

Evaluación de dos métodos para estimar la disponibilidad de materia seca en praderas mixtas en la región Amazonas, Perú

Evaluation of two methods for estimating dry matter availability in mixed pastures in the Amazon region, Peru

Walter Mas-Portocarrero¹<http://orcid.org/0000-0002-5105-6587>, Erik Cuzco-Mas²<https://orcid.org/0000-0001-7424-7098>, Marco Antonio Mathios-Flores³<https://orcid.org/0000-0003-2686-9612> y Carlos Darwin Angulo-Villacorta^{2,3,4*}<https://orcid.org/0000-0002-7158-095X>

¹Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM-A). Calle Higos Urco No. 342-350-356, Calle Universitaria No. 304 Chachapoyas, Perú. ²Estación Experimental Agraria San Ramón, Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario-Dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Av. Carretera Yurimaguas-San Ramón km 3.5, 16501, Yurimaguas-Loreto 25001, Perú. ³Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas (UNAAA), Facultad de Zootecnia, Agronomía, Ciencias Biológicas y Acuicultura. Prolongación Libertad 1220-1228. Yurimaguas-Loreto 25001, Perú. ⁴Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical, Rod. Juscelino Kubitschek S/N, Jardim Marco Zero, Macapá-AP, 68902-280, Brasil. Correo electrónico: waltermas17@gmail.com, mathiosflores@hotmail.com, ercos994@gmail.com, cangulovillacorta@gmail.com*

Resumen

Objetivo: Evaluar dos métodos para estimar la disponibilidad de materia seca en praderas mixtas en la región Amazonas, Perú.

Materiales y Métodos: Se usó el método tradicional y el de capacitancia electrónica con el equipo *Grass Master Pro*. Se utilizó un diseño en bloques, completamente al azar, con dos fuentes de variación: cinco praderas, tres períodos de evaluación (20, 40 y 60 días) y el promedio de 15 unidades de observación por pradera. Se realizó un análisis de varianza y comparaciones múltiples de promedios mediante la prueba de Tukey: 5 % de probabilidad para comparar la existencia de diferencias significativas entre las medias. Asimismo, se usó regresión lineal y polinómica para estimar la relación entre los dos métodos. Para el procesamiento y análisis de datos, se usó el programa estadístico R.

Resultados: Los valores de materia seca reales se obtuvieron mediante el método de cuadrante. El método tradicional y el de capacitancia electrónica presentan diferencias significativas ($p < 0,05$). La disponibilidad de materia seca por el método tradicional fue de 3 530,3 kg de MS/ha y por el de capacitancia 3 942,4 kg de MS/ha. Con la regresión lineal se obtuvo un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,87$ y con la regresión polinómica de $R^2 = 0,93$.

Conclusiones: El método de capacitancia electrónica informó mediciones promedio de materia seca en la pradera, significativamente superiores al método tradicional, y dejó ver las características deseables y concordantes para su uso en la actividad ganadera.

Palabras clave: carga ganadera, ganadería, praderas

Abstract

Objective: To evaluate two methods to estimate dry matter availability in mixed pastures in the Amazon region, Peru.

Materials and Methods: The traditional method and the electronic capacitance method with Grass Master Pro equipment were used. A complete randomized block design was used, with two sources of variation: five pastures, three evaluation periods (20, 40 and 60 days) and the average of 15 observation units per pasture. A variance analysis and multiple comparisons of means were performed using Tukey's test: 5 % probability to compare the existence of significant differences among means. Linear and polynomial regression were also used to estimate the relationship between the two methods. For data processing and analysis, the statistical program R was used.

Results: Actual dry matter values were obtained using the quadrat method. The traditional method and the electronic capacitance method showed significant differences ($p < 0,05$). Dry matter availability by the traditional method was 3 530,3 kg DM/ha and by the capacitance method 3 942,4 kg DM/ha. With the linear regression, a determination coefficient of $R^2 = 0,87$ was obtained and with the polynomial regression, of $R^2 = 0,93$.

