



MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE FORRAJE EN ASOCIACIONES DE PASTO OVILLO, BALLICO PERENNE Y TRÉBOL BLANCO

FORAGE ESTIMATION METHODS IN ASSOCIATIONS OF OVILLO GRASS, PERENNIAL RYEGRASS AND WHITE CLOVER

Adelaido Rafael Rojas-García¹, Herminio Aniano-Aguirre², Paulino Sánchez Santillan¹, Joel Ventura Ríos³, Ramiro Maldonado Peralta⁴, Delfina Salinas Vargas⁴ y María de los Ángeles Maldonado Peralta^{1*}

¹Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No 2, Cuajinicuilapa, Guerrero, México. ²Tecnológico Nacional de México (TecNM), Instituto Tecnológico de Pinotepa, Pinotepa Nacional, Oaxaca, México. ³Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Producción Animal, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. ⁴TecNM, Instituto Tecnológico Superior de Guasave, Ejido El Burrioncito, Guasave, Sinaloa, México.

* Autor de correspondencia (mmaldonado@uagro.mx)

RESUMEN

El pastoreo debe administrarse según la pradera; para ello, se debe contar con técnicas que estimen la disponibilidad del forraje, la calidad y la posterior recuperación de esta. El objetivo de esta investigación fue evaluar los métodos indirectos de regla y plato ascendente y su relación con el método directo del cuadrado fijo en asociaciones de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco. Los tratamientos consistieron en las siguientes asociaciones (%): 20-40-40, 00-50-50, 40-20-40, 50-00-50, 20-70-10, 70-20-10, 100-00-00, 40-40-20 de ovillo (Ov), ballico perenne (Ba) y trébol blanco (Tr). Las variables evaluadas fueron: rendimiento de forraje con el cuadro fijo, altura de regla y plato ascendente en dos años de evaluación. Al margen de las asociaciones se obtuvo el siguiente orden ascendente en las estaciones en la altura con la regla: primavera > verano > otoño > invierno con 37 > 23 > 17 > 15 (P > 0.05). La asociación con mayor altura con el plato ascendente fue variable al margen de la estación del año. En primavera fueron 40-20-40, 20-40-40 y 70-20-10 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco con 29 cm, en verano fue 50-00-50 con 19 cm, en otoño 20-40-40 con 18 cm y en invierno 20-70-10 con 12 cm (P = 0.05). Tanto en el método de la altura con regla y plato ascendente como con el método de cuadro fijo existió una tendencia lineal y la mayor relación, con R² de 0.8059 (P > 0.001), fue el método de la regla y la menor, con R² de 0.7213 (P > 0.05), fue la del plato ascendente. En conclusión, existió mayor relación en el rendimiento de forraje del cuadro fijo con el método de altura con la regla y menor con el plato ascendente.

Palabras clave: Altura con regla, asociaciones, cuadrado fijo, plato ascendente, rendimiento.

SUMMARY

Grazing must be managed according to the meadow; for it, it is necessary to have techniques that estimate forage availability, quality and its subsequent recovery. The objective of this research was to evaluate the indirect methods of rule and ascending plate and their relationship with the direct method of the fixed square in associations of ovillo grass, perennial ryegrass and white clover. Treatments consisted of the following associations (%): 20-40-40, 00-50-50, 40-20-40, 50-00-50, 20-70-10, 70-20-10, 100-00-00, 40-40-20 of ball (Ov), perennial ryegrass (Ba) and white clover (Tr). The evaluated traits were: forage yield with the fixed frame, rule height and ascending plate in two years of evaluation. Apart from the associations, the following ascending order was obtained in the seasons at the height with the rule: spring > summer > autumn > winter with 37 > 23 > 17 > 15 (P > 0.05). The association with

greater height with the ascending plate was variable regardless of the season of the year. In spring were 40-20-40, 20-40-40 and 70-20-10 of ball grass, perennial ryegrass and white clover with 29 cm, in summer was 50-00-50 with 19 cm, in autumn 20-40-40 with 18 cm and in winter 20-70-10 with 12 cm (P = 0.05). Both, in the height method with the ruler and ascending plate as in the fixed frame method there was a linear trend, and the highest relationship, with R² of 0.8059 (P > 0.001), was the rule method, and the lowest, with R² 0.7213 (P > 0.05), was the ascending plate. In conclusion, there was a greater relationship in the forage yield of the fixed frame with the method of height with the rule and less with the ascending plate.

