas crecimiento y macollamiento y floración.

2.3. Materiales y equipos

Los materiales usados fueron: cuaderno, guantes, lapicero, papel Kraft, bolsa plastificada, tijera de jardinería, plumón indeleble, aro de metal, calculadora, laptop y cámara; entre los equipos usados fueron: Plato forrajero (Rising Plate Meter – RPM), balanza analítica y estufa.

2.4. Análisis estadístico

El modelo de regresión lineal es un método estadístico que se emplea para analizar y medir la relación existente entre dos variables: una que depende de la otra y que se desea predecir, y otra que se utiliza como referencia o predictor. Este modelo plantea que dicha relación puede ser representada mediante una línea recta, en la cual los cambios en la variable dependiente se explican en función de los cambios en la variable independiente, sumando un error que recoge la variabilidad no explicada. Gracias a este enfoque, es posible comprender la influencia que tiene una variable sobre la otra y hacer estimaciones basadas en esa conexión.

2.5. Modelo regresión lineal

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad i = 1, \dots, n$$

Dónde:

Y_i = Variable aleatoria observable.

X_i = Constante conocida.

ε_i = Variable aleatoria no correlacionada con media cero y varianza común σ^2 , se asume normalidad para pruebas de hipótesis.

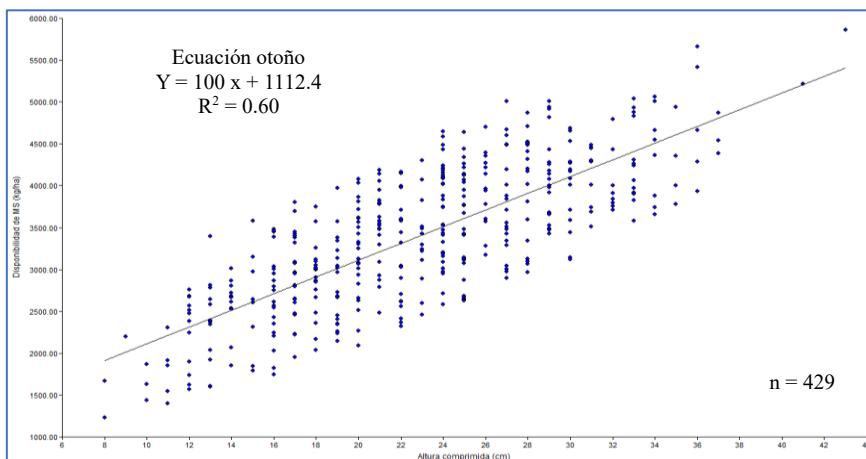
$\beta_0 + \beta_1$ = Constantes desconocidas o parámetros del modelo.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Relación entre altura comprimida del plato forrajero y materia seca en praderas mixtas de Sachabamba, considerando diversidad y densidad botánica

Figura 1

*Regresión lineal de la altura comprimida (cm) entre el plato forrajero y materia disponible (kg/ha) entre la pastura asociada de (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, y *Trifolium repens*) en distintas etapas fenológicas*



La Figura 1 muestra el análisis de regresión lineal entre la altura comprimida (cm) medida con el plato forrajero y la materia seca disponible (kg/ha) en pasturas asociadas compuestas por *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens*. El modelo obtenido, expresado en la ecuación $Y=100X+1112.4$, indica que cada centímetro adicional en la altura comprimida corresponde a un incremento promedio de 100 kg(MS)/Ha en la materia seca disponible. Este modelo presenta un coeficiente de determinación $R^2 = 0.60$, lo que sugiere que el 60% de la variabilidad en la biomasa puede ser explicada por la altura comprimida, validando el uso del plato forrajero como método indirecto para estimar la fitomasa en las condiciones del área de estudio.

