



## VALOR NUTRICIONAL *IN VITRO* DE HENO DE TRITICALE ASOCIADO CON EBO PARA SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA †

### [*IN VITRO* NUTRITIONAL VALUE OF TRITICALE HAY ASSOCIATED WITH COMMON VETCH FOR SMALL SCALE DAIRY PRODUCTION SYSTEMS]

Cloe Dafne Álvarez-García, Carlos Manuel Arriaga-Jordán  
and Felipe López-González\*

*Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Universidad Autónoma del Estado de México, Campus El Cerrillo. El cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, México, C.P. 50090. Emails: calvarezg027@alumno.uaemex.mx; cmarriagaj@uaemex.mx; \*flopezg@uaemex.mx*

*\*Corresponding author*

#### SUMMARY

**Background.** The decrease in the availability of rainwater and irrigation affects forage production, therefore the inclusion of crops with a shorter growth cycle and with less water requirements should be considered. **Objective.** The objective of the work was to carry out the nutritional evaluation of the association of two forages; triticale and common vetch for their possible inclusion in small scale dairy production systems. **Methodology.** Two treatments of the association of triticale/ common vetch forage were evaluated. **Results.** There were significant differences ( $p < 0.05$ ) for dry matter (DM) due to the conservation process, the rest of variables did not present significant differences ( $p > 0.05$ ). **Implications.** Given the increase of dry season it is necessary to evaluate other forms of forage conservation that allow increase its availability for a longer time. **Conclusion.** The evaluated treatments did not present significant differences in terms of their *in vitro* nutritional value, so it can be included in the diet of dairy cattle both as a preserved forage such as hay or without hay.

**Key words.** Forage association; triticale; common vetch.

#### RESUMEN

**Antecedentes.** La disminución en la disponibilidad de agua de lluvia y riego afectan la producción de forraje, por ello se debe considerar la inclusión de cultivos con un ciclo de crecimiento más corto y con menor requerimiento de agua. **Objetivo.** El objetivo del trabajo fue realizar la evaluación nutricional de la asociación de dos forrajes; triticale y ebo para su posible inclusión en la alimentación del ganado lechero en sistemas de producción de leche en pequeña escala. **Metodología.** Se evaluaron dos tratamientos de la asociación de forrajes triticale/ebo: henificado (H) y no henificado (NH) mediante un análisis de varianza empleando un diseño experimental completamente al azar. **Resultados.** Se presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para materia seca (MS) debido al proceso de conservación, el resto de variables no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). **Implicaciones.** Ante el aumento en la temporada de sequía se hace necesaria la evaluación de otras formas de conservación del forraje que permitan aumentar su disponibilidad durante más tiempo. **Conclusión.** Los tratamientos evaluados no presentaron diferencias significativas en cuanto a su valor nutricional *in vitro*, por lo que se puede incluir en la alimentación del ganado lechero tanto como forraje conservado como heno o sin henificar.

**Palabras clave.** Asociación de forrajes; triticale; ebo.

#### INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) se consideran una opción de desarrollo rural (Gómez-Miranda *et al.*, 2020), tienen hatos de 3 a 35 vacas más sus reemplazos (Muciño-Álvarez *et al.*, 2021) los cuales tienen diversas estrategias de alimentación como pastoreo de pastizales nativos,

praderas cultivadas, uso de pajas y rastrojos, así como ensilado de maíz (Gómez-Miranda *et al.*, 2020).

Una de las principales estrategias de alimentación es el pastoreo, lo que reduce los costos de producción (Plata-Reyes *et al.*, 2018), pero un inconveniente es que durante la época de sequía disminuye la producción de forraje de calidad, disminuyendo la producción de leche, lo cual obliga a los productores a

† Submitted May 21, 2021 – Accepted October 25, 2021. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.  
ISSN: 1870-0462.

adquirir mayor cantidad de concentrados comerciales (Burbano-Muñoz *et al.*, 2018), estos últimos representan la mayor proporción de los costos de alimentación (Gómez-Miranda *et al.*, 2020). Debido a que la alimentación del ganado representa el principal costo de producción en un 62%, se debe considerar una reducción de estos (López-González *et al.*, 2020).