Keywords: associations, fixed square, rising plate, ruler height, yield.

INTRODUCCIÓN

La ganadería en México provee ingresos económicos a miles de pequeños productores, atenúa la pobreza y desnutrición, donde, el rápido crecimiento de la población exige intensificar su producción (Gerber *et al.*, 2013). Los forrajes son considerados la base de la alimentación animal, por lo que, al mejorar las prácticas de manejo en la pradera se aumenta la calidad y producción de los sistemas ganaderos (Rojas *et al.*, 2018).

El pastoreo debe administrarse según la pradera, para ello, se debe contar con técnicas que estimen la disponibilidad del forraje, la calidad y la posterior recuperación de ésta (Castro *et al.*, 2011). Existen diferentes métodos para medir la materia seca de los forrajes, el más común es el cuadrado fijo, que es el método directo para colectar el forraje fresco que es llevado al laboratorio para secado en estufas de aire forzado. Sin embargo, existen también métodos indirectos, como es la altura del plato ascendente y la regla, que permiten hacer mediciones rápidas no destructivas (Mendoza-Pedroza *et al.*, 2021; Cho *et al.*, 2019; Rayburn *et al.*, 2017).

Estudios hechos con el método de altura de regla

mostraron valores de R^2 mayores a 0.9 (Braga *et al.*, 2009; Castro *et al.*, 2011) y mejor ajuste y, por tanto, se esperaba mayor confiabilidad (Castillo *et al.*, 2009), siempre y cuando medien ajustes constantes (Ferrato *et al.*, 2012). Dougherty *et al.* (2013) mencionan que el método del plato permite una descripción adecuada de las características importantes del forraje a evaluar.

La calidad de la materia seca depende de la composición de especies, edad, estructura del forraje, estación del año y región (Litherland *et al.*, 2008). Tomando en cuenta que estos métodos son indirectos, los equipos deben calibrarse de acuerdo a las características mencionadas anteriormente. Investigaciones recomiendan el uso de estos métodos indirectos por su alta precisión y eficiencia en la gestión de las praderas (Castro *et al.*, 2011; Haultain *et al.*, 2014) en diferentes estaciones (Nobilly *et al.*, 2013), en especies como *Triticum aestivum* L., *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L., ya sea en corte o en pastoreo con ovejas (Bryant *et al.*, 2017) o asociados con frutales (Haultain *et al.*, 2014). El objetivo de la presente investigación fue comparar los métodos indirectos de altura con regla y plato ascendente con el método de cuadrado fijo en diferentes asociaciones de gramíneas con una leguminosa en dos años de evaluación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área experimental

La investigación se llevó a cabo de septiembre de 2012 a septiembre de 2014, en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, ubicado a 19° 29' de LN y 98° 53' de LO, a una altura de 2240 msnm. El clima es templado subhúmedo, con precipitación media anual de 636 mm y régimen de lluvias en verano (junio a octubre) y temperatura media anual de 15.2 °C (García, 2004). La textura del suelo se determinó en el Laboratorio de Nutrición Vegetal, S.C. en el 2011 y se identificó como suelo franco arenoso, con pH 8.4 y 3.5 % de materia orgánica.

En la Figura 1 se muestra el promedio de la temperatura máxima y mínima mensual en los dos años del experimento. La temperatura máxima osciló entre 20 y 27 °C en las estaciones de primavera y verano, en tanto que la temperatura mínima osciló entre 1 y 11.3 °C en otoño e invierno. La precipitación acumulada en el primer año fue 408.87 mm, con la mayor precipitación (269.65 mm, 66 %) en primavera-verano de 2013. La precipitación acumulada en el segundo año fue de 348.75 mm, con la mayor precipitación (261.44 mm, 75 %) en primavera-verano de 2014. En los meses sin precipitación, que abarcan las estaciones de otoño e invierno de ambos años,

se proporcionaron riegos a capacidad de campo cada dos semanas.