Conclusions: The electronic capacitance method reported average dry matter measurements in the pasture, significantly higher than the traditional method, and showed desirable and concordant characteristics for its use in animal husbandry activity.

Keywords: stocking rate, animal husbandry, pastures

Recibido: 03/10/2022

Aceptado: 04/11/2022

Como citar este artículo: Mas-Portocarrero, Walter; Cuzco-Mas, Erik; Mathios-Flores, Marco Antonio & Angulo-Villacorta, Carlos Darwin. Evaluación de dos métodos para estimar la disponibilidad de materia seca en praderas mixtas en la región Amazonas, Perú. *Pastos y Forrajes*. 45: eE24, 2022.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>. El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

Introducción

Según referencias de Lerma-Lasso *et al.* (2020), el mayor porcentaje de tierras agrícolas en el mundo se destina a la producción ganadera. En el Perú, se desarrolla en las tres regiones (Costa, Sierra y Selva), con características propias según cada tipo de crianza. La producción ganadera representa 40 % del ingreso bruto del país (MINAGRI, 2017). Los pastos son la fuente principal de alimentación para los rumiantes, y uno de los principales componentes de la ganadería (Santos *et al.*, 2021; Te Pas *et al.*, 2021). Sin embargo, poco se sabe sobre los métodos para estimar la disponibilidad de materia seca (MS) como fuente de alimento.

La región Amazonas tiene una población rural que, por lo general, depende económicamente de la agricultura y de la ganadería como principales fuentes de ingresos (Chizmar *et al.*, 2020). En las principales cuencas ganaderas, los pastizales manejados (sistemas silvopastoriles y forrajes) y naturales se basan en la alimentación con asociaciones de *Lolium multiflorum* Lam. (rye grass) y *Trifolium repens* L. (trébol blanco) (Oliva-Cruz, 2016). Estas asociaciones de gramíneas y leguminosas constituyen una fuente barata y confiable para la alimentación de las vacas lecheras y aumentan la producción animal, además de asegurar una buena rentabilidad en la ganadería (Dickhoefer *et al.*, 2018). Específicamente en el distrito de Molinopampa, la producción ganadera es la principal fuente de ingreso económico de los pobladores, siendo la más extensa de la región Amazonas, en lo que respecta a la producción de pastos, en su mayoría se trata de asociaciones de *L. multiflorum* + *T. repens* (Oliva-Cruz *et al.*, 2016; Rojas-Briceño *et al.*, 2020).

La necesidad de evaluar el rendimiento de materia seca (MS) en las asociaciones de pastos, cultivados comúnmente en el distrito, surge debido a que los productores ganaderos no valoran la disponibilidad de MS de sus praderas, indicador que permite ajustar los sistemas y establecer los criterios de manejo de las pasturas (Hepp *et al.*, 2017), así como determinar la eficiencia energética y de nutrientes (Rombach *et al.*, 2019). Asimismo, por la importancia de conocer las bondades de los pastos, de modo que cubran los requerimientos nutricionales de los animales, permite determinar la carga animal por hectárea.

Existen varias técnicas para determinar la disponibilidad de MS en los pastizales mediante métodos directos e indirectos (Serrano *et al.*, 2020; Cruz

et al., 2021). Una técnica fácil y confiable para la evaluación es la capacitancia electrónica mediante el uso del equipo *Grass Master Pro*, que se consideraba un método indirecto. Este equipo, generalmente compuesto por un circuito electrónico, produce una señal de cierta frecuencia, y luego realiza una medición de la capacitancia de la mezcla aire-hierba (Serrano *et al.*, 2020).

Con esta técnica, el productor podría conocer la carga animal por pradera y la edad correcta de pastoreo. De este modo se puede dar un uso más eficiente a la pradera. También es de uso común el método del cuadrante (metro cuadrado), conocido como método tradicional, que se considera como un método directo. Este es de un costo elevado, es destructivo, laborioso y lento para obtener las propiedades de la biomasa a una alta densidad de muestreo (López-Guerrero *et al.*, 2011; Cruz *et al.*, 2021).