Los posibles escenarios relacionados con la disminución en la disponibilidad de agua de lluvia, así como para riego son aspectos que afectan la producción de forraje (Plata-Reyes *et al.*, 2018). Para ello la adopción de estrategias de alimentación está centrada en el uso de forrajes con un ciclo de crecimiento más corto que requieran menor cantidad de agua (Celis-Alvarez *et al.*, 2017) y se adapten a diversas condiciones agroclimáticas (González-Alcántara *et al.*, 2020), para esto los cereales de grano pequeño cumplen con esta descripción (Celis-Alvarez *et al.*, 2017). Dentro de estos se encuentra el triticale (*X Triticosecale Wittmack*), un cereal que tolera déficits hídricos, posee el potencial productivo del trigo y la resistencia del centeno, así mismo, a medida que avanza su fenología tiene menor pérdida de nutrientes (González-Alcántara *et al.*, 2020).

Resulta importante incluir forraje de leguminosas ya que tienen un elevado valor nutritivo y aumenta el consumo por parte de los animales (Guy *et al.*, 2018), y es una fuente de nitrógeno adicional al cultivo (Egan *et al.*, 2018). Como es el caso del ebo (*Vicia sativa*), utilizado en la alimentación animal, su importancia radica en su bajo costo y su elevado valor nutritivo ya que es rico en proteína y minerales, se puede establecer en diferentes condiciones climáticas tanto frías, como secas, su requerimiento de agua es de 325 a 450 mm, se adapta en diferentes tipos de suelo, excepto en suelos salinos (Huang *et al.*, 2017). Al incluir gramíneas y leguminosas se permite aumentar la producción de leche debido a la combinación de ambas cualidades de los forrajes (Egan *et al.*, 2018).

El uso de forrajes conservados son una opción como complemento en la alimentación de vacas lecheras (Burbano-Muñoz *et al.*, 2018), para aprovechar la disponibilidad de forraje cuando existe mayor producción (FAO, 2011). En las regiones de clima templado el heno es un forraje de importancia para el ganado (Viljoen *et al.*, 2005), el cual tiene el objetivo de aumentar la calidad de la leche (Seguin *et al.*, 2010). El heno se obtiene de la deshidratación de un forraje verde, donde se reduce el contenido de humedad hasta 15% o menos (FAO, 2011), y se considera una fuente forrajera para la alimentación del ganado lechero (Mazumder *et al.*, 2004). El proceso de henificación permite la conversión de un forraje verde en uno conservado que puede ser almacenado sin riesgo de deteriorarse, la pérdida de materia seca y de nutrientes son mínimas (FAO, 2021). Existen variaciones en la

composición química del heno, lo cual tendrá un efecto en la producción animal (Viljoen *et al.*, 2005), por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la composición química, digestibilidad *in vitro*, así como la producción de gas *in vitro* de la asociación de forrajes de triticale – ebo para su posible inclusión en sistemas de producción de leche en pequeña escala.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo bajo un esquema de investigación participativa rural para el desarrollo de tecnología ganadera (Conroy, 2005), en el municipio de Aculco, ubicado al noroeste del Estado de México (20° 06' y 20° 17' norte y 99° 40' y 100° 00' oeste) con clima templado subhúmedo, precipitación pluvial anual de 700-1000 mm (López-González *et al.*, 2017).

### Establecimiento del cultivo

El área de estudio se sembró con semilla de triticale variedad bicentenario a una densidad de siembra de 120 kg/ha, semilla de ebo a una densidad de siembra de 40 kg/ha el 1° de julio de 2016. Al momento de la siembra se fertilizó con 60 kg de urea y 40 kg de fosfato diamónico.

El forraje se cosechó el 8 de septiembre a los 69 días postsiembra en un estado fenológico de 80 % embuche, con un 20 % de plantas con espiga, con una altura de 30-40 cm. Se realizó la toma de muestras al azar mediante el corte con tijeras a ras de suelo en 6 distintas áreas elegidas al azar, mediante el uso de cuadrantes de 0.16 m<sup>2</sup>.

Posteriormente se procedió a realizar el henificado del forraje obtenido de 3 cuadrantes, exponiéndolo al sol durante 5 días postcorte (FAO, 2011), obteniendo así heno de triticale y ebo.

Las muestras fueron secadas a 65 °C a peso constante para expresar la MS, más adelante fueron molidas a 2 mm, posterior a esto se establecieron dos tratamientos al mezclar heno de triticale y ebo para generar el primer tratamiento henificado (H); el segundo tratamiento se obtuvo de mezclar forraje de triticale y ebo sin henificar (NH), ambos en una proporción de 75 % triticale:25 % ebo. Los análisis de composición química se realizaron a partir de estas muestras.

