

Calibración del plato forrajero en praderas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov) en el trópico alto colombiano

Calibration of rising plate meter in prairie kikuyo grass (*Pennisetum
clandestinum* Hochst.Ex Chiov) in the high colombian tropics

Diego Moreno¹
Carolina Fonseca²
Carlos Eduardo Rodríguez-Molano³
Néstor Julián Pulido-Suarez⁴

Fecha de recepción: 11 de agosto de 2018

Fecha de aprobación: 17 de octubre de 2018

Resumen

La región andina colombiana, en el departamento de Boyacá a 2560 msnm en el cordón lechero colombiano, las explotaciones ganaderas se caracterizan por tener la especie forrajera perenne predominante conocida como Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov), gramínea de crecimiento estolonífero. El objetivo de este estudio, fue obtener la ecuación de regresión lineal para la adecuada calibración del plato forrajero con el fin de predecir la disponibilidad de materia seca por hectárea. Esta investigación se realizó en el transcurso del año 2014, (desde marzo hasta diciembre); para esta investigación se realizaron mediciones con un Plato Forrajero en 21 predios ganaderos pertenecientes a la región del Alto Chicamocha. Se tomaron un total de cuatrocientas (400) muestras en época seca y de lluvias. Se procedió a desarrollar la formula por medio de un método matemático de regresión lineal simple, relacionando la altura comprimida del forraje y la disponibilidad real de materia seca obtenida mediante corte y posterior secado. %. De acuerdo a la formula se determinó que, por cada unidad de medida del plato forrajero, la disponibilidad de fitomasa total se incrementó en 259.42 kg de Materia Seca (MS) y se obtuvo un intercepto de 2978.92. Estos resultados conllevan al uso de la ecuación como una alternativa de cálculo de la materia seca disponible durante todo el año en praderas de Kikuyo. La ecuación resultante para la calibración del Plato Forrajero en praderas de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) fue Kg

¹ Profesional independiente.

² M. Sc. Universidad Austral de Chile (Valdivia, Chile).

³ M. Sc. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja-Boyacá, Colombia). carlos.rodriguez@uptc.edu.co.
ORCID: [0000-0002-0862-3478](https://orcid.org/0000-0002-0862-3478).

⁴ M. Sc. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja-Boyacá, Colombia). nestor.pulido@uptc.edu.co.
ORCID: [0000-0001-5226-7602](https://orcid.org/0000-0001-5226-7602).

Calibración del plato forrajero en praderas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov) en el trópico alto colombiano

$Ms/Ha = 259.42x + 2978.9$ donde se reemplazó la altura comprimida por el plato forrajero y con un coeficiente de determinación (R^2) de 77.67 %.

Palabras clave: altura comprimida; calibración; kikuyo; materia seca; regresión lineal.

Abstract

The Colombian Andean region, in the department of Boyacá at 2,560 meters above sea level in the Colombian dairy belt, livestock farms are characterized by the predominant perennial forage species known as Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.ex Chiov), a stoloniferous growth grass. The objective of this study was to obtain the linear regression equation for the proper calibration of the forage dish in order to predict the availability of dry matter per hectare. This investigation was carried out in the course of 2014, (from March to December); for this investigation, measurements were taken with a Forage Plate in 21 cattle farms belonging to the Alto Chicamocha region. A total of four hundred (400) samples were taken during the dry and rainy seasons. The formula was developed by means of a mathematical method of simple linear regression, relating the compressed height of the forage and the actual availability of dry matter obtained by cutting and subsequent drying. %. According to the formula it was determined that for each unit of measurement of the forage dish, the total phytomass availability was increased in 259.42 kg of Dry Matter (MS) and an intercept of 2978.92 was obtained. These results lead to the use of the equation as an alternative to calculate dry matter available throughout the year in Kikuyo grasslands. The resulting equation for the calibration of the Forage Plate in Kikuyo grasslands (*Pennisetum clandestinum*) was $Kg Ms / Ha = 259.42x + 2978.9$ where the height compressed by the forage dish was replaced and with a coefficient of determination (R^2) of 77.67%.