Los pastos naturales y mejorados constituyen un factor fundamental en la producción ganadera, y es necesario conocer la disponibilidad de MS en los pastizales. Ello se logra mediante la utilización de los métodos de muestreo existentes.

Por todo lo expuesto, el objetivo de este estudio fue evaluar dos métodos para estimar la disponibilidad de materia seca en praderas mixtas en la región Amazonas, en Perú.

Materiales y Métodos

El presente estudio se realizó en el centro poblado Santa Cruz del Tingo, ubicado en el distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas, al sur de la región de Amazonas, en la zona nororiental del Perú (6° 13' 25.134" de latitud Sur y 77° 37' 15.095" de longitud Oeste), entre altitudes de 2 300 a 2 500 msnm (fig. 1), con temperatura promedio de 16 °C y precipitación promedio de 1 200 mm/año (Oliva-Cruz *et al.*, 2018; Huaman *et al.*, 2018).

Para comparar la disponibilidad de MS entre los dos métodos de evaluación, se utilizó un diseño en bloques completamente al azar con el modelo lineal aditivo con dos fuentes de variación (cinco praderas y tres períodos de evaluación como intervalos (20, 40 y 60 días). Sirvieron de muestra cinco unidades (15 muestras por cada bloque). La selección de la muestra fue a criterio, es decir, se tuvo en cuenta que la pradera tuviera una cobertura homogénea de *L. multiflorum* (rye grass) + *T. repens* (trébol blanco), como también el período de descanso (20, 40 y 60 días después del pastoreo).

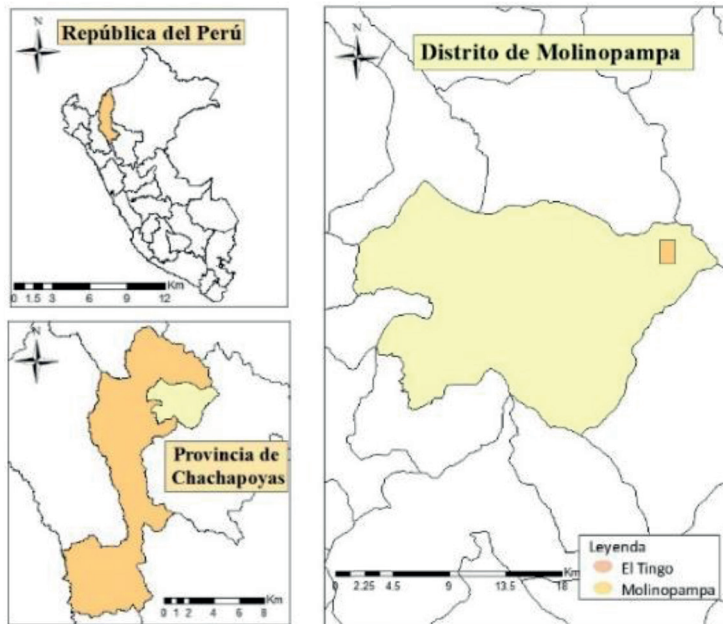


Figura 1. Localización del área de estudio.

El método directo (tradicional) se utiliza en trabajos de investigación, debido a que permite comparar la cantidad real de MS con un método indirecto o no destructivo (Canseco *et al.*, 2007). Para las evaluaciones, se utilizó un marco cuadrado (0,5 x 0,5 m). La ubicación del sitio de muestreo consistió en lanzar al azar el marco de tubo PVC de ½ pulgada sobre la pradera. Posteriormente, se procedió a cortar a 3 cm del suelo toda la materia que se encontró en el cuadrado (Serrano *et al.*, 2011). Se recolectó el forraje cortado en bolsas plásticas y las muestras se rotularon (fecha, nombre o número del potrero, número de la muestra).

