

Calidad de forraje orgánico e inorgánico de maíz y frijol Yorimón

Miguel Ángel Gallegos-Robles¹
J. Guadalupe Luna-Ortega^{2§}
Magdalena Galindo-Guzmán²
María Gabriela Cervantes-Vázquez¹
Daniela Monserrat Sánchez-Pérez²
Uriel González-Salas¹

¹Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 32, ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, México. CP. 34371. (garoma64@hotmail.com; cevga@hotmail.com; u.gonzalez@ujed.mx). ²Universidad Politécnica de la Región Laguna. Carretera al antiguo internado en Santa Teresa, San Pedro de las Colonias, Coahuila, México. CP. 27942. (magda.galindo@uprl.edu.mx; danielaspsl38@gmail.com).

§Autor para correspondencia: lupe.lunao@yahoo.com.mx.

Resumen

El objetivo de este estudio fue producir forraje orgánico a base de maíz y frijol Yorimón como alternativa a los forrajes convencionales en la Región Lagunera. El experimento se realizó en el ciclo de primavera-verano de abril a agosto de 2017. En cada parcela útil se cosecharon tres plantas de maíz y tres de frijol, las cuales fueron finamente picadas y mezcladas para formar un compuesto balanceado del cual se utilizó un kilo para los análisis bromatológicos. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. En PC de los forrajes orgánicos e inorgánicos, no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) y los valores encontrados estuvieron dentro de los valores óptimos para vacas en producción. PC correlacionó positivamente con la TND y ENL ($p < 0.01$). La calidad del forraje combinado entre maíz y frijol Yorimón mostró que es una alternativa a los forrajes convencionales.

Palabras clave: alto rendimiento, fertilización inorgánica, fertilización orgánica.

Recibido: noviembre de 2021

Aceptado: enero de 2022

Introducción

En México la Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera del país. Produce más de 2 433 millones de litros de leche anuales provenientes de un hato de más de 465 mil cabezas de ganado (SIAP, 2017a; 2017b). Existe la necesidad de buscar nuevas alternativas de forraje para reducir costos de producción, un menor consumo de agua y mantener o mejorar la calidad nutricional del forraje, principalmente para el ganado bovino lechero, dado que en la Comarca Lagunera se encuentra la cuenca lechera más grande del país. Esto hace necesario realizar estudios en uno de los cultivos de mayor demanda como lo es el maíz (*Zea mays* L.) forrajero en asociación con otras especies, como el frijol Yorimón (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) a fin de satisfacer las necesidades de alimentación en la dieta de vacas lecheras, dada su alta productividad y calidad en verde y ensilado (LACTODATA, 2011).

Es importante buscar mejores alternativas en cuanto a genotipos que aseguren altos rendimientos de forraje tomando en cuenta una mayor relación hoja-tallo, elote-planta, alta producción de materia seca y mayor calidad nutritiva (Clark *et al.*, 2002). Impulsar el desarrollo de la ciencia hacia nuevos enfoques de producción que garanticen mayor eficiencia para enfrentar los crecientes problemas de seguridad alimentaria, ha creado la necesidad de buscar alternativas sostenibles para ofrecer alimento animal a menor costo y mayor productividad (FAO, 2017). Dentro de estos alimentos se encuentran los forrajes, que pueden ser utilizados en verde, henificados o ensilados. Las características de un buen forraje incluyen: el contenido de nutrientes, la digestibilidad, la palatabilidad, el rendimiento, entre otros.

El maíz es un cultivo ideal para ensilar por su alto contenido de carbohidratos disponibles, su alto rendimiento de materia verde y su bajo costo de producción (Ahlgren 1949; Inchausti y Tagle, 1987). El maíz es el cereal que más se produce en el mundo, es una de las más importantes fuentes de alimento para el ganado (Serna, 2006). El frijol Yorimón es una leguminosa herbácea con hábito de crecimiento erecto, semierecto y rastrero, que crece entre 50 y 100 cm; bien adaptado a diferentes suelos y climas (Cook *et al.*, 2005). Tiene su origen en Asia y los centros de diversidad genética están ubicados en África e India (Phansak *et al.*, 2005); sin embargo, se siembra en varios países del continente africano, europeo y americano, siendo este último donde es más consumido (Apáez *et al.*, 2009).