Keywords: calibration; compressed height; dry matter; kikuyu; linear regression.

Para citar este artículo:

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. DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n1.2019.8831>.

Esta obra está bajo licencia internacional Creative Commons Reconocimiento 4.0



I. Introducción

Colombia, ubicado en el sistema montañoso más grande de América, cuenta con gran variedad de climas debido a sus diferentes pisos térmicos, convirtiéndose en un país con una gran biodiversidad en flora y fauna. Al conocer los recursos con los que cuenta el país y el uso adecuado de los mismos, permitirá la durabilidad y persistencia para el desarrollo de la economía en el sector agropecuario.

En las zonas de trópico alto colombiano, las praderas abarcan una gran cantidad de hectáreas dedicadas a la alimentación de ganado de ceba y producción de leche distribuidas en un 90% en gramíneas de especie *Pennisetum clandestinum* (Kikuyo), 5% *Lolium sp.* (ryegrass) y el 5% restante a *Avena sativa* (avena forrajera) y especies nativas como el *Halcus lanatus* (falsa poa) (Fonseca *et al.*, 2016).

Dentro de la problemática de los ganaderos de la región boyacense, se encuentra el desconocimiento de los métodos y tecnologías que les ayuden a aprovechar el máximo potencial del kikuyo siendo necesario la adopción de nuevas técnicas y métodos de medición de la fitomasa total para cumplir con los requerimientos nutricionales de los animales.

Por esta razón, el Plato Forrajero (PF) o Rising Plate Meter diseñado en Nueva Zelanda se convierte en una herramienta que mide la disponibilidad de materia seca (MS) disponible en un determinado momento en los potreros y adoptado en países latinoamericanos como Chile, Argentina y Brasil. Este Plato Forrajero (PF) es una herramienta que mide la altura comprimida de la pradera en función de la densidad del forraje, esto de acuerdo a la cobertura vegetal y al estado fisiológico de la pastura. Si la pradera se encuentra en proceso de crecimiento, habrá mayor compresión del disco y la estimación de materia seca (MS) será mucho más precisa.

Debido al buen resultado que ha tenido esta herramienta en otros países, se desea implementar el uso de la misma en Colombia, pero para que funcione

correctamente, se debe realizar un proceso de calibración para obtención de una ecuación lineal que transforme la altura comprimida en Kg MS/Ha-1 y así poder comparar el método de obtención de materia seca comúnmente utilizado que es el aforo directo por corte de un metro cuadrado (1m²).

Esta fórmula de regresión ya existe para otro tipo de especies como ryegrass (*Lolium sp.*) y mezcla de Kikuyo con ryegrass (Linares & Cárdenas, 2013), pero no para praderas exclusivamente de kikuyo. Por esta razón, adoptar esta técnica ofrece un aporte a las ganaderías del trópico alto colombiano, incluyendo dentro de sus costos de producción el total de toneladas de materia seca disponibles para consumo de los animales dentro de su explotación y poder aprovechar al máximo las praderas haciendo un uso adecuado de las mismas y obtener mayores rendimientos económicos.

II. Materiales y métodos

La toma de muestras se realizó en predios ubicados a lo largo del cordón lechero al norte del departamento de Boyacá, en los municipios de Tunja, Oicatá, Cómbita, Siachoque, Soracá, Paipa, Sotaquirá, Duitama, Santa Rosa de Viterbo, Nóbsa, Tibasosa e Iza, sobre praderas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). La duración del trabajo de campo del presente trabajo fue de 6 meses comprendidos entre junio y diciembre del 2014.

Se realizaron las mediciones en las praderas establecidas de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sin importar el manejo agronómico que hubiesen recibido, con el Plato Forrajero análogo marca “Jenquip®” sobre potreros en consumo animal en pre-pastoreo y post-pastoreo.