Para el análisis de MS, las muestras se llevaron al laboratorio de nutrición animal y bromatología de los alimentos, de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM). Para la determinación de este indicador, se utilizaron estufas de ventilación forzada, a temperatura de 105 °C durante 24 horas, hasta obtener peso constante. Para el cálculo se usó la fórmula siguiente:

$$MS = \frac{\text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

Para el método de capacitancia electrónica, se utilizó el medidor comercial *Grass Master Pro*, con una sonda que se extiende en los pastos. Es fácil de usar, equipado con un procesador electrónico, y un indicador que muestra la disponibilidad de materia seca (Serrano *et al.*, 2011; Serrano *et al.*, 2016). Con

este equipo se puede determinar la disponibilidad de forraje de hasta 200 potreros, con un máximo de 250 lecturas por potrero (López-Guerrero *et al.*, 2011).

El equipo *Grass Master Pro* se colocó de manera horizontal, a 50 centímetros del suelo, con la finalidad de que se encontrara lejos de los pies del lector o de cualquier objeto que pudiera obstaculizar la lectura, debido a que este instrumento envía mediante una manguera una carga eléctrica a través del forraje con una frecuencia de 1 500 Hz (Teuber, 2004). Una vez finalizada la lectura, el instrumento estuvo listo para iniciar la caminata, siguiendo un padrón de manera aleatoria. Para realizar el muestreo, se posicionó el bastón tocando el suelo, y se aplicó una pequeña fuerza para indicar al equipo que tomara la lectura. Después se levantó el instrumento hasta el próximo punto. Este procedimiento se realizó hasta cumplir las 150 muestras que se colectaron en este estudio.

Para comprobar la normalidad y homogeneidad de los datos, se utilizó la prueba *Shapiro-Wilk* y *Levene*, respectivamente (Zar, 1999). Una vez atendidos estos supuestos, se procedió con el análisis de varianza. Se aplicó la prueba de *Tukey* (Tukey's HSD) para determinar las diferencias estadísticas entre las medias obtenidas por ambos métodos. Posteriormente, se realizó análisis de regresión lineal y polinómica. Los datos se sometieron a una prueba de comparación entre el valor real de MS obtenido

con el método tradicional y los datos registrados con el *Grass Master Pro*. Los resultados se presentaron mediante tablas y gráficos de regresión lineal simple y polinómica. Los análisis se realizaron con ayuda del programa estadístico R-versión 4.1.2 (R Core Team, 2021).

Resultados y Discusión

En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis de varianza. Hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las variables (período de evaluación, pradera y método usado).

La comparación múltiple con un alfa del 5 % indicó que hubo diferencias significativas entre las mediciones con la aplicación del método de capacitancia electrónica y las obtenidas por el método del cuadrante. Serrano *et al.* (2016) manifestaron que el método de capacitancia es crucial en la evaluación de la masa de los pastos, debido a que se obtienen datos confiables en los muestreos. La disponibilidad de MS por el método tradicional fue de 3 530,3 kg de MS/ha, y por el de capacitancia electrónica de 3 942,4 kg de MS/ha (tabla 2). Esto demostró que entre los métodos de evaluación hubo diferencias significativas ($p = 0,0002$).

En praderas mixtas, en lo que respecta a kg de MS/ha, los resultados mostraron a partir de la prueba de Duncan, que el método de capacitancia electrónica con el equipo *Grass Master Pro* fue el que informó una medida promedio mayor que el método tradicional, con diferencia de 412,1 kg de MS. En esta diferencia pudo influir la metodología utilizada en el momento de procesar las muestras con el método del cuadrante.

En los intervalos de evaluación realizados en este estudio (tabla 3), se evidenciaron diferencias

significativas ($p < 0,05$) y se obtuvo la mayor cantidad de MS en praderas con 60 días de descanso pos-pastoreo. Estas diferencias notorias en cada intervalo de evaluación se pueden deber a diferentes condiciones de fertilidad del suelo y al clima (Serrano *et al.*, 2020), que no son muy favorables en el distrito de Molinopampa, donde hay lluvias constantes durante todo el año.

Estos intervalos de días de evaluación ayudan a conocer la edad más adecuada de los pastos para el cálculo de MS. En este estudio, las evaluaciones del cálculo de MS se realizaron a los 20, 40 y 60 días después del pastoreo (tabla 3).