### Composición química, producción de gas *in vitro*, digestibilidad *in vitro* y estimación de la energía metabolizable

El análisis químico de los forrajes se llevó a cabo en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. Las muestras de forraje se realizaron siguiendo los

procedimientos estándares (Celis-Alvarez *et al.*, 2017). La producción de gas se determinó con base en la técnica descrita por Menke y Steingass (1988), modificada por Theodorou *et al.* (1994).

El líquido ruminal se obtuvo a las 6 am de un bovino hembra nulípara con genotipo Cebú - Holstein provisto de cánula con un peso de 450kg, que consumió una dieta a base de pacas de pasto estrella y alimento concentrado en una proporción de 60:40 % respectivamente.

La producción de gas se midió con un transductor de presión Delta Ohm. Se realizó la medición de la producción de gas a las horas: 1, 2, 3, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 72, 84, 96.

Los residuos de la incubación se analizaron para estimar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, materia orgánica y de la fibra detergente neutro.

La DIVMS se determinó una vez filtrado el residuo de incubación y posterior secado a 105 °C a peso constante. La DIVMS se determinó por diferencia de peso entre la MS inicial y la MS residual. Posteriormente la MS residual se colocó en una mufla a 550 °C durante 4 horas para determinar el contenido de cenizas y calcular la MO residual. La DIVMO se calculó por diferencia entre la MO inicial menos la MO residual. Para determinar la DIVFDN, los residuos de la incubación se colocaron en un frasco con solución de FDN y colocados en autoclave a 105 °C por una hora, el residuo se colocó en una estufa a 105 °C. El cálculo de la DIVFDN se realizó siguiendo la técnica de Pell and Schofield (1993).

Los resultados obtenidos se utilizaron para obtener los parámetros de fermentación *in vitro*, los cuales se estimaron mediante el ajuste de volumen de gas acumulado obtenido de cada botella, al modelo matemático desarrollado para este estudio (Krishnamoorthy *et al.*, 1991), mediante el uso del programa Grafit V3 (1992) que emplea la siguiente ecuación:

$$PG = B (1 - \exp -c (t-lag))$$

Dónde: PG= producción total de gas (ml gas /100 mg MS), B= producción asíntota de gas de la fermentación de la fibra detergente neutra, c= tasa de degradación de producción de gas (por hora), lag= tiempo transcurrido antes de que empiece la fermentación de los carbohidratos estructurales (Aragadway-Yungán *et al.*, 2015).

La estimación de la energía metabolizable de los forrajes se calculó a partir de la materia orgánica digestible en la materia seca con la ecuación de la AFRC (1993).

### Análisis estadístico

Las variables se analizaron en el programa Minitab V14 utilizando un diseño experimental completamente al azar mediante un análisis de varianza empleando el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Dónde:

$\mu$  es la media general,  $t_i$  es el tratamiento y  $e_{ij}$  es el error experimental.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición química

En la tabla 1 se presentan los valores de composición química. MS presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) debido al proceso de conservación de H, estos resultados de contenido de MS se encuentra por debajo de lo reportado por Robles-Jiménez *et al.* (2018) con 909 g MS/ kg y Aguilar-López *et al.* (2013) con 890.5 g MS/ kg, por otro lado, NH se encuentra dentro del rango descrito por Teuber *et al.* (2007) entre 140 y 250 g MS/ kg, valores que se deben a la pérdida de humedad al avanzar el estado de madurez de las plantas y por la presencia de semillas que contienen menor humedad con respecto a las hojas y los tallos (Antolín *et al.*, 2009).

**Tabla 1. Composición química (g/ kg MS).**

Variable	H	NH	Promedio	EEM	Valor P
MS	601.6 <sup>a</sup>	316.0 <sup>b</sup>	458.8	62.8*	0.01
PC	109.1	109.3	109.2	10.2 <sup>NS</sup>	0.98
FDN	486.6	498.2	492.4	4.5 <sup>NS</sup>	0.12
FDA	304.5	312.5	308.5	3.2 <sup>NS</sup>	0.12
MO	910.3	910.3	910.3	3.9 <sup>NS</sup>	0.99

MS: Materia seca; PC: Proteína cruda; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido; MO: Materia orgánica; H: Henificado; NH: No henificado; EEM: Error estándar de la media; \*Significativo ( $p \leq 0.05$ ); NS: No significativo ( $p > 0.05$ ).