Manejo de las praderas

Las praderas fueron establecidas en febrero de 2010, realizando el mismo manejo de corte hasta la fecha que se realizó la evaluación. Los pastoreos fueron cada 4 semanas en primavera-verano y cada 5 y 6 semanas durante otoño e invierno, de acuerdo a las recomendaciones de Velasco *et al.* (2001) en pasto ovido (*Dactylis glomerata* L.), Velasco *et al.* (2005) en pasto ballico (*Lolium perenne* L.) y Ventura *et al.* (2020) en trébol blanco (*Trifolium repens* L.). La restricción de la leguminosa fue en un 10 y 50 % como mínimo y máximo. Los tratamientos consistieron en las siguientes asociaciones (%): 20-40-40, 00-50-50, 40-20-40, 50-00-50, 20-70-10, 70-20-10, 100-00-00, 40-40-20 de pasto ovido (Ov), ballico perenne (Ba) y trébol blanco (Tr). Los ocho tratamientos se distribuyeron al azar en 24 parcelas experimentales de 9 por 8 m.

La siembra de las gramíneas se hizo en hileras a 30 cm, mientras que la leguminosa fue sembrada en forma perpendicular con una distancia entre surcos de 30 cm, en densidades de 20, 30 y 5 kg ha⁻¹ para ovido, ballico perenne y trébol blanco, respectivamente. Las praderas no fueron fertilizadas y en la época de estiaje se aplicaron riegos a capacidad de campo cada dos semanas. Después de dos años y medio de la siembra en agosto de 2012 se realizó un pastoreo de uniformidad con ovinos de la raza Suffolk, cosechando aproximadamente a 5 cm sobre el nivel del suelo. Después, en las parcelas experimentales los pastoreos fueron con ovinos utilizados como defoliadores.

Variables evaluadas

Altura de regla y plato ascendente

Los métodos indirectos consisten en relacionar, mediante una regresión lineal, la altura del dosel vegetal con el rendimiento de materia seca estimada con el cuadro fijo. La altura de la planta se registró antes del corte con una regla y el plato ascendente (López *et al.*, 2011); se tomaron 20 lecturas al azar en toda la unidad experimental.

Rendimiento de materia seca por el cuadro fijo

El rendimiento de forraje en cada parcela se obtuvo en dos cuadros aleatorios fijos de 0.25 m² al inicio de la investigación, donde se cosechó el forraje presente antes de cada pastoreo a una altura aproximada de 5 cm sobre el nivel del suelo. El forraje presente dentro de cada cuadro se depositó en bolsas de papel etiquetadas, se lavó la muestra y se expuso a un proceso de secado en una estufa de aire

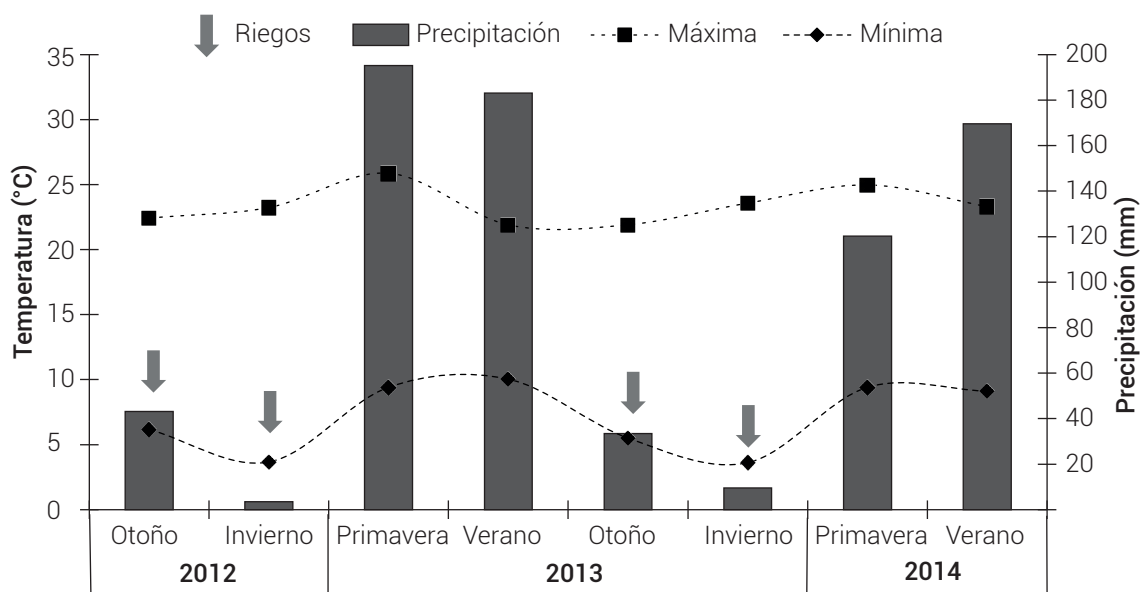


Figura 1. Temperatura media mensual máxima y mínima, precipitación acumulada y riegos a capacidad de campo durante el periodo de estudio.