Se tomaron 400 muestras de pasto Kikuyo; durante la época seca y lluviosa sobre praderas con crecimiento estolonífero con poca relación hoja: tallo y praderas con buen desarrollo foliar y buena relación hoja: tallo en pre y post-pastoreo en potreros pastoreándose con animales en el momento del muestreo. Las muestras fueron tomadas al azar por medio del lanzamiento de un anillo de hierro de 0.1m², posteriormente, se realizó la medición de la altura comprimida

con el plato forrajero y se procedió a cortar a ras del suelo todo el material forrajero disponible contenido dentro del anillo.

El material recolectado de cada una de las muestras fue pesado en verde y llevado al laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia para obtener la Materia Seca (MS) por medio de un horno de ventilación forzada a 60°C por 48 horas. Luego de tener el porcentaje de materia seca correspondiente a cada una de las muestras se calculó la disponibilidad por hectárea (kg MS Ha⁻¹). Los resultados fueron analizados con el software computacional STATGRAPHICS Centurión (2014) y Microsoft Excel (2014). A los datos obtenidos de las observaciones se le aplicó el método matemático de regresión lineal simple relacionando la altura comprimida del forraje (X₁) y la disponibilidad real de materia seca obtenida en el laboratorio (Y) con un coeficiente de determinación (R²) dado y un análisis de varianza ANOVA.

III. Resultados y discusión

A partir del trabajo de campo y de laboratorio donde se analizaron las 400 muestras obtenidas en praderas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), se calculó la cantidad de fitomasa disponible en kilogramos de materia seca por hectárea (Kg MS ha⁻¹) para la ecuación, con la totalidad de los datos disponibles durante la época de estudio. El resultado del análisis de regresión se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Regresión lineal entre kg ms ha⁻¹ (y) y la altura comprimida (x) para la totalidad de muestras obtenidas.

Parámetro	Mínimos Cuadrados Estimado	Error Estándar
Intercepto	2978.92	200.93
Pendiente	259.42	6.97

Variable dependiente: Kg MS/Ha-1; Variable independiente: Unidades de medida del Plato Forrajero en medios centímetros.

De la Tabla 1 se desprende la magnitud de la ecuación resultante a partir del total de muestras recolectadas en el trabajo de campo al momento de describir la relación entre la materia seca (Kg MS/Ha-1) y la altura comprimida (medios centímetros) dada por las unidades del plato forrajero.

La ecuación ajustada sería:

$$\text{Kg MS Ha}^{-1} = 259.422 * \text{MEDIDA PLATO} + 2978.92$$

$$R^2 = 0.78$$

De esta forma, al reemplazar el promedio obtenido de las alturas comprimidas a partir de las mediciones realizadas con el plato forrajero, se obtiene la materia seca estimada en Kg MS Ha⁻¹. El coeficiente de determinación (R²) del modelo resultante es 78 % lo que indica que existe un grado de asociación entre la altura comprimida medida por el plato forrajero y la materia seca. Según Rayburn (1997), obtuvo calibraciones con 42 muestras con un R² de 77 % reportando que una precisión aceptable (R²) en este método varía de 74% a un 77%. Igualmente, Li (1998), obtuvo valores de R² que van desde el 37% hasta un 99%. Entre tanto Ferreira *et al.* (2015) reportan coeficientes de determinación que van de 71% en verano, 74% en otoño, 75% en primavera hasta un 77% en invierno en praderas de *Lolium sp.* Linares y Cárdenas (6) reportan un R² = 95.3055% en su estudio de Calibración del Rising Plate Meter para estimar la disponibilidad de materia seca en praderas mixtas *Lolium perenne* – *Pennisetum clandestinum* en el municipio de Cota, asumiendo que existe un alto grado de asociación entre la altura comprimida y la cantidad de MS disponible por hectárea.