<sup>a, b</sup>  $p \leq 0.05$

**Tabla 2. Parámetros de cinética de fermentación y producción de gas *in vitro* de la asociación de forrajes.**

Variable	H	NH	Promedio	EEM	Valor P
B (ml gas/g MS)	233.8	229.3	231.5	5.4 <sup>NS</sup>	0.31
C (% h)	3.8	4.1	3.9	0.3 <sup>NS</sup>	0.25
Lag (h)	4.6	4.3	4.4	0.5 <sup>NS</sup>	0.35

B: producción acumulada de gas a partir de la fermentación de la FDN; C: Tasa de degradación de la fracción insoluble (h-1) en un tiempo (t); Lag: Tiempo en horas antes de iniciar la fermentación de la FDN; H: Henificado; NH: No henificado; EEM: Error estándar de la media; NS: No significativo ( $p>0.05$ ).

La inclusión de leguminosas permite aumentar la calidad nutritiva, ya que los cereales son bajos en proteína, que disminuye conforme madura la planta (Aguilar-López *et al.*, 2013). PC (tabla 1) no presentó diferencias significativas ( $p>0.05$ ), el promedio estuvo cercano a Garduño-Castro *et al.* (2009) con 100.8 g/kg MS, menor a Maxin *et al.* (2017) con 136 g/kg MS y Aguilar-López *et al.* (2013) con 186.5 g/kg MS en asociaciones de cereales de grano pequeño con leguminosas. Estos valores reflejan la ventaja de la asociación de cereales con leguminosas como lo reportan algunos autores en comparación con un monocultivo de cereales (Garduño-Castro *et al.*, 2009).

En el presente estudio no se presentaron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) para FDN y FDA. FDN (tabla 1) fue menor a lo reportado por Robles-Jiménez *et al.* (2018) con 527.2 g/kg MS para heno de cereales de grano pequeño y mayor a Haj Ayed *et al.* (2001) con 446 g/kg MS para heno de leguminosas. FDA (tabla 1) fue similar a Garduño-Castro *et al.* (2009) con 316.1 g/kg MS y mayor a Maxin *et al.* (2017) quien obtuvo 284 g/kg MS para forraje conservado de asociación de cereales de grano pequeño y leguminosas. Celis-Alvarez *et al.* (2017) mencionan que existe una correlación negativa entre el contenido de fibra y la digestibilidad de los forrajes.

Para el caso de MO (tabla 1) no presentó diferencias significativas ( $p>0.05$ ), el cual fue mayor a lo reportado por Guadarrama-Estrada *et al.* (2007) con 843 g/kg MS.

### Producción de gas *in vitro*, digestibilidad *in vitro* y estimación de la energía metabolizable

La producción de gas se debe a la fermentación de los carbohidratos a acetato, propionato y butirato, donde cualquier cambio en las fracciones de los carbohidratos se verá reflejada en la producción de gas. Esta producción de gas es menor durante la fermentación de la proteína en comparación con los carbohidratos, y mucho menor la contribución de la grasa a la producción de gas (Sallam *et al.*, 2007).

Se muestran los valores de producción de gas *in vitro* en la tabla 2, donde no se observaron diferencias significativas. La producción acumulada de gas (B) fue mayor a Antolín *et al.* (2009) con 202.1 ml gas/g MS para heno de maíz y menor a Sallam *et al.* (2007) con 254.6 ml gas/g MS y Karabulut *et al.* (2007) con 380 ml gas/g MS para heno de leguminosas.

Por su parte la producción de gas tiene una correlación negativa con el contenido de FDN, que se puede deber a que se reduce la actividad microbiana aumentando condiciones ambientales desfavorables a medida que avanza el tiempo de incubación (Sallam *et al.*, 2007).