Por ser una leguminosa de alto contenido nutricional es importante evaluarla, ya que de ella se alimenta un buen porcentaje de la población mundial (Singh *et al.*, 2003; Lewis *et al.*, 2005). Se cultiva en más de dos tercios de los países en desarrollo como un compañero de cultivo con los principales cultivos de cereales (Agbogidi, 2010). El frijol Yorimón tiene varios usos, entre los que se pueden mencionar como abono verde (Beltrán-Morales *et al.*, 2009), cobertura, heno, ensilaje, concentrado y alimentación humana como refieren López y Bressani (2008); Mayz *et al.* (2010); Vargas *et al.*, 2012), además de que se usa en la alimentación del ganado vacuno (Vendramini *et al.*, 2012), es una leguminosa que por muchos años se ha utilizado como forraje para aves y cerdos (Murillo-Amador *et al.*, 2000; Castro *et al.*, 2002) y aves de corral (Sarmiento *et al.*, 2011).

Lo anterior es debido a que es uno de los cultivos más adaptables, versátiles y nutritivos, con un alto contenido proteico y alta digestibilidad investigaciones como las de Ramakrishnan *et al.* (2005); Apáez *et al.* (2009). La especie se adapta fácilmente a diferentes condiciones estresantes

(Gómez *et al.*, 2013); sin embargo, es necesario considerar factores tales como el tipo de suelo, el clima, la competencia con malezas refieren Shindoi *et al.* (2012); Cardona *et al.* (2013) y la variedad utilizada (Ávila *et al.*, 2010). El objetivo de este estudio fue buscar nuevas alternativas de forraje orgánico a base de frijol Yorimón y maíz buscando mantener la calidad del forraje principalmente para el ganado bovino lechero.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el campo experimental de la Universidad Politécnica de la región Laguna, en el ejido de Santa Teresa, municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, de Zaragoza, México localizado en las coordenadas geográficas: longitud 103.355833 y latitud: 25.774722, localizado a una altura de 1 020 msnm, su clima es seco, desértico, precipitación media anual de 258 mm y temperatura media anual de 21 °C (García, 1973). El experimento se realizó en el ciclo de primavera-verano de abril a agosto de 2017.

Para el cultivo de maíz se utilizó el híbrido AN 447 (Instituto Mexicano del Maíz UAAAN-Salttillo, México) con un 95% de pureza genética. Ambos cultivos se sembraron en tierra venida el 20 de abril de 2017, utilizando surcos alternos, dos surcos de maíz y luego dos surcos de frijol. Para los surcos de maíz se sembraron de 10 a 12 semillas por metro lineal, y para el cultivo de frijol se sembró de 5 a 6 semillas por metro lineal, teniendo una densidad de población para el maíz de 88 000 plantas ha⁻¹ y para el frijol de 75 000 plantas ha⁻¹. El tamaño de la parcela experimental fue de 458 m². Cada parcela útil consistió en cuatro surcos de cuatro metros lineales y separación entre surcos de 0.8 m para una superficie de 9.6 m².

En la siembra se aplicó un riego de pre siembra y posteriormente se aplicaron tres riegos de auxilio cada 30 días para una lámina total de 80 cm. El corte de los dos cultivos se realizó el 26 de agosto del 2017 a los 130 días después de la siembra debido a que el maíz AN-447 es de ciclo tardío y coincidió con la maduración del frijol orgánico Yorimón. Los tratamientos objeto de estudio consistieron en dos fuentes de fertilización, una orgánica y una inorgánica. La fertilización inorgánica fue de 156.6 kg ha⁻¹ de N (urea), 46 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (DAP) y la fertilización orgánica fue en base a vermicomposta aplicando una dosis 15 000 kg ha⁻¹, la cual presentó un pH de 8, conductibilidad eléctrica de 3.1 dS m⁻¹, materia orgánica de 7.3%, NO₃ 6.21 mg kg⁻¹, fósforo 38.2 mg kg⁻¹, potasio 215 mg kg⁻¹, calcio 39.1 mg kg⁻¹, Mg 1.5 mg kg⁻¹, Fe 20.8 mg kg⁻¹, Mn 4.1 mg kg⁻¹, Zn 1.3 mg kg⁻¹, Cu 0.8 mg kg⁻¹.