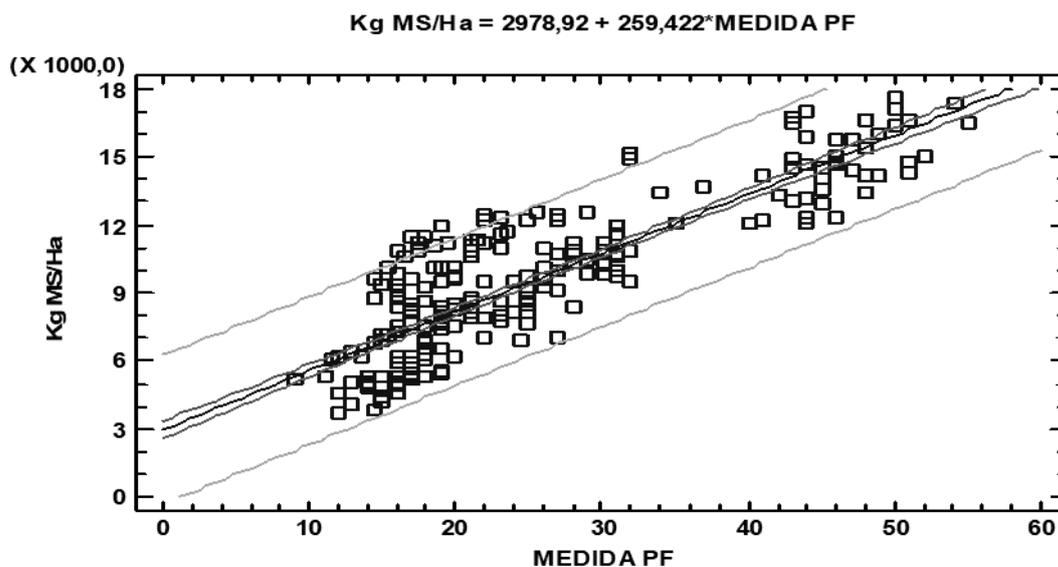


Fig. 1. Representación de la regresión lineal entre la disponibilidad de materia seca real y la altura comprimida medida por el plato para la totalidad de las muestras.

En la Figura 1 se muestran las distintas muestras medidas por el plato forrajero con sus respectivos valores de materia seca (MS) real. Se grafica igualmente la recta de la ecuación calculada, con su respectiva desviación estándar.

La ecuación de calibración para praderas de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) que se observa en la Figura 1, muestra que, por cada unidad de medida del plato forrajero, la disponibilidad de fitomasa total se incrementa en 259.42 kg MS.

La mayor relación presentada en hoja: tallo y el incremento del contenido de material senescente genera un alto porcentaje de materia seca por hectárea debido a que en este estudio la biomasa total fue tomada desde a ras de suelo. Esto se traduce en que las plantas presentan una mayor resistencia al peso del plato dando una lectura de altura mayor.

Por otro lado la ecuación obtenida en este estudio presentó un intercepto de 2978.92 mucho mayor a lo reportado por Balochi *et al.* (2013) quien reporta un intercepto = 301,507 y Linares & Cárdenas (2015) los cuales reportan un intercepto en invierno de 400, en primavera de 400, en verano de 250 y en otoño de 350, pero hay que tener en cuenta que estas ecuaciones han sido obtenidas en praderas mixtas que en su gran mayoría contienen ryegrases que ofrecen una menor resistencia al plato forrajero, lo que hace que sea menor tanto el intercepto como la pendiente. Linares & Cárdenas (2015) reportan un intercepto de 319.663, lo cual es mucho menor que el intercepto obtenido en este estudio, pero también ha sido realizada su calibración en praderas mixtas con un manejo diferenciado y a una altura de corte de 10 cm, lo que puede explicar una menor resistencia al plato forrajero, al haber una menor cantidad de material senescente por una rotación de potreros más adecuada con material más joven, con menor lignificación y menor contenido de carbohidratos estructurales.

Según Ferreira *et al.* (2015), los tejidos que componen los pastos tienen un alto contenido de agua y un bajo contenido de humedad, haciendo que la proporción de MS varíe entre un 14% y un 25% del peso del forraje verde, pero el mayor índice de MS contenida en los forrajes se registra en épocas de poca lluvia.