forzado (Mod. Felisa FE-243A), a una temperatura de 55 °C hasta peso constante. Con la suma del rendimiento por corte se obtuvo el rendimiento acumulado de forma estacional y anual.

Diseño y análisis estadístico

La calibración de los métodos de altura de regla y plato ascendente se llevó a cabo con la información registrada con el corte directo. Las medias de los tratamientos se analizaron por los procedimientos GLM de SAS (SAS Institute, 2002), para un diseño bloques al azar, donde los tratamientos fueron las estaciones y año de evaluación con tres repeticiones y un análisis de regresión para cada variable. Se calculó la significancia de los coeficientes de correlación ($P > 0.05$) y se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias (Tukey; $P > 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura con regla y plato ascendente

Los resultados de las asociaciones de gramíneas asociadas con una leguminosa se observan en el Cuadro 1. Al margen de las asociaciones se obtuvo el siguiente orden ascendente en las estaciones en la altura con la regla: primavera > verano > otoño > invierno con $37 > 23 > 17 > 15$ ($P > 0.05$). Las asociaciones con mayor altura con regla en la estación de primavera fueron: 40-20-40, 50-00-50,

20-40-40, 20-70-10 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco, con un promedio de 39.3 cm, mientras que el pasto ovillo solo fue el que obtuvo menor altura, con 25 cm ($P \leq 0.05$). Sin embargo, en las estaciones de invierno y otoño se refleja la menor altura con regla en la asociación 50-00-50 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco, con un promedio de 18.5 cm; al igual que en primavera, el pasto ovillo solo fue el de menor altura, con 11 cm ($P \leq 0.05$).

Flores *et al.* (2015), al evaluar las asociaciones pasto ballico perenne, ovillo y trébol blanco en el altiplano de México, reportaron alturas con el método de la regla en promedio con el siguiente orden: verano, primavera, otoño e invierno con 38, 31, 26 y 21 cm, alturas semejantes a las de esta investigación y relacionadas estrechamente con el rendimiento de forraje. De igual manera, Castro *et al.* (2012) reportan mayores alturas en verano (26 cm), la cual fue superior en 17, 142 y 137 % a las alturas de primavera, otoño e invierno, respectivamente. Ambas investigaciones consignan que la altura depende de la asociación, manejo y temperatura a lo largo del año (Braga *et al.*, 2009; Castro *et al.*, 2011; Rojas *et al.*, 2016).

El método de altura con el plato ascendente siguió la misma tendencia que el método de la regla, sin embargo, con una menor altura independiente de las estaciones y asociaciones, ya que por la compactación del forraje con el plato disminuye la altura. El monocultivo de pasto ovillo obtuvo la menor altura con el plato ascendente con 14, 12,

Cuadro 1. Cambios estacionales de asociaciones en la altura (cm) del método de regla y plato ascendente en dos años de evaluación en el altiplano de México.

Asociaciones Ov-Ba-Tr	Otoño 12-13	Invierno 12-13	Primavera 13-14	Verano 13-14
Método de regla				
20-40-40	18Bc	15Cd	39ABa	24Bb
00-50-50	17Cc	14Dd	29Ca	22BCb
40-20-40	18Bc	15Cd	40Aa	26Ab
50-00-50	20Ac	17Ad	40Aa	25ABb
20-70-10	17Cc	16Bc	38ABa	23Bb
70-20-10	16Dc	15Cc	36Ba	22BCb
100-00-00	12Ec	10Ec	25Da	18Cb
40-40-20	16Dc	14Dc	34Ba	23Bb
Promedio	17c	15c	37a	23b
EEM	0.9	1	1.9	1.5
Sig.	**	**	**	**
Método del plato ascendente				
20-40-40	14Ac	10Bd	29Aa	17Bb
00-50-50	13ABc	11ABc	28ABa	16BCb
40-20-40	12Bc	10Bc	29Aa	16BCb
50-00-50	13ABc	9Cd	27Ba	19Ab
20-70-10	12Bc	12Ac	28ABa	17Bb
70-20-10	12Bc	11ABc	29Aa	15Cb
100-00-00	9Cc	8Cc	14Ca	12Db
40-40-20	13ABc	10Bd	27Ba	16BCb
Promedio	12c	10c	26a	16b
EEM	1	0.9	1.2	1.1
Sig.	**	**	**	*