La tasa de degradación (C) estará relacionada con la fermentación del sustrato, que también se relaciona con el tipo de carbohidratos estructurales presentes, que puede indicar mayor celulosa para los microorganismos ruminales (Aragadvay-Yungán *et al.*, 2015), el cual en el presente trabajo (tabla 2) fue mayor a Guevara-Mesa *et al.* (2011) con 3.6 % h para leguminosas, Rayas *et al.* (2012) con 3.1 % h para

**Tabla 3. Digestibilidad *in vitro* (g/ kg MS) y estimación de la energía metabolizable (MJ/ kg MS) de la asociación de forrajes.**

Variable	H	NH	Promedio	EEM	Valor P
DIVMS	720.5	708.1	714.3	4.41 <sup>NS</sup>	0.09
DIVMO	766.8	755.9	761.3	9.99 <sup>NS</sup>	0.05
DIVFDN	639.5	630.9	635.2	3.16 <sup>NS</sup>	0.56
eEM	10.9	10.7	10.8	0.0 <sup>NS</sup>	0.07

DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; DIVMO: Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica; DIVFDN: Digestibilidad *in vitro* de la Fibra Detergente Neutro; eEM: estimación de la Energía metabolizable; H= Henificado; NH= No Henificado; EEM= Error Estándar de la Media; NS: No significativo ( $p>0.05$ ).

asociación de gramíneas y leguminosas, menor a Sánchez *et al.* (2005) con 4.8 % h para gramíneas, así mismo Posada y Noguera (2005) mencionan que los henos de leguminosas se degradan a una tasa más alta que los henos que incluyen gramíneas.

De acuerdo a Aragadvay-Yungán *et al.* (2015), lag (h) indica el tiempo en que los microorganismos comienzan a degradar los carbohidratos estructurales, el cual fue mayor (tabla 2) a Sallam *et al.* (2007) con 1.55 h para leguminosas, similar a Aguilar-López *et al.* (2013) con 4 h para heno de asociación de cereales y leguminosas y Aragadvay-Yungán *et al.* (2015) con 4 h para ensilado de girasol, lo cual sugiere que el contenido de carbohidratos de rápida degradación como azúcares, almidón y pectina es mayor en estos (Aragadvay-Yungán *et al.*, 2015). Este parámetro se considera importante en la digestibilidad, ya que un menor tiempo lag se debe a la presencia de elevadas cantidades de carbohidratos fermentables (Sallam *et al.*, 2007).

La tabla 3 muestra los valores de digestibilidad *in vitro*, así como de estimación de la energía metabolizable de los forrajes, los cuales no mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). DIVMS obtenida fue mayor a 654.7 g/ kg MS y DIVMO menor a 838.5 g/ kg MS reportadas por Robles-Jiménez *et al.* (2018) para heno de triticale. Referente a DIVFDN es menor a Celis-Alvarez *et al.* (2017) con 681.1 g/ kg MS para cereales. La DIVMS es un indicador de la calidad del forraje, cuando este valor es de 700 g/kg MS o más se considera de buena calidad (Celis-Alvarez *et al.*, 2017), similar a lo reportado en este estudio, por el contrario, valores menores se deben a que la digestibilidad disminuye conforme aumenta la madurez de los forrajes (Aguilar-López *et al.*, 2013), lo cual se debe a la presencia de lignina que protege los carbohidratos del ataque por parte de la microbiota ruminal (Sallam *et al.*, 2007).

La energía metabolizable dependerá de la calidad nutricional de un forraje, la cual es más estable en el periodo de crecimiento, más adelante esta disminuye debido a que se da paso a la formación del grano y los nutrientes son movilizados a este (Celis-Alvarez *et al.*, 2017), para este estudio la eEM fue mayor a lo reportado por Robles-Jiménez *et al.* (2018) con 9.6 MJ/ kg MS evaluando heno de maíz y Aragadvay-Yungán *et al.* (2015) con 8.3 MJ/ kg MS evaluando ensilado de girasol, quienes mencionan que eEM está relacionada con la digestibilidad de carbohidratos estructurales, y a su vez la disminución de esta se debe a la concentración de grasa en los forrajes que disminuye los microorganismos ruminales para degradar el sustrato.

## CONCLUSIONES

Los tratamientos evaluados se vieron afectados mediante el método de conservación en el contenido de materia seca, en cuanto al resto de variables de composición química no se presentaron diferencias significativas, ni en los parámetros de producción de gas *in vitro* ni digestibilidad *in vitro*, por lo cual, es posible su inclusión en la alimentación en sistemas de producción de leche en pequeña escala como forraje conservado en heno o sin henificar.

**Funding:** The present work was carried out thanks to the financing of the Autonomous University of the State of Mexico through the Project "Evaluation of the sustainability of small-scale dairy production systems" with UAEM 3676/2014/CIA registration.