Araya-Mora (2003) indica que la temperatura ambiental afecta directamente el contenido de MS de las plantas, presentándose a altas temperaturas un descenso en el contenido de carbohidratos no estructurales como azúcares y almidones y a su vez un incremento en el contenido de carbohidratos estructurales como la celulosa, hemicelulosa y lignina, lo que hace que aumente el contenido de materia seca de las plantas. Los resultados obtenidos sobre el análisis de varianza se evidencian en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados del análisis de varianza, ANOVA.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	3.75579E9	1	3.75579E9	1384.14	0.0000
Residuo	1.07995E9	398	2.71345E6		
Total (Corr.)	4.83575E9	399			

*Coeficiente de Correlación = 0.88; $R^2 = 77.66\%$.

Dado que el valor de P en la tabla ANOVA es menor que $p < 0.05$, existe una relación estadísticamente significativa entre los datos obtenidos en campo en términos de Kg MS Ha^{-1} y la medida obtenida con el plato forrajero (medios cm) con un nivel de confianza del 95%. En el trabajo llevado a cabo por Linares y Cárdenas (2013) se reportan igualmente un valor de $p < 0.05$. Fulkerson y Slack (1993) mencionan que el error asociado con la determinación de la producción de forraje puede ser dos veces mayor en pasturas a base de especies subtropicales en comparación con los basados en especies de clima templado o frío, como es el caso de Boyacá.

El coeficiente de correlación es igual a 0.881291, indicando una correlación positiva y una relación moderadamente fuerte entre las variables estudiadas en el presente trabajo. Puesto que el valor de $p < 0.05$, hay indicación de una posible correlación serial con un nivel de confianza del 95%. Estos resultados son similares a los de Michell (1982), quien informó que las pasturas son más erectas en el momento de la maduración (producción de semillas) dando como resultado un aumento en el coeficiente de correlación que puede llegar hasta un 0.945268.

Según Pérez (2017), las diferencias que se pueden encontrar entre las ecuaciones obtenidas en otros estudios, en comparación con el presente trabajo, puede deberse a las variaciones que existen en cuanto a estructura y

conformación de las praderas que se están estudiando, ya que cuando las ecuaciones tienen una menor pendiente y un menor intercepto es por un fenómeno de baja densidad, que combinado con un menor número de macollos por unidad de área, principalmente debido al manejo al que han sido sometidas las diferentes praderas generan este tipo de resultados.

Según lo reportan White y Hodgson (1999), García *et al.* (2017), Pérez (2017) y Vergara (2016), la diferencia obtenida en el estudio realizado en cuanto a la disponibilidad de MS Ha⁻¹ se debe principalmente al tipo de manejo que han recibido las pasturas mediante el pastoreo y a los procesos de fertilización y enmiendas que han recibido los potreros, lo que genera que la densidad de la pradera aumente como resultado de un mayor número de macollos por m².

En la ecuación obtenida se presenta un valor de R² moderadamente alto, mostrando una confiabilidad para la predicción de materia seca a partir de ella. Parga (2003), señala que la relación que existe entre la biomasa y la altura varía entre las diferentes estaciones del año. Esto coincide con diversos autores como Rayburn (1997) y Lile *et al.* (2001), que obtuvieron diferencias en las ecuaciones de calibración para este instrumento en distintas épocas del año. Es importante destacar que la ecuación generada en este trabajo presenta gran diferencia con la ecuación suministrada por los fabricantes del plato forrajero, ya que según White y Hodgson (1999), es $y = 158 * X + 200$, la cual estima una menor disponibilidad de materia seca por hectárea Kg MS Ha⁻¹, esto se debe a que la ecuación hallada en este trabajo es sobre otro tipo de gramínea de crecimiento estolonífero (kikuyo) y no sobre praderas de ryegrass las cuales presentan menor densidad. Es decir, a una misma altura comprimida por el plato, las praderas de ryegrass presentan menor disponibilidad de materia seca que las praderas de kikuyo.