Comparando estos resultados con estudios previos, Gebauer (2004) reportó un coeficiente menor de 72 y un intercepto inferior de 48, con un $R^2=0.50$, reflejando un modelo con menor capacidad explicativa. De manera similar, Canales (2007) encontró un coeficiente mayor de (120) y un intercepto mucho menor (350), con un $R^2=0.74$, evidenciando una mayor confiabilidad estadística. Por otro lado, Pravia et al. (2013) obtuvieron un coeficiente ligeramente mayor (112.63) y un intercepto de (243.48) pero con un $R^2=0.62$, sugiriendo una respuesta más conservadora de la materia seca ante cambios en la altura comprimida. En contraste, Moreno et al. (2019) informaron un coeficiente mucho mayor (259.422) y un intercepto elevado (2978.92), con un $R^2=0.78$, lo que indica una sensibilidad considerablemente mayor de la materia seca a las variaciones en altura comprimida. En el caso de Cardenas, Balocchi y Calvache (2020) obtuvo un coeficiente e intercepto mucho menor con un $R^2=0.85$, de igual manera Lima (2023) su coeficiente tuvo similitud, lo cual no mostro en el intercepto siendo menor (77.504) y un $R^2=0,83$.

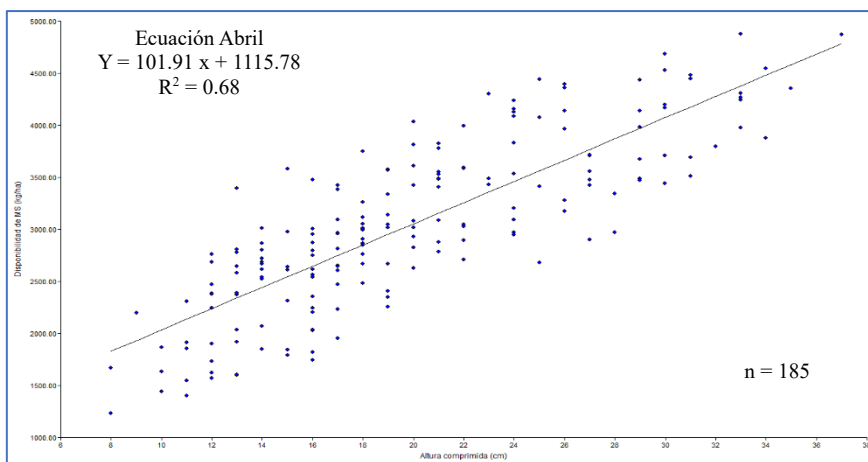
A nivel nacional, Condori (2023) reportó un coeficiente de 160.972 y un intercepto de 531.696 en pasturas a 3307 m.s.n.m., pero con un coeficiente de determinación inferior (0.48), sugiriendo menor precisión del modelo.

Estas diferencias en los coeficientes y capacidad explicativa pueden atribuirse a variaciones en la composición de especies vegetales, altitud, diversidad botánica y condiciones ambientales que influyen en la dinámica y estructura de las praderas. Por lo tanto, la calibración debe ser específica para cada región para obtener estimaciones precisas de materia seca.

3.2. Evaluación de la viabilidad temporal en la precisión del plato forrajero en los meses de estudio asociado a los cambios fenológicos, lignificación y factores ambientales

Figura 2

*Regresión lineal de la relación positiva entre el plato forrajero y materia disponible (kg/ha) entre la pastura asociada de (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, y *Trifolium repens*) durante el mes de abril en su mayoría en estado vegetativo*