El promedio de MS a los 40 días se halla en el rango informado por Villalobos y Sánchez (2010), quienes en su investigación indicaron que a los 45 días se obtiene como promedio 3 787 kg de MS/ha en *L. multiflorum*. Vázquez *et al.* (2017) informaron 4 200 kg de MS/ha a los 36 días de evaluación, lo que evidencia una diferencia notable. Estos autores coinciden en que las características ambientales influyen en la producción de MS de los forrajes. La edad fenológica es fundamental en la materia del forraje, y tiene una relación directa con la climatología de la zona de estudio.

En este estudio, los resultados mediante las regresiones (lineal y polinómica) indicaron que la disponibilidad de MS kg/ha entre el método del cuadrante y la capacitancia electrónica con equipo mostró una correlación positiva, con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,87$. Esto indica que 87 % de la variabilidad de los datos obtenidos entre los métodos se explica (fig. 2).

Para corroborar la información obtenida, López-Guerrero *et al.* (2011) reportaron valores de $R^2 = 0,72$ a 0,89. Sin embargo, no obtenidos diferencias significativas ($p = 0,815$). Murphy *et al.*

Tabla 1. Análisis de varianza para la materia seca.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Valor - p
Modelo	7	3511068,83	0,0001***
Período de evaluación	2	10971248,98	0,0001***
Pradera	4	340388,41	0,0034**
Método	1	1273430,22	0,0002***
Error	22	62910,94	

Tabla 2. Materia seca, según cada método de evaluación (kg de MS/ha).

Método	Media	N	Valor - p
Cuadrante	3 530,4	15	0,0002
Capacitancia electrónica	3 942,4	15	

Tabla 3. Contenido de materia seca por día de evaluación (kg/ha).

Evaluación [‡]	Media ¹	N	Valor - p
20 días	2 795,9 ^a	10	0,0001
40 días	3 548,1 ^b	10	
60 días	4 865,2 ^c	10	

Las letras iguales indican diferencias no significativas ($p < 0,05$)

[‡]días después del pastoreo

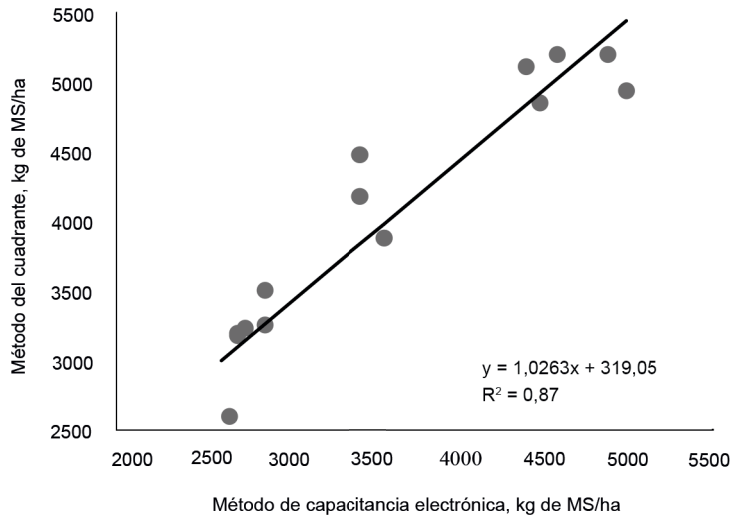


Figura 2. Relación lineal de la disponibilidad de materia seca entre el método del cuadrante y el de capacitancia electrónica.

(1995) hicieron una comparación de un cuadrante con un medidor de capacitancia, y obtuvieron un coeficiente de correlación de 0,65. Mientras que, en la investigación de Jones *et al.* (1977) se informaron valores de 0,57 a 0,75. Martín *et al.* (2005) refirieron valores inferiores a 0,63 en pasturas de pastoreo. En la presente investigación se halló un alto grado de significancia entre ambos métodos ($p < 0,05$).