Las labores culturales se realizaron de acuerdo con el paquete tecnológico para la región laguna recomendado por Agroder (2012) producción de maíz México, 2010. Comparativo estatal modalidad de temporal y riego. La preparación de las muestras de forraje para los análisis bromatológicos, en cada parcela útil se cosecharon tres plantas de maíz y tres de frijol, teniendo una proporción de 75% de maíz y 25% de frijol, las cuales fueron finamente picadas y mezcladas para formar un compuesto balanceado del cual se pesó un kilo y fue puesto en bolsa de papel etiquetado para luego secar en estufa con aire forzado a 72 °C durante 24 h. El análisis bromatológico de las muestras secas se realizó en el laboratorio de la Cooperativa Agropecuaria, SA de CV en Gómez Palacio, Durango.

Las variables que se midieron fueron: fibra cruda (FC), cenizas (CEN), proteína cruda (PC), total de nutrientes digeribles (TND), energía neta de lactancia (ENL), extracto etéreo (EE), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND). Los análisis químicos fueron realizados bajo las normas oficiales mexicanas, para FC se realizó la determinación mediante la digestión ácida y alcalina obteniendo como residuo la fibra cruda y sales, que siendo sometida a calcinación se obtiene la fibra cruda presente, para CEN en un crisol a peso constante se pusieron 5 g de muestra colocándolo una mufla y fue calcinada completamente a 550 °C por 12 h, para PC se cuantificó mediante el método Kjeldahl, donde se usa el sulfato de cobre como catalizador y el sulfato de sodio con el fin de aumentar la temperatura de la mezcla acelerando la digestión, una vez terminado realizar la destilación y titular lo obtenido con HCl 0.1 N. Cuantificando el nitrógeno total y multiplicándolo por 6.25 se obtuvo la proteína.

La cuantificación de la FAD se realizó de la siguiente forma, se tomó 1 g de muestra seca previamente molida y tamizada añadiéndole 100 ml de solución ácido detergente, llevando a ebullición por 2 h, filtrando por gravedad en un crisol, una vez terminado se lavó el crisol con 300 ml de agua destilada caliente, el residuo fue lavado con acetona y se secó en el crisol a 105 °C por 12 h, se enfrió en desecador y posteriormente se pesó.

Para FND de igual forma se tomó 1 g de muestra molida a la cual se le añadió 100 ml de solución neutro detergente y 2 ml de amilasa, llevado a ebullición por 1 h, después se filtró con vacío en crisol, el cual fue lavado con agua caliente y finalmente se lavó 2 veces con acetona secando con vacío, se secó el crisol en un horno a 105 °C por 12 h, luego se enfrió en el desecador como desecante utilizando pentóxido de fósforo y se pesó para finalizar. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza, comparación múltiple de medias (DMS, $\alpha = 0.05$) y correlación de Pearson, con el programa SAS (V 9.2).

Resultados y discusión

Los valores medios de las variables evaluadas de calidad del forraje (Cuadro 1), en el extracto etéreo no hubo diferencias significativas entre los tipos de fertilización ($p > 0.05$). Los valores observados tanto en el forraje orgánico como en el inorgánico estuvieron dentro de los valores normales, los cuales no deben superar un valor de 6% ya que de otra forma se afecta la función ruminal. El extracto etéreo es un indicador del aporte de ácidos grasos esenciales en el metabolismo animal Campos-Granados y Arce-Vega (2016). En la variable fibra cruda se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$), encontrándose el valor más alto en el tratamiento inorgánico.

Los valores observados en ambos tipos forraje en este trabajo están dentro los valores óptimos de fibra cruda requeridos en los alimentos, 18% al 25% de la ración diaria (Anrique, 2014). La fibra cruda es importante para estimular la función del rumen y como precursora de la grasa de la leche (Blanco-Callancho *et al.*, 2018) (Cuadro 1). En el contenido de cenizas no hubo diferencias significativas entre la fertilización orgánica e inorgánica ($p > 0.05$). El contenido óptimo de ceniza en los forrajes es de alrededor de 5 y 9% para forraje de maíz y de leguminosas respectivamente; sin embargo, también se han observado valores de hasta 10 y 18% en estos mismos forrajes (Hoffman, 2005).