**Conflict of interest:** The authors declare there is no conflict of interest related to this paper.

**Compliance with ethical standards:** Original data derived from the authors' work are presented. The work was carried out under the established procedures by the Autonomous University of the State of Mexico.

**Data availability:** Data are available with Felipe López González, flopezg@uaemex.mx upon reasonable request.

**Author contribution statement (CRediT).** C.D. Álvarez-García, conceptualization, writing – original draft and methodology. C.M. Arriaga-Jordán, conceptualization, writing – review & editing, funding acquisition, supervision and validation. F. López-González, conceptualization, writing – review & editing, methodology, formal Analysis, supervision, validation and Data curation.

## REFERENCIAS

- AFRC. 1993. Animal and Food Research Council. Energy and protein requirements of ruminants, CAB International, Wallingford, UK.
- Aguilar-López, E.Y., Borquez, J.L., Domínguez, I.A. Morales-Osorio, A., Gutiérrez-Martínez, M. de G. and Gonzalez, M., 2013. Forage Yield, Chemical Composition and *In Vitro* Gas Production of Triticale (*X Triticosecale wittmack*) and Barley (*Hordeum vulgare*) associated with Common Vetch (*Vicia sativa*) Preserved as Hay or Silage. *Journal of Agricultural Science*, 5(2), pp. 227-238. DOI: 10.5539/jas.v5n2p227.
- Antolín, M., González, M., Goñi, S., Domínguez, I.A. y Arriaga, C., 2009. Rendimiento y producción de gas *in vitro* de maíces híbridos conservados por ensilaje o henificado.

- Técnica Pecuaria en México*, 47(4), pp. 413-423.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61312114004>
- Aragadvay-Yungán, R.M., Rayas, A.A., Heredia-Nava, D., Estrada-Flores, J.G., Martínez-Castañeda, F.E. y Arriaga-Jordán, C.M., 2015. Evaluación *in vitro* del ensilaje de girasol (*Helianthus annuus L.*) solo y combinado con ensilaje de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 6(3), pp. 315-327. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v6n3/v6n3a6.pdf>
- Burbano-Muñoz, V.A., López-González, F., Estrada-Flores, J.G., Sainz-Sánchez, P.A. and Arriaga-Jordán, C.M., 2018. Oat silage for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *African Journal of Range & Forage Science*, 35(1), pp. 63–70. <https://doi.org/10.2989/10220119.2018.1473493>
- Celis-Alvarez, M.D., López-González, F., Estrada-Flores, J.G., Domínguez-Vara, I.A., Heredia-Nava, D., Munguía-Contreras, A. y Arriaga-Jordán, C.M., 2017. Evaluación nutricional *in vitro* de forrajes de cereales de grano pequeño para sistemas de producción de leche en pequeña escala. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20, pp. 439 – 446. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2400/1087>
- Conroy, C., 2005. Participatory Livestock Research. Bourton-on-Dunsmore, Warwickshire, UK: ITDG Publishing.
- Egan, M., Galvin, N. and Hennessy D., 2018. Incorporating white clover (*Trifolium repens L.*) into perennial ryegrass (*Lolium perenne L.*) swards receiving varying levels of nitrogen fertilizer: Effects on milk and herbage production. *Journal of Dairy Science*, 101(4), pp. 1-16. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13233>
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011. Conservación de forrajes: Henificación. (FAO Bolivia). Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-as962s.pdf> (Consultado 11 de marzo de 2021).
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021. Capítulo II producción de heno. Disponible en: <http://www.fao.org/3/x7660s/x7660s06.htm> (Consultado 3 de marzo de 2021).
- Garduño-Castro, Y., Espinoza-Ortega, A., González-Esquivel, C.E., Mateo-Salazar, B. and Arriaga-Jordán, C.M., 2009. Intercropped oats (*Avena sativa*) - common vetch (*Vicia sativa*) silage in the dry season for small-scale dairy systems in the Highlands of Central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 41, pp. 827–834. DOI 10.1007/s11250-008-9258-7
- Gómez-Miranda, A., Vega-García, J.I., Narvaez-Uribe, O., Morales-Almaraz, E., López-González, F. y Arriaga-Jordán, C.M., 2020. Evaluación de un concentrado de pasta de canola y mazorca de maíz para vacas lecheras en pastoreo de pastizales nativos en los valles altos de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(58), pp. 1-9. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3109/1436>
- González-Alcántara, F.D.J., Estrada-Flores, J.G., Morales-Almaraz, E., López-González, F., Gómez-Miranda, A., Vega-García, J.I. and Arriaga-Jordán, C.M., 2020. Whole-crop triticale silage for dairy cows grazing perennial ryegrass (*Lolium perenne*) or tall fescue (*Lolium arundinaceum*) pastures in small-scale dairy systems during the dry season in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 52, pp. 1903–1910. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02206-9>
- Grafit, Version 3, 1992. Data analysis and graphics program. Erithacus Software Ltd.
- Guadarrama-Estrada, J., Espinoza-Ortega, A., González-Esquivel, C.E. and Arriaga-Jordán, C.M., 2007. Inclusion of maize or oats-vetch silage for grazing Dairy cows in Small- Scale Campesino systems in the Highlands of Central Mexico. *Journal of Applied Animal Research*, 32, pp. 19-23. <http://dx.doi.org/10.1080/09712119.2007.9706839>
- Guevara-Mesa, A.L., Miranda-Romero, L.A., Ramírez-Bribiesca, J.E., González-Muñoz, S.S., Crosby-Galvan, M.M., Hernández-Calva, L.M. and Del Razo-Rodríguez, O.E., 2011. Protein fractions and *in vitro* Fermentation of Protein feeds for Ruminants. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 14, pp. 421-429. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/746/538>
- Guy, C., Hennessy, D., Gilliland, T.J., Coughlan, F. and McCarthy, B., 2018. Growth, morphology and biological nitrogen fixation