ABCD: medias con la misma letra en cada columna no presentan diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$), abcd: medias con la misma letra en cada fila no presentan diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$), EEM: error estándar de la media, Sig.: significancia, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, Ov: ovillo, Ba: ballico perenne, Tr: trébol blanco, 12-13-14: año 2012, 2013, 2014.

9 y 8 cm en primavera, verano, otoño e invierno ($P \leq 0.05$). La asociación con mayor altura con el plato ascendente fue variable debido a la estación del año. En primavera fueron 40-20-40, 20-40-40 y 70-20-10 con 29 cm, en verano 50-00-50 con 19 cm, en otoño 20-40-40 con 18 cm y en invierno 20-70-10 con 12 cm ($P \leq 0.05$). Estas diferencias podrían deberse a que las plantas forrajeras responden diferente a la temperatura en donde se establecen, que en este caso varió con la estación del año (Figura 1).

De acuerdo con otras investigaciones en monocultivo (López *et al.*, 2011; Mendoza-Pedroza *et al.*, 2021) y asociaciones de gramíneas con leguminosas (Castro *et al.*, 2011), la altura con el método del plato ascendente es

una herramienta útil y rápida para estimar el rendimiento de forraje presente en determinado momento, no obstante, y de acuerdo con Dillard *et al.*, (2016), la masa de forraje presente en la pradera es fácil de medir y estimar mediante un simple muestreo, si se toman como referencia el promedio de 15 a 45 alturas, la cual permitirá decidir el acceso o la salida de los animales para aprovechar la pradera de manera eficiente, como lo mencionan otros autores (Dougherty *et al.*, 2013; Dillard *et al.*, 2016).

Ecuaciones de regresión

En la Figura 2 se observa el coeficiente de regresión (R^2) entre el rendimiento de materia seca obtenido por el cuadro

fijo y la altura de la planta con regla y plato ascendente en pasto ovillo solo y en siete asociaciones de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco. En general, tanto el método de la altura con regla y plato ascendente, comparado con el método de cuadro fijo, existió una tendencia lineal y la mayor relación fue el método de la regla (R^2 de 0.8059, $P > 0.001$) y menor la del plato ascendente (R^2 de 0.7213, $P > 0.05$).

Estos resultados indican que la variación del rendimiento de materia seca por hectárea es explicada en un 80 % por el método de la regla y 72 % con el método del plato ascendente, al obtener 293 y 212 kg MS ha⁻¹ por cada cm de altura de la planta estimada. Con base en los resultados obtenidos y a la bondad del ajuste del modelo, el método de la regla podría ser más confiable, sin embargo, diferentes estudios han mencionado variabilidad en el ajuste del modelo (R^2) para uno y para otro método. Por ejemplo, Ganguli *et al.* (2000) consignaron un mayor coeficiente de correlación con el plato ascendente con una $R^2 = 0.83$ y altura con el método de la regla con $R^2 = 0.60$. Castillo *et al.* (2009) reportan una R^2 mayor a 0.83 por el método de la regla *versus* plato ascendente.

Los coeficientes de determinación en las regresiones lineales por ambos métodos son confiables y aceptables para estimar el rendimiento de materia seca a partir de la altura de la planta. Sin embargo, aunque autores como López *et al.* (2011) debaten la exactitud y precisión de uno u otro método indirecto, todos concuerdan en que estos métodos son una herramienta útil y fácil de aplicar en el manejo de una pradera, ya que ayuda a tomar una buena decisión para aprovechar de manera eficiente el forraje.