IV. Conclusiones

Los resultados de este estudio demostraron que el plato forrajero es una herramienta útil en la predicción de materia seca por hectárea en praderas de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) renovadas o naturales para pre y post-

pastoreo y en diferentes épocas del año utilizándose la ecuación generada con una precisión del 78%. Los rendimientos altos de Kg MS Ha⁻¹ reportados por la ecuación son concordantes con las características morfológicas de la especie como son acumulación de material senescente y crecimiento estolonífero. La altura de corte (a ras de suelo) en que se llevó a cabo la calibración, es un factor influyente en la determinación de MS dado por las diferencias existentes entre la fitomasa de pre-pastoreo (12.705 Kg MS/Ha⁻¹) y post-pastoreo (7.640 Kg MS/Ha⁻¹), siendo un 40% la fitomasa residual.

Conflictos de intereses

El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados

Referencias

- Araya-Mora, M., & Boschini-Figueroa, C. (2005). Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 16(1), 37-43. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v16i1.5180>.
- Balocchi, O., Pulido, R., & Merino, V. (2013). Oferta diaria de pradera: Efecto sobre el rendimiento y calidad de la pradera y sobre la producción de leche por vaca y por hectárea. *Agro Sur*, 41, 9-16.
- Macías Ferreira, R., & Clavijo Villamizar, E. (2015). Efecto de dos disponibilidades de pradera sobre la tasa de sustitución al ofrecer alimentos balanceados en vacas lecheras. Tesis de pregrado, Universidad de la Salle, Bogotá D.C., Colombia.
- Fonseca, C., Balocchi, O., Keim, J. P., & Rodríguez, C. (2016). Efecto de la frecuencia de defoliación en el rendimiento y composición. *Agro Sur*, 44(3), 67-76.
- Fulkerson, W. J., & Slack, K. (1993). Estimating mass of temperate and tropical pastures in the subtropics. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 33(7), 865–869. DOI: <https://doi.org/10.1071/EA9930865>.
- García, F. A. L., Miranda, J. A., & Borge, W. A. C. (2017). Producción y calidad de forraje con enmiendas orgánicas en pastura (*Brachiaria Brizantha*), en la Costa Caribe Sur de Nicaragua. *Revista Universitaria del Caribe*, 18(1), 83–90. DOI: <https://doi.org/10.5377/ruc.v18i1.4810>.
- Li, G. D., Helyar, K. R., Castleman, L. J., Norton, G., & Fisher, R. P. (1998). The implementation and limitations of using a falling plate meter to estimate pasture yield. En *Proceedings of the 9th Australian Agronomy Conference*, pp. 322-325.
- Lile, J. A., Blackwell, M. B., Thomson, N. A., Penno, J. W., Macdonald, K. A., Nicholas, P. K., ... Coulter, M. (2001). Practical use of the rising plate meter (RPM) on New Zealand dairy farms. En *Proceedings of the Conference-New Zealand Grassland association*, pp. 159-164.
- Linares Peñuela, C. M., & Cárdenas Jeréz, J. A. (2015). Calibración del rising plate meter para estimular la disponibilidad de materia seca en praderas mixtas lolium perenne-pennisetum clandestinum, en el municipio de Cota, Cundinamarca. Tesis de pregrado, Universidad de la Salle, Bogotá D.C., Colombia.
- López Caiza, V. C. (2018). *Eficiencia de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje en pastos perennes*. Tesis de pregrado, Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Michell, P. (1982). Value of a rising-plate meter for estimating herbage mass of grazed perennial ryegrass-white clover swards. *Grass and Forage Science*, 37(1), 81-87. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1982.tb01580.x>.
- Parga, J. (2003). Utilización de praderas y manejo de pastoreo. *Seminario hagamos de la lechería un mejor negocio*. Instituto de investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación Remehue. Osorno, Chile.
- Pérez Argoti, M. D. (2017). *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*. Tesis de pregrado, Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Rayburn, E. B. (1997). An acrylic plastic weight plate for estimating forage yield. *West Virginia University Extension Service*.
- Vergara, J. J. S. (2016). Las praderas, sus asociaciones y características: una revisión. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 2(1), 1-11.
- White, J., & Hodgson, J. G. (1999). *New Zealand pasture and crop science*. Oxford University Press.