Cuadro 1. Comparación de medias para variables de calidad de forraje orgánico e inorgánico.

Tratamiento	Media general \pm desviación estándar		DMS
	Orgánico	Inorgánico	
EE (%)	4.5 a \pm 0.198	3 a \pm 0.192	3.16
FC (%)	18.6 b \pm 0.94	20.9 a \pm 1.1	1.54
CEN (%)	13.3 a \pm 1.05	13.9 a \pm 1.18	0.85
PC (%)	14.9 a \pm 1.57	12.2 a \pm 2.58	7.4
FAD (%)	36.7 a \pm 1.22	33.3 a \pm 1.96	4.8
FND (%)	57 a \pm 3.24	55.1 a \pm 5.77	4.4
TND (%)	51.8 a \pm 1.4	58.0 a \pm 2.26	10.4
ENL (Mcal kg ⁻¹)	1.5 a \pm 0.03	1.54 a \pm 0.05	0.04

EE= extracto etéreo; FC= fibra cruda; CEN= cenizas; PC= proteína cruda; FAD= fibra ácido detergente; FND= fibra neutro detergente; TND= total de nutrientes digeribles; ENL= energía neta de lactancia. Los valores corresponden al promedio de datos \pm error estándar. Subíndices con letras diferentes indican diferencias estadísticas (DMS, $p \leq 0.05$) en cada fila.

Los valores observados en este trabajo están arriba de los valores considerados como óptimos, pero por debajo de los valores considerados altos en forraje de maíz y leguminosas (Cuadro 1). Respecto a la proteína cruda, no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) los valores encontrados en este trabajo están dentro de los valores recomendados para vacas lecheras en producción (Moreno, 1982), siendo mayor el valor encontrado en la fertilización orgánica (14.9 ± 1.57) y ambos valores de porcentaje de proteína superaron el valor encontrado por Silva *et al.* (2016). Las necesidades de proteína de las vacas dependen de la producción de leche diaria y del peso de la vaca. Moreno (1982) menciona un rango óptimo de proteína de 11 a 16% para vacas lecheras en producción.

En las variables fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND) no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos orgánico y químico. La fibra ácido detergente es usada para estimar la energía que se obtendrá del forraje (INIFAP, 2006); los valores de FAD encontrados en este trabajo superaron con 5.3% (forraje inorgánico) y 8.7% (forraje orgánico) el valor óptimo de 28% requerido en forrajes de calidad (Gallegos-Ponce *et al.*, 2012), lo cual puede ser atribuido al grado de madurez que presentaban los cultivos al momento de la cosecha (Sha *et al.* 2016) (Cuadro 1). La fibra neutro detergente (FND) determina qué tanto forraje consumirá el animal y la digestibilidad, entre más alto el valor de FND menor consumo (Arnold *et al.*, 2019). Valores aceptables de FND en híbridos de maíz están por debajo de 50% (INIFAP, 2006; Gallegos-Ponce *et al.*, 2012).

Los valores de FND de este trabajo superaron el valor de referencia con 5.1 y 7% respectivamente para la fertilización inorgánica y orgánica (Cuadro 1). El total de nutrientes digeribles (TND), como unidad de expresión del contenido energético de los alimentos, constituye una medida aproximada de la digestibilidad (Brautigan, 2007). Se utiliza la variable TDN como indicadores para evaluar la calidad de henos de leguminosas o gramíneas o para la asignación de forraje a grupos de animales de acuerdo con los requerimientos nutricionales (Carr *et al.*, 2004; Strydhorts *et al.*, 2008). Los valores óptimos de TND deben estar arriba de 65%, valor que no fue superado por los valores encontrados en este trabajo (58 y 51.8% respectivamente para el forraje inorgánico y orgánico); sin embargo, superaron los valores encontrados por Moreno-Reséndez *et al.* (2017) (Cuadro 1).

La energía neta de lactancia (ENL) es la energía empleada en la producción de leche y de acuerdo con el NRC (2001) una vaca Holstein en producción requiere de 1.5 a 1.8 Mcal kg⁻¹ de materia seca consumida. Los valores encontrados de ENL en este trabajo estuvieron en el límite inferior considerado como óptimo, siendo ligeramente mejor el valor observado en el forraje inorgánico, aunque estadísticamente no hubo diferencias significativas entre ambos tipos de forrajes. Los valores de ENL de este trabajo superaron en 53 y 46% a los valores encontrados por Moreno-Reséndes *et al.* (2017) quienes reportaron valores de 0.98 y 1.05 Mcal kg⁻¹ de materia seca respectivamente para la fertilización orgánica e inorgánica (Cuadro 1).