Rendimiento de materia seca

Se esperaba que las estimaciones de materia seca en todas las asociaciones de forraje fueran iguales en los métodos de estimación, sin embargo, las asociaciones 20-70-10 y 100-00-00 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco presentaron diferencias entre los métodos de estimación, al registrar el mayor rendimiento estimado en altura de plato, seguido por el cuadro fijo y por último con la regla, con un promedio anual de 18,421 y 13,032 kg MS ha⁻¹ ($P > 0.05$, Cuadro 2). En todas las demás asociaciones no existió diferencia significativa en los dos métodos indirectos para estimar el rendimiento. Por lo tanto, ambos métodos indirectos son confiables y precisos para predecir el rendimiento de materia seca. Las asociaciones que obtuvieron el mayor rendimiento fueron muy variables en función del porcentaje de especies y método de estimación de materia seca. La asociación 20-40-40 obtuvo el mayor rendimiento en los tres métodos de estimación de forraje, con un promedio de 21,359 kg MS ha⁻¹ y menor en el pasto ovillo solo (100-00-00, $P > 0.05$).

Estos resultados de rendimiento de materia seca anual por el método del cuadro fijo son iguales a lo reportado por Flores *et al.* (2015) y Rojas *et al.* (2016) en el Valle de México, en asociaciones con estas mismas especies. Sin embargo, son superiores en los referidos por Castro *et al.* (2012) y Moreno-Carrillo *et al.* (2015). Por lo tanto, los resultados dependen de la gestión, estación del año y asociaciones en la pradera. Nuestros resultados indican que los métodos indirectos de regla y plato ascendente son confiables en la producción de forraje, como lo consignan Sanderson *et al.* (2001). López *et al.* (2011) obtuvieron resultados de una sobreestimación de los métodos indirectos con el cuadro fijo y enfatizan ser cuidadosos al seleccionar el método y

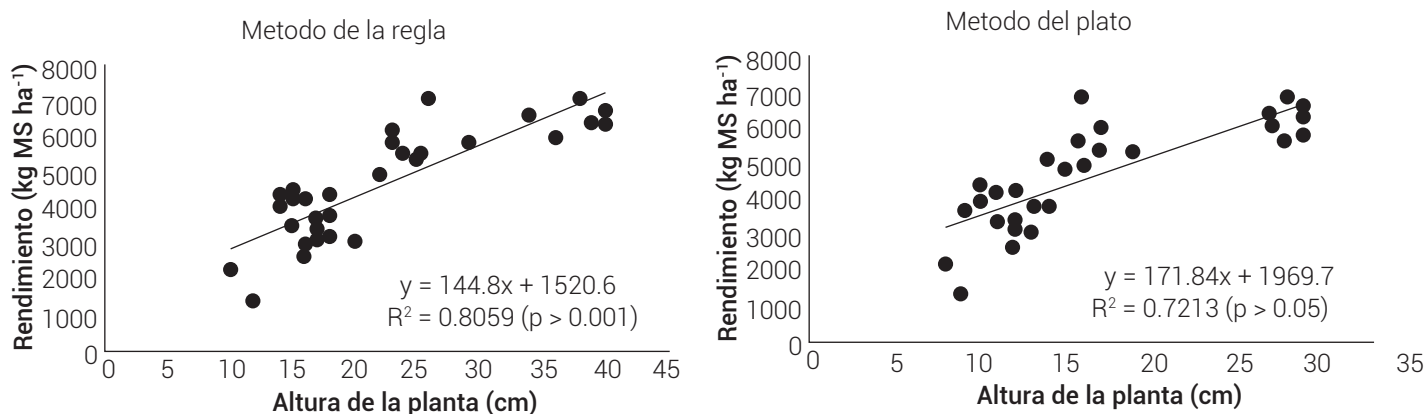


Figura 2. Coeficiente de regresión (R^2) de rendimiento de materia seca (kg MS ha⁻¹) con el método del cuadro fijo entre altura de regla y plato ascendente en promedio de dos años en asociaciones.

Cuadro 2. Rendimiento anual de materia seca (kg MS ha⁻¹), estimado por el cuadro fijo a partir de las ecuaciones de regresión en los métodos de regla y plato ascendente en asociaciones.