- potential of perennial ryegrass-white clover swards throughout the grazing season. *The Journal of Agricultural Science*, 156(2), pp. 188-199. <https://doi.org/10.1017/S0021859618000199>
- Haj-Ayed, M., González, J., Caballero, R. and Alvir, M.R., 2001. Effects of maturity on nutritive value of field-cured hays from common vetch and hairy vetch. *Animal research*, 50, pp. 31-42. DOI:10.1051/animres:2001103
- Huang, Y.F., Gao, X.L., Nan, Z.B. and Zhang, Z.X., 2017. Potential value of the common vetch (*Vicia sativa* L.) as an animal feedstuff: a review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(5), pp. 807-823. DOI:10.1111/jpn.12617
- Karabulut, A., Canbolat, O., Kalkan, H., Gurbuzol, F., Sucu, E. and Filya, I., 2007. Comparison of *in vitro* gas production, metabolizable energy, organic matter digestibility and microbial protein production of some legume hays. *Asian Australian Journal of Animal Science*, 20(4), pp. 517-522. [https://www.researchgate.net/publication/264147408\\_Comparison\\_of\\_In\\_vitro\\_Gas\\_Production\\_Metabolizable\\_Energy\\_Organic\\_Matter\\_Digestibility\\_and\\_Microbial\\_Protein\\_Production\\_of\\_Some\\_Legume\\_Hays](https://www.researchgate.net/publication/264147408_Comparison_of_In_vitro_Gas_Production_Metabolizable_Energy_Organic_Matter_Digestibility_and_Microbial_Protein_Production_of_Some_Legume_Hays)
- Krishnamoorthy, U., Soller, H., Steingass, H. and Menke, K.H., 1991. A comparative study on rumen fermentation of energy supplements *in vitro*. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 65, pp. 28-35. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1991.tb00237.x>
- López-González, F., Rosas-Dávila, M., Celis-Alvarez, M.D., Morales-Almaraz, E., Domínguez-Vara, I.A. and Arriaga-Jordán, C.M., 2017. Milk production under grazing of different pasture grasses in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Journal of Livestock Science*, 8, pp. 92-97. [https://www.researchgate.net/publication/315875121\\_Milk\\_production\\_under\\_grazing\\_of\\_different\\_pasture\\_grasses\\_in\\_small-scale\\_dairy\\_systems\\_in\\_the\\_highlands\\_of\\_central\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/315875121_Milk_production_under_grazing_of_different_pasture_grasses_in_small-scale_dairy_systems_in_the_highlands_of_central_Mexico)
- López-González, F., Cantú-Patiño, M.G., Gama-Garduño, O., Próspero-Bernal, F., Colín-Navarro, V. y Arriaga-Jordán, C.M., 2020. Praderas de festuca alta y ryegrass en pastoreo de vacas lecheras en sistemas de producción de leche en pequeña escala en los valles altos del centro de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(39), pp. 1-10. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3126/1447>
- Maxin, G., Andueza, D., Le Morvan, A. and Baumont, R., 2017. Effect of intercropping vetch (*Vicia Sativa* L.), field pea (*Pisum sativum* L.) and triticale (*X Triticosecale*) on dry matter yield, nutritive and ensiling characteristics when harvested at two growth stages. *Grass and Forage Science*, 72, pp. 777-784. DOI: 10.1111/g
- Mazumder, A.R., Kumaga, H. and Mitani, K. 2004. Diversity of chemical composition, dry matter intake, *in vivo* digestibility and *in situ* dry matter degradability of oat hay (*Avena sativa*). *Animal Science Journal*, 75, pp. 333-338. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2004.00194.x>
- Menke, K.H. and Steingass, H., 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, pp. 7-55.
- Muciño-Álvarez, M., Albarrán-Portillo, B., López-González, F. and Arriaga-Jordán, C.M., 2021. Multi-species pastures for grazing dairy cows in small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 53, pp. 113:1-9. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02564-y>
- Pell, A.N. and Schofield, P., 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. *Journal of Dairy Science*, 76, pp. 1063-1073. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77435-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77435-4)
- Plata-Reyes, D.A., Morales-Almaraz, E.A., Martínez-García, C.G., Flores-Calvete, G., López-González, F., Próspero-Bernal, F., Valdez-Ruiz, C.L., Zamora-Juárez, Y.G. and Arriaga-Jordán, C.M., 2018. Milk production and fatty acid profile of dairy cows grazing four grass species pastures during the rainy season in small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 50, pp. 1797-1805. DOI: 10.1007/s11250-018-1621-8
- Posada, S.L. y Noguera, R.R., 2005. Técnica *in vitro* de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development*, 17(4), pp. 1-8. <http://www.lrrd.org/lrrd17/4/posa17036.htm>