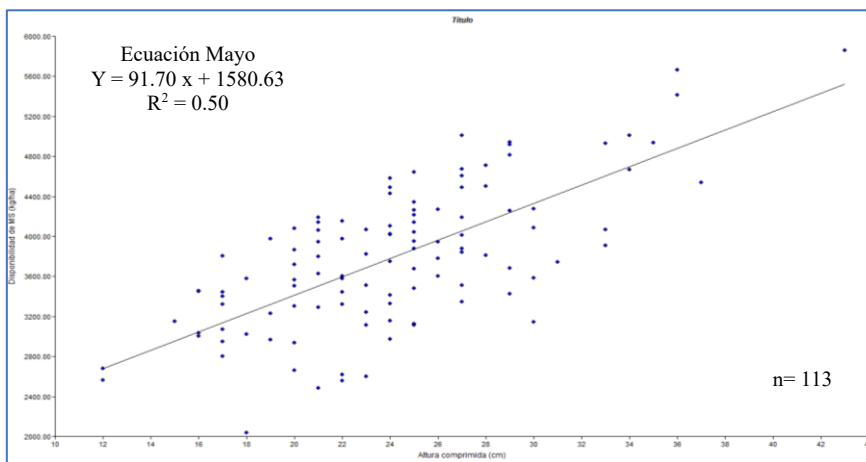
La Figura 2 muestra el análisis de regresión lineal que describe la relación positiva entre la altura comprimida del plato forrajero (cm) y la materia seca disponible por hectárea (kg/ha) durante abril, basado en 185 observaciones. La ecuación ajustada $Y=101.91X+1115.78$ indica que cada centímetro adicional en altura comprimida incrementa la materia seca disponible en aproximadamente 101.91 kg(MS)/ha. El coeficiente de determinación $R^2=0.68$, revela que el 68% de la variabilidad en la biomasa puede explicarse por esta variable, evidenciando una correlación sólida y significativa bajo las condiciones fenológicas y ambientales del área estudiada.

Comparando con estudios previos, Prado (2007) obtuvo una ecuación de calibración para marzo con un coeficiente mayor (139) y una constante menor (40), lo que indica variabilidad estacional y por condiciones geográficas. Por otro lado, Condori (2023) reportó en su primer mes un modelo $Y=899.84+129.42X$, con diferentes constantes, pero similar coeficiente, atribuible a condiciones climáticas, altitud y composición vegetal similares a las de este estudio. De igual manera Demanet y Canseco (2006) obtuvo un coeficiente mayor de 162 y un intercepto mucho menor de 16 para el mes de febrero, como Gebauer (2004) donde realizó una ecuación para el pre pastoreo con un coeficiente de 88 y un intercepto de 8; Hepp y Reyes (2017) con una ecuación general que se asemeja teniendo un coeficiente de 96 e intercepto de 1022.

Estas diferencias pueden justificarse por variaciones en la estación de muestreo, especies predominantes, altitud y clima, que afectan la estructura y dinámica de las pasturas, enfatizando la necesidad de calibraciones específicas según cada contexto para garantizar estimaciones confiables de materia seca.

Figura 3

*Regresión lineal de la relación positiva entre el plato forrajero y materia disponible (kg/ha) entre la pastura asociada de (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, y *Trifolium repens*) durante el mes de mayo en su mayoría en estado de espiga*



La Figura 3 presenta el análisis de regresión lineal aplicado a 113 muestras del mes de mayo, que muestra la relación entre la altura comprimida del plato forrajero (cm) y la disponibilidad de materia seca (kg/ha). La ecuación derivada, $Y=91.70X+1580.63$, indica que, por cada centímetro de altura comprimida, la materia seca disponible aumenta en promedio 91.70 kg(MS)/ha. El coeficiente de determinación para este mes fue $R^2=0.50$, valor considerado aceptable para estudios de este tipo.