Los coeficientes de correlación de Pearson entre variables de calidad (Cuadro 2), el EE correlacionó positivamente con la FC ($p < 0.05$), con TND ($p < 0.01$) y con ENL ($p < 0.01$). Esta asociación de acuerdo con Cañas (1995) es adecuada dado que el EE favorece la asimilación de nutrientes, da sabor a la ración y evita la disgregación del alimento. La variable TDN se utiliza como indicador para evaluar la calidad de henos de leguminosas o gramíneas (Carr *et al.*, 2004; Strydhorts *et al.*, 2008).

Cuadro 2. Coeficientes de correlación para variables nutricionales en el forraje combinado maíz y frijol Yorimón.

	EE	FC	CEN	PC	FAD	FND	TND	ENL
EE	1	0.4614*	0.013	0.1922	-0.5582**	0.0103	0.5583**	0.5596**
FC		1	0.2065	0.4103*	-0.6692**	0.2271	0.6693**	0.6441**
CEN			1	0.6395**	-0.2883	0.4815*	0.2887	0.2693
PC				1	-0.7635**	0.0086	0.7637**	0.7490**
FAD					1	0.4015	-1**	-0.9979**
FND						1	-0.5063*	-0.5084*
TND							1	0.9979**
ENL								1

FC= fibra cruda; CEN= cenizas; PC= proteína cruda; FAD= fibra ácido detergente; FND= fibra neutro detergente; TND= total de nutrientes digeribles; ENL= energía neta de lactancia; **= $p \leq 0.01$; *= $p \leq 0.05$.

La relación observada positiva y significativa ($p < 0.01$) entre ENL y FC en el forraje compuesto de maíz y el frijol Yorimón obtenido se considera aceptable dado que los valores de FC estuvieron dentro de los rangos aceptados como óptimos pues de haber sido altos se hubiera esperado una ENL baja debido a que la FC se consideraría no digestible (Saha *et al.*, 2017). Respecto a la relación positiva y significativa ($p < 0.01$) entre ENL y PC en el forraje obtenido, dado que la PC estuvo dentro del rango óptimo, se considera suficiente para sustentar las necesidades de crecimiento, mantenimiento, reproducción y lactancia (Saha *et al.*, 2017).

Dado que TND es una medida del valor energético de un alimento, la asociación positiva y significativa ($p < 0.01$) con ENL, señala un incremento en la energía digestible conforme aumenta TND (Jayanegara *et al.*, 2019). También ENL correlacionó en forma negativa y significativa con FAD y FND señalando que a mayores contenidos de fibra la ENL es menor (Espinoza-Canales, 2017). La variable TND correlacionó positiva y significativamente ($p < 0.01$) con EE, FC y PC. Estas relaciones, en esas magnitudes y sentido, representan la cantidad de energía digestible en el

alimento proveniente de la fracción verdaderamente digestible (Elizondo-Salazar, 2020). Correlaciones negativas y significativas ($p < 0.01$) se observó entre TND con FAD y FND. Se sabe que el TND tiende a disminuir conforme aumentan la FAD y FND a través del proceso de maduración de los forrajes (Espinoza-Canales, 2017) por lo que la fecha de corte del forraje será determinante para mantener un contenido y disponibilidad de nutrientes.

Conclusiones

Como en la mayoría de las variables, excepto una, no hubo diferencia significativa entre los dos tipos de fertilización y dado que resulta más costosa la fertilización inorgánica que la orgánica y además de que los productos orgánicos tienen mayor aceptación en el mercado se puede considerar que la fertilización orgánica es una opción adicional a la inorgánica para mantener la calidad del forraje. El combinado entre maíz y frijol Yorimón mostró que es una alternativa a los forrajes convencionales usados, además del carácter orgánico y sustentable que cuida al ambiente porque no lo contaminan y está a la disposición de toda la sociedad.