La regresión polinómica ajustada para ambos métodos corresponde a $y = -0,0005x^2 + 4,8177x - 6370,5$, con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,93$ (figura 3). Esto indica que 93 % de la variabilidad de los datos explican los métodos evaluados.

López-Guerrero *et al.* (2011) refieren su modelo lineal de $Y = 1,240 + 13,8 X$, con coeficiente de determinación de $R^2 = 0,86$. Teuber (2004) obtuvo un $R^2 = 57,4$ %. Estos autores concluyeron que el uso de la capacitancia electrónica es útil para monitorear las pasturas al hacer muestreos intensivos. Sin embargo, Millapán (2006) menciona que el método del cuadrante brinda mayor exactitud para el cálculo

de forraje y en áreas menores. Estas variaciones se deben, básicamente, a la calibración del equipo en el momento del muestreo, al tipo de forraje y a las condiciones ambientales, principalmente a la temperatura y la humedad (Murphy *et al.*, 1995; Pérez-Argotti, 2017).

Ambos métodos presentan ventajas y desventajas. El método del cuadrante es más barato económicamente, en comparación con el de la capacitancia electrónica y el uso del medidor comercial Grass Master Pro. Para el método del cuadrante, además del cuadrado, son necesarias otras herramientas complementarias para el corte y pesado del forraje, como la balanza portátil y las tijeras de corte (Santos *et al.*, 2021). Estas herramientas son muy accesibles y fáciles de conseguir. El medidor comercial Grass Master Pro en su versión actual costaría un promedio de 1 150 dólares americanos (Serrano *et al.*, 2020). Esta desventaja hace que este equipo sea de difícil accesibilidad para pequeños ganaderos independientes.

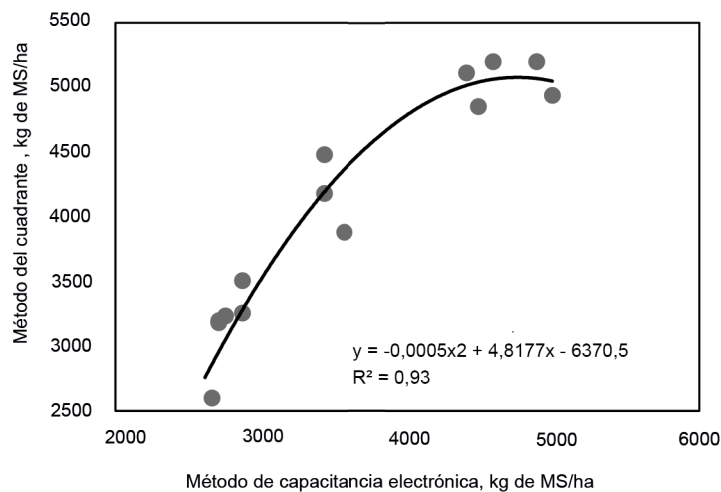


Figura 3. Relación polinómica de la disponibilidad de materia seca entre el método del cuadrante y el método de capacitancia electrónica.

Conclusión

El método de la capacitancia electrónica es recomendable para la evaluación de la MS de las pasturas con potreros de áreas extensas, por su eficiencia en la rapidez del procesamiento de las muestras, la obtención de los resultados y la disminución de la mano de obra, a diferencia del método del cuadrante, que demanda mayor tiempo y mano de obra.

Agradecimientos

Se agradece al laboratorio de agua y suelos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM).

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos.

Contribución de los autores

- Walter Mas-Portocarrero. Diseño y montaje de la investigación, curación de datos.
- Erik Cuzco-Mas. Curación de datos y primera redacción.
- Marco Antonio Mathios-Flores. Redacción y revisión del manuscrito.
- Carlos Darwin Angulo-Villacorta. Análisis e interpretación de los datos, redacción y revisión del manuscrito.