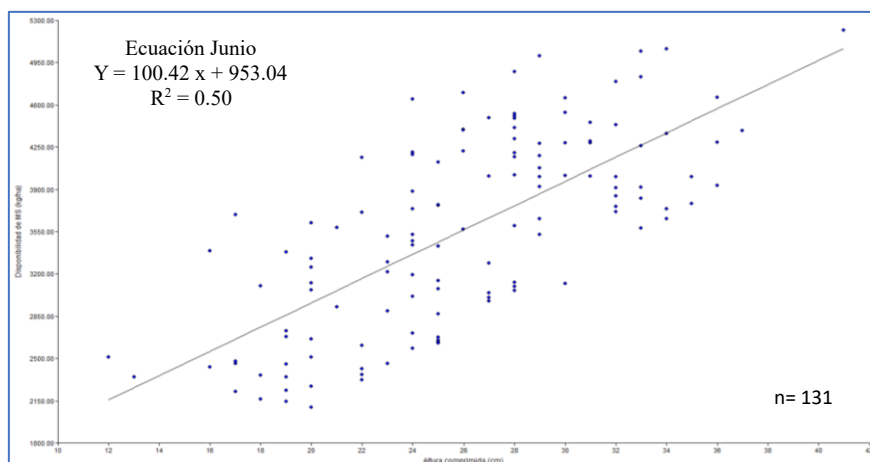
Al comparar estos resultados con investigaciones similares, Condori (2023) obtuvo para el segundo mes de su estudio una ecuación $Y=564.45+165.59X$, con un coeficiente de determinación inferior ($R^2=0.45$). La diferencia en ambos coeficientes y constantes probablemente se debe a que su segundo mes corresponde a septiembre, con distintas condiciones ambientales, estados fenológicos de los forrajes y densidad de pasturas en comparación con nuestro estudio realizado en mayo. Como Canales (2007) obtuvo un coeficiente de 93 y su intercepto de 302, de igual manera Demanet y Canseco (2006) su coeficiente fue ligeramente superior de 108 y su intercepto menor 361. Finalmente, Hepp y Reyes (2017) obtuvo un coeficiente en verano de 153 e intercepto de 547.

Estas diferencias resaltan la importancia de realizar calibraciones específicas mensuales y adaptadas a las condiciones locales, ya que la variabilidad fenológica y ambiental influye

significativamente en la relación entre la altura comprimida y la materia seca, afectando la precisión de la estimación.

Figura 4

*Regresión lineal de la relación positiva entre el plato forrajero y materia disponible (kg/ha) entre la pastura asociada de (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, y *Trifolium repens*) durante el mes de junio en su mayoría en estado de floración*



La Figura 4 presenta el análisis de regresión lineal correspondiente al mes de junio, basado en 131 muestras, donde se observa la relación entre la altura comprimida del plato forrajero (cm) y la disponibilidad de materia seca (kg/ha). La ecuación de calibración obtenida fue $Y=100.42X+953.04$, indicando que, por cada centímetro adicional en la altura comprimida, la materia seca disponible aumenta en promedio 100.42 kg(MS)/ha. El coeficiente de determinación $R^2=0.50$, considerado aceptable, señala que el 50% de la variabilidad en la biomasa está explicada por la variable analizada.

Al comparar este resultado con trabajos anteriores, Demanet y Canseco (2006) obtuvo una ecuación similar para junio, $Y=80X+909Y$, con un aumento de 20 kg/ha menos por centímetro en la materia seca y un coeficiente de determinación superior de 0.71. Estas diferencias pueden deberse a la distinta altitud, tipos de forrajes y densidad vegetal presentes en ambos estudios. Por otra parte, Condori (2023) reportó en octubre una ecuación mucho más elevada $Y=254+174.7X$, con un coeficiente de determinación de 0.59, lo que refleja variaciones atribuibles al mes de evaluación y condiciones ambientales específicas. Canales (2007) para el mes de noviembre tuvo un coeficiente menor de 89 y un intercepto mucho menor de 150, seguido de Hepp y Reyes (2017) su ecuación de verano tuvo un coeficiente de 96 y un intercepto de 1022.

Estas comparaciones indican que, aunque el modelo del presente estudio es válido para estimar materia seca en junio, las diferencias en coeficientes y precisión resaltan la

importancia de calibrar el plato forrajero considerando la temporalidad y las particularidades ambientales de cada región para mejorar la exactitud y utilidad práctica del método.

Tabla 1

Datos comparativos de los 3 meses de estudio

MES	Altura comprimida promedio (cm)	%MS	Disponibilidad de materia seca kg/ha (promedio)
ABRIL	19.93	19.18	3398.89
MAYO	24.15	25.83	3795.25
JUNIO	25.90	17.53	3554.03

En la tabla anterior se logra observar los datos como la altura comprimida, porcentaje de materia seca y disponibilidad de MS/Kg/Ha. Viendo un aumento progresivo desde el primer mes de evaluación hasta el último, en el caso del porcentaje de materia seca hubo un incremento y disminución y de igual manera en el último dato. Reflejando variaciones por estado fenológico de los pastos en general.