Asociaciones Ov-Ba-Tr	CF	AR kg MS ha ⁻¹	PA	EEM	Sig.
20-40-40	20114Aa	21934Aa	22031Aa	724	NS
00-50-50	18039Ba	17827Da	18293Ca	832	NS
40-20-40	21042Aa	22091Aa	19898Ba	945	NS
50-00-50	18412Ba	19029Ba	20182Aa	732	NS
20-70-10	20710Aa	17823Bb	21090Aa	833	*
70-20-10	16757Ca	17293Da	16732Da	621	NS
100-00-00	12796Db	12938Eb	13364Ea	589	*
40-40-20	19204ABa	18928Ca	19023Ba	321	NS
Promedio	18375a	18482Ca	18826Ca	453	NS
EEM	247	255	274		
Sig.	**	*	**	*	

ABCD: medias con la misma letra en cada columna no presentan diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$), abcd: medias con la misma letra en cada fila no presentan diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$), EEM: error estándar de la media, Sig.: significancia, *: $P < 0.05$, **: $P < 0.01$, Ov: ovillo, Ba: ballico perenne, Tr: trébol blanco, CF: cuadro fijo, AR: altura con regla, PA: plato ascendente.

numero de muestras en la pradera.

CONCLUSIONES

Existió mayor relación en el rendimiento de forraje en las asociaciones y pasto ovillo solo con el método indirecto de altura con la regla y menor con el plato ascendente, en comparación con el método directo del cuadro fijo.

BIBLIOGRAFÍA

- Braga G. J., C. G. Silveira P., V. Rodríguez H., P. H. de Cerqueira L., W. Aparecido M. and F. Barros M. (2009) Quantifying herbage mass on rotationally stocked palisadegrass pastures using indirect methods. *Scientia Agricola* 66:127-131, <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000100018>
- Bryant R. H., M. E. Miller, S. L. Greenwood and G. R. Edwards (2017) Milk yield and nitrogen excretion of dairy cows grazing binary and multispecies pastures. *Grass and Forage Science* 72:806-817, <https://doi.org/10.1111/gfs.12274>
- Castillo G. E., B. Valles de la M. y J. Jarillo R. (2009) Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. *Técnica Pecuaria en México* 47:79-92.
- Castro R. R., G. Hernández A., B. Aguilar G. y R. Ramírez O. (2011) Comparación de métodos para estimar el rendimiento de forraje en praderas asociadas. *Naturaleza y Desarrollo* 9:38-46.
- Castro R. R., A. Hernández G., H. Vaquera H., J. P. Hernández G., A. R. Quero C., J. F. Enríquez Q. y P. A. Martínez H. (2012) Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35:87-95, <https://doi.org/10.35196/rfm.2012.1.87>
- Cho W., B. B. Wade, J. T. Biermacher and J. K. Rogers (2019) Rising plate meter calibrations for forage mass of wheat and rye. *Agricultural & Environmental Letters* 4:1-4, <https://doi.org/10.2134/ael2018.11.0057>
- Dillard L. S., N. A. Hafila, D. M. Rubano, R. C. Stout, F. A. Brito and K. J. Soder (2016) Evaluation of a rising plate meter for use in multispecies swards. *Agricultural & Environmental Letters* 1:1-4, <https://doi.org/10.2134/ael2016.08.0032>
- Dougherty M., J. A. Burger, C. M. Feldhake and A. H. Abdelgadir (2013) Calibration and use of plate meter regressions for pasture mass estimation in an Appalachian silvopasture. *Archives of Agronomy and Soil Science* 59:37-41, <https://doi.org/10.1080/03650340.2011.615026>
- Ferrat F. P., R. L. G. Nave, R. M. Sulc and D. J. Barker (2012) Seasonal Variation in the Rising Plate Meter Calibration for Forage Mass. *Agronomy Journal* 104:1-6, <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0190>
- Flores S. E. J., A. Hernández G., J. D. Guerrero R., A. R. Quero C. y P. A. Martínez H. (2015) Productividad de asociaciones de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 6:337-347, <https://doi.org/10.22319/rmcp.v6i3.4096>
- Ganguli A. C., L. T. Vermeire, R. B. Mitchell and M. C. Wallace (2000) Comparison of four nondestructive techniques for estimating standing crop in shortgrass plains. *Agronomy Journal* 92:1211-1215, <https://doi.org/10.2134/agronj2000.9261211x>
- García E. (2004) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana). 5ª edición. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México. D. F. 98 p.
- Gerber P. J., H. Steinfeld, B. Henderson, A. Motter, C. Opio, J. Dijkman, A. Faluccci and G. Tempio (2013) Hacer frente al cambio climático a través de la ganadería—Evaluación global de las emisiones y las oportunidades de mitigación. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma (Italia) 154 p.
- Haultain J., K. Wigley and J. M. Lee (2014) Rising plate meters and a capacitance probe estimate the biomass of chicory and plantain monocultures with similar accuracy as for ryegrass-based pasture. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 76:67-74, <https://doi.org/10.33584/jnzc.2014.76.2962>
- Litherland A. J., R. Webby, T. J. Fraser, C. Matthew, K. McCleod, J. Walcroft, ... and P. J. Schreurs (2008) Indirect measurement of pasture mass and pasture growth rate on sheep and beef pastures. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 70:137-144, <https://doi.org/10.33584/jnzc.2008.70.2734>
- López G. I., J. P. Fontenot y T. B. García P. (2011) Componentes entre