- Rayas, A.A., Estrada, J.G., Lawrence, F. and Castelán, O.A., 2012. Nutritional value of forage Species from the Central Highlands Region of Mexico at different stages of maturity. *Ciência Rural*, 42(4), pp. 705-712. <https://www.researchgate.net/publication/255703806>
- Robles Jiménez, L.E., Morales-Osorio, A., Gutierrez, M.D.G., Osorio, J., Castelan, O.A. and Gonzalez-Ronquillo, M., 2018. Forage yield, chemical composition and in vitro gas production of triticale varieties (x Triticosecale Wittmack) preserved by silage or hay. *Acta Agronómica*, 67(3), pp. 431-437. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n3.68127>
- Sallam, S.M.A., Nasser, M.E.A., El-Waziry, A.M., Bueno, I.C.S. and Abdalla, A.L., 2007. Use of an *in vitro* Rumen Gas Production Technique to Evaluate Some Ruminant Feedstuffs. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(1), pp. 34-41. <https://www.researchgate.net/publication/264868737>
- Sánchez, D.E., Arreaza, L.C. y Abadía, B., 2005. Estudio de la cinética de degradación *in vitro* de cuatro forrajes tropicales y una leguminosa de clima templado. *Revista Corpoica*, 6(1), pp. 58-68. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol6\\_num1\\_art:38](https://doi.org/10.21930/rcta.vol6_num1_art:38)
- Seguin, V., Lemauviel-Lavenant, S., Garon, D., Bouchart, V., Gallard, Y., Blanchet, B., Diquelou, S., Personeni, E., Gauduchon, P. and Ourry, A., 2010. An evaluation of the hygienic quality in single-species hays and commercial forages used in equine nutrition. *Grass and Forage Science*, 65, pp. 304–317. DOI: 10.1111/j.1365-2494.2010.00751.x
- Teuber, N., Balocchi, O. y Parga, J., 2007. Manejo del pastoreo. Proyecto Fia. INIA Remehue, Universidad Austral de Chile, Universidad de la Frontera, Fundación para la innovación agraria. Osorno, Chile.
- Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B. and France, J., 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 48, pp. 185-197. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90171-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90171-6)
- Viljoen, M., Brand, T.S. and Hoffman, L.C., 2005. Differences in the chemical composition and digestibility of cereal hay and straw produced in a Mediterranean rainfall area of South Africa. *South African Journal of Plant and Soil*, 22(2), pp. 106-109. <https://doi.org/10.1080/02571862.2005.10634690>