Referencias bibliográficas

Canseco, C.; Demanet, R.; Balocchi, O.; Parga, J.; Anwandter, V.; Abarzúa, A. *et al.* En: N. Teuber, O. Balocchi y J. Parga. Eds. *Determinación de*

la disponibilidad de materia seca de praderas en pastoreo. Manejo del pastoreo. Osorno, Chile: Imprenta América. p. 23-49. <https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/2080/Manejo%2526%2523095%253BPastoreo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2007.

Chizmar, Stephanie; Bernal, W.; Rivera, R.; Castillo, M.; Pizarro, D.; Sills, E. *et al.* A discounted cash flow and capital budgeting analysis of silvopastoral systems in the Amazonas region of Peru. *Land*. 9 (10):353, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/land9100353>.

Cruz, N. T.; Jardim, R.; Pires, A. J. V.; Fries, Daniela D. & Ramos, Bárbara L. P. Métodos de avaliação em pastagens com ou sem animais. *PUBVET*. 15 (12):a995, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v15n12a995.1-18>.

Dickhoefer, U.; Glowacki, S.; Gómez, C. A. & Castro-Montoya, J. M. Forage and protein use efficiency in dairy cows grazing a mixed grass-legume pasture and supplemented with different levels of protein and starch. *Livest. Sci.* 216:109-118, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.08.004>.

Hepp, C.; Reyes, Camila; Soto, R.; Cáceres, E.; Barattini, P. & Juárez, D. *Determinación de la disponibilidad de materia seca en praderas a pastoreo en la Patagonia Húmeda (región de Aysén)*. (Eds. C. Hepp y C. Reyes). Coyhaique, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA Tamel Aike. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6613>, 2017.

Huaman, L.; Vásquez, H. & Oliva, M. Fertilizantes orgánicos en la producción de pastos nativos en