CONCLUSIONES

1. Se determinó la relación funcional entre la altura comprimida del plato forrajero y la materia seca de las pasturas asociadas de Sachabamba (granja Palomino), con una mejora positiva y $R^2=0,60$. La fórmula general para otoño (abril-junio) es $Y=100X + 1112,4$, donde Y es MS (kg/ha) y X la altura comprimida.
2. Se desarrolló una relación funcional significativa entre la altura comprimida medida por el plato forrajero y la materia seca real, mejorada al considerar diversidad y densidad botánica, facilitando una estimación confiable de forraje: 100 kg MS/ha por cm de altura.
3. Se logró evaluar la variabilidad temporal del plato forrajero en 3 meses, observando cambios fenológicos y ambientales. En abril, $R^2=0,68$ con $Y=101,91X + 1115,78$; en mayo, $R^2=0,50$ con $Y=91,70X + 1580,63$; en junio, $R^2=0,50$ con $Y=100,42X + 953,04$.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Canales, C. (2007). *Efecto de la frecuencia e intensidad del pastoreo primaveral en la producción, calidad y perennidad de una pastura permanente*. Universidad de la Frontera.

Cárdenas, J., Balocchi, O., & Calvache, I. (2020). *Calibración del medidor de placa*

ascendente para praderas mixtas de raigrás (Lolium perenne L.) y kikuyo (Cenchrus clandestinus). Revista Chilena de Ciencias Agropecuarias. 36(3), 216–223.
<https://doi.org/10.29393/CHJAAS36-20CRJC30020>

- Condori, Y. (2023). *Comparación del método de altura comprimida y el método del cuadrante para estimar la disponibilidad forrajera de pasto cultivado perenne en Matahuasi – Concepción, Huancayo* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú). Repositorio Institucional UNCP.
<https://repositorio.uncp.edu.pe/items/4c32e667-6e4a-435d-8a44-196ec78a6372>
- Demagnet, R., & Canseco, C. (2006). *Comparación de métodos indirectos de estimación de la disponibilidad de forraje en praderas permanentes del sur de Chile*. En Actas de la 31.ª Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal (pp. 9–10). Instituto de Agroindustria, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.
- Hepp, C., & Reyes, C. (2014). Determinación de la disponibilidad de materia seca en praderas a pastoreo en la patagonia húmeda (Región de Aysén). *Penambahan Natrium Benzoat Dan Kalium Sorbat (Antiinversi) Dan Kecepatan Pengadukan Sebagai Upaya Penghambatan Reaksi Inversi Pada Nira Tebu*.
- Lima, H. (2023). *Validación de dos metodologías de predicción en la ecuación del Rising Plate Meter en mezclas forrajeras*.
- Gebauer, O. (2004). *Evaluación de los métodos de altura comprimida y capacitancia electrónica para estimar la disponibilidad de forraje en praderas de pastoreo* (Tesis de Licenciatura). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Moreno, D., Fonseca, C., Rodríguez-Molano, C. E., & Pulido-Suarez, N. J. (2019). Calibración del plato forrajero en praderas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov) en el trópico alto colombiano. *Ciencia y Agricultura, 16(1)*, 52–62. <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n1.2019.8831>
- Prado, X. (2007). *Efecto de dos niveles de fitomasa de pre y post pastoreo sobre las variables productivas de la pradera en verano* (Vol. 3).
- Pravia, M. I., Montossi, F., Gutiérrez, D., Ayala, W., Andregnette, B., Invernizzi, G., & Porcile, V. (2013). Estimación de la disponibilidad de pasturas y forrajes en periodos de GIPROCAR II: ajuste del “Rising Plate Meter” para las condiciones de Uruguay. *Instituto Nacional de Innovación Agraria, 11(4)(Giprocar II)*, 31–67.
- Reyes, A. (2006). Efecto de la frecuencia e intensidad del pastoreo primaveral en el rendimiento y calidad de un pastura permanente.