- cuatro métodos de estimación de biomasa en praderas de festuca alta. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2:209-220, http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242011000200008
- Mendoza-Pedroza S. I., J. Sánchez-Espinoza, P. Álvarez-Vázquez, E. Sosa-Montes, M. A. Maldonado-Peralta and J. R. Garay-Martínez (2021) Yield estimation of forage oat (*Avena sativa* L.) Chihuahua variety: ruler and plate methods. *Agroproductividad* 14: 75-80, <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i1.1939>
- Moreno-Carrillo M. A., A. Hernández-Garay, H. Vaquera-Huerta, C. Trejo-López, J. A. Escalante-Estrada, J. L., Zaragoza-Ramírez y B. M. Joaquín-Torres (2015) Productividad de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas en condiciones de pastoreo. *Revista Fitotecnica Mexicana* 38:101-108, <https://doi.org/10.35196/rfm.2015.1.101>
- Nobilly F., R. H. Bryant, B. A. McKenzie and G. R. Edwards (2013) Productivity of rotationally grazed simple and diverse pasture mixtures under irrigation in Canterbury. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 75:165-172, <https://doi.org/10.33584/jnzc.2013.75.2920>
- Rayburn E. B., W. L. Shockey, D. A. Seymour, B. D. Smith and T. J. Basden (2017) Calibration of pasture forage mass to plate meter compressed height is a second-order response with a zero intercept. *Crop Forage & Turfgrass Management* 3:1-3, <https://doi.org/10.2134/cftm2017.01.0003>
- Rojas G. A. R., A. Hernández G., W. Ayala, S. I. Mendoza P., S. Joaquín C., H. Vaquera H. y M. A. Santiago O. (2016) Comportamiento productivo de praderas con distintas combinaciones de ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perene (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias* 48:57-68, <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382847506012.pdf>
- Rojas G. A. R., M. Á. Maldonado P., P. Sánchez S., A. García B., S. I. Mendoza P., Vázquez P., J. Herrera P. y A. Hernández G. (2018) Curva de crecimiento y calidad del pasto cobra (*Brachiaria* HIBRIDO BR02/1794) a dos intensidades de corte. *Agroproductividad* 11: 34-38, <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/368/256>
- Sanderson M. A., C. A. Rotz, S. W. Fultz and E. B. Rayburn (2001) Estimating forage mass with a commercial capacitance meter, rising plate meter, and pasture ruler. *Agronomy Journal* 93:1281-1286, <https://doi.org/10.2134/agronj2001.1281>
- SAS Institute (2002) User's Guide of SAS (Statistical Analysis System). SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 550 p.
- Velasco Z. M. E., A. Hernández-Garay, V. A. González H., J. Pérez P, H. Vaquera H. and A. Galvis S. (2001) Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Técnica Pecuaria en México* 39:1-14, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61339101>
- Velasco Z. M. E., A. Hernández G. y V. A. González H. (2005) Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Técnica Pecuaria en México* 43:247-258, <https://www.redalyc.org/pdf/613/61343211.pdf>
- Ventura R. J., E. Hernández M., M. A. Santiago O., G. C. Y. Wilson, M. Á. Maldonado P. y A. R. Rojas G. (2020) Rendimiento de trébol blanco asociado con pasto ovillo a diferentes frecuencias de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Esp*: 1-12, <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2353>