- Molinopampa, Amazonas-Perú. *Rev. de investig. agroproducción sustentable*. 2 (3):17-22, 2018. DOI: <http://doi.org/10.25127/aps.20183.399>.
- Jones, R. M.; Sandland, R. L. & Bunch, G. A. Limitations of the electronic capacitance meter in measuring yields of grazed tropical pastures. *Grass Forage Sci.* 32 (2):105-113, 1977. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1977.tb01420.x>.
- Lerma-Lasso, J. L.; Meneses-Buitrago, D. H.; Ruiz-Eraso, H.; Chañag-Miramag, H. A.; Ojeda-Jurado, H. & Castro-Rincón, E. Evaluación de métodos de renovación de praderas en el trópico alto de Nariño, Colombia. *Pastos y Forrajes*. 43 (2):120-126. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=2161>, 2020.
- López-Guerrero, I.; Fontenot, J. P. & García-Peniche, Teresa B. Comparaciones entre cuatro métodos de estimación de biomasa en praderas de festuca alta. *Rev. mex. de cienc. pecuarias*. 2 (2):209-220. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242011000200008&lng=es, 2011.
- Millapán, L. O. *Estimación de biomasa aérea en pasturas templadas de sistemas lecheros pastoriles*. Trabajo final presentado para acceder al título de Especialista en Producción Lechera en Sistemas Argentinos, Área Producción Animal. Buenos Aires: Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/especializacion/2014millapanluisorlando.pdf>, 2006.
- MINAGRI. *Plan ganadero provincial*. Perú: Ministerio de la Agricultura y Riego, 2017.
- Murphy, W. M.; Silman, J. P. & Mena-Barreto, A. D. A comparison of quadrat, capacitance meter, HFRO sward stick, and rising plate for estimating herbage mass in a smooth-stalked, meadowgrass-dominant white clover sward. *Grass Forage Sci.* 50 (4):452-455, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1995.tb02340.x>.
- Oliva-Cruz, S. M.; Collazos, R.; Vigo-Mestanza, Carmen N. & Maicelo, J. L. Factores que influyen en la adopción de tecnologías silvopastoriles con la especie nativa *Alnus acuminata* (aliso). *Agrociencia (Uruguay)*. 22 (2):113-121, 2018. DOI: <https://doi.org/10.31285/agro.22.2.9>.
- Oliva-Cruz, S. M.; Collazos-Silva, R.; Goñas-Más, Mixis; Bacalla, Evelyn; Vigo-Mestanza, Carmen; Vásquez-Pérez, H. *et al.* Efecto de los sistemas de producción sobre las características físico-químicas de los suelos del distrito de Molinopampa, provincia de Chachapoyas, región Amazonas. *Rev. Indes*. 2 (1):44-52, 2016. DOI: <http://doi.org/10.25127/indes.201401.005>.
- Oliva-Cruz, S. M. *Influencia de factores socioeconómicos y ambientales sobre la adopción de tecnologías silvopastoriles por productores ganaderos, distrito de Molinopampa, Amazonas, Perú*. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Innovación Agraria para el Desarrollo Rural. Lima: Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Agraria la Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2215/E90-O4-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2016.
- Pérez-Argotti, M. D. *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*. Informe final de investigación presentado como requisito para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista. Quito: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9346>, 2017.
- R Core Team. *R Core Team. R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>, 2021.
- Rojas-Briceño, N. B.; Barboza-Castillo, E.; Gamarra-Torres, O. A.; Oliva, M.; Leiva-Tafur, Damaris; Barrera-Gurbillón, M. Á. *et al.* Morphometric prioritization, fluvial classification, and hydrogeomorphological quality in high Andean livestock micro-watersheds in Northern Peru. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 9:305, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi9053035>.
- Rombach, M.; Südekum, K.-H.; Münger, A. & Schori, F. Herbage dry matter intake estimation of grazing dairy cows based on animal, behavioral, environmental, and feed variables. *J. Dairy Sci.* 102 (4):2985-2999, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14834>.
- Santos, Adriane P. da S. dos; Pires, A. J. V.; Fries, Daniela D.; Dias, D. L. S.; Bonomo, P.; Jardim, Renata R. *et al.* Métodos de avaliação de pastagem: uma breve revisão. *Res., Soc. Dev.* 10 (16):e52101622864, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i16.22864>.
- Serrano, J.; Shahidian, S.; Moral, F.; Carvajal-Ramirez, F. & Silva, J. M. da. Estimation of productivity in dryland Mediterranean pastures: Long-term field tests to calibration and validation of the Grassmaster II probe. *AgriEngineering*. 2:240-255, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriengineering2020015>.
- Serrano, J.; Shahidian, S. & Silva, J. M. da. Calibration of grassmaster II to estimate green and dry matter yield in Mediterranean pastures: effects of pasture moisture content. *Crop Pasture Sci.* 67 (7):780-791, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1071/CP15319>.

- Serrano, J. M.; Peça, J. O. & Silva, J. M. da. Calibration of a capacitance probe for measurement and mapping of dry matter yield in Mediterranean pastures. *Precision Agric.* 12 (6):860–875, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-011-9227-4>.
- Te Pas, M. F. W.; Veldkamp, T.; Haas, Yvette de; Bannink, A. & Ellen, Esther D. Adaptation of livestock to new diets using feed components without competition with human edible protein sources a review of the possibilities and recommendations. *Animals (Basel)*. 11 (8):1-27, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11082293>.
- Teuber-Gebauer, O. P. *Evaluación de los métodos de altura comprimida y capacitancia electrónica para estimar la disponibilidad de forraje en praderas de pastoreo*. Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Agronomía. Valdivia, Chile: Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía, Universidad Austral de Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fag293e/pdf/fag293e.pdf>, 2004.
- Vásquez, H. V.; Quilcate, C. & Oliva, M. Evaluación de quince variedades de gramíneas forrajeras para el mejoramiento alimenticio del ganado bovino en la cuenca ganadera Florida. *RICBA*. 1 (1):69-75, 2017. DOI: <https://doi.org/10.25127/ricba.201701.009>.
- Villalobos, L. & Sánchez, J. Ml. 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. *Agron. Costarricense*. 34 (1):31-42. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100003&lng=en&tlng=es, 2010.
- Zar, J. H. *Biostatistical analysis*. Upper Saddle River, USA: Prentice Hall, 1999.