Literatura citada

- Agbogidi, O. M. 2010. Screening six cultivars of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) for adaptation to soil contaminated with spent engine oil. *J. Environ. Chem. Ecotoxicol.* 7(2):103-109.
- Agroder, S. C. 2012. Producción de maíz México. Comparativo estatal modalidad de temporal y riego. http://www.agroder.com/documentos/publicaciones/produccion-de-maiz-en-mexico-AgroDer_2012.pdf.
- Ahlgren, G. H. 1949. Forage crops. 1st Ed. McGraw-Hill. New York, USA. 418 p.
- Anrique, G. R. 2014. Composición de alimentos para el ganado bovino. 4^{ta} Ed. América impresores. Chile, Chile. 91 p.
- Apáez, B. P.; Escalante, E. J. A.; Rodríguez, G. M. T.; Olalde, G. V. M. y Ramírez, V. P. 2009. Frijol chino (*Vigna unguiculata* L. (Walp)) su cultivo, importancia económica y medicinal. *Rev. Altern.* 19(1):21-26.
- Arnold, A. M.; Cassida, K. A.; Albrecht, K. A.; Hall, M. H.; Min, D.; Xu, X.; Orloff, S.; Undersander, D. J.; Van, S. E. and Sulc, R. M. 2019. Multistate evaluation of reduced-lignin alfalfa harvested at different intervals. *Crop Sci.* 4(59):1799-1807.
- Ávila, M. M. R.; González, R. H.; Rosales, S. R.; Espinoza, A. J. J.; Pajarito, R. A.; Zandate, H. R. y Herrera, M. D. 2010. Adoption and economic impact of Pinto Saltillo improved bean cultivar in North-Central México. Annual report of the bean improvement cooperative. 1(53):242-243.
- Beltrán, M. F. A.; García, H. J. L.; Ruiz, E. F. H.; Fenech, L. L., Murillo, A. B.; Palacios, E. A. and Troyo, D. E. 2009. Nutritional potential of red dolichos, brown dolichos and cowpea for green manure produced under three tillage Systems. *Tropical and Subtrop. Agroecosyst.* 3(10):487-495.
- Blanco, C. F.; Loza, M. M. G.; Achu, N. C. y Chura, L. F. 2018. Producción de leche en vacas mestizo Holstein (*Bos taurus* L.) pastoreadas en paraderas nativas en comparación con las suplementadas con borra de cerveza y maíz amarillo. *J. Selva Andina Animal Sci.* 2(5):65-78.

- Brautigam, I. M. 2007. Nutrición animal. 1^{ra}. Ed. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 120 p.
- Campos-Granados C. M. y Arce-Vega, J. 2016. Sustitutos de maíz utilizados en la alimentación animal en costa rica. *Nutrición Animal Tropical*. 2(10):91-113.
- Cañas, C. R. 1995. Alimentación y nutrición animal. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. Colección en Agricultura. Santiago, Chile. 50-575 pp.
- Cardona, A. C.; Jarma, O. A. y Araméndiz, T. H. 2013. Mecanismos de adaptación a sequía en caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.). Una revisión. *Rev. Colomb. Cienc. Hortíc.* 7(2):277-288.
- Carr, P. M.; Horsley, R. D. and Poland, W. W. 2004. Barley, oat and cereal-pea mixtures as dryland forages in the northern plains. *Agron. J.* 3(96):677-684.
- Castro, M.; Díaz, J.; Castañeda, J.; Báez, L.; Hernández, L. L.; y Cabrera, J. J. and Cino, D. M. 2002. A nutritional alternative as protein source for growing pigs: *Vigna unguiculata* cv INIFAT-93. *Cuban J. Agric. Sci.* 4(36):347-350.
- Clark, P. W.; Kelm, S. and Endres, M. I. 2002. Effect of feeding a corn hybrid selected for leafiness as silage or grain to lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 3(85):607-612.
- Cook, B. G.; Pengelly, B. C.; Brown, S. D.; Donnelly, J. L.; Eagles, D. A.; Franco, M. A.; Hanson, J. Mullen, B. F.; Partridge, I. J. and Peters, M. and Schultze, K. R. 2005. Tropical Forages: an interactive selection tool. Brisbane, Australia. <https://hdl.handle.net/10568/33575>.
- Elizondo, S. J. A. 2020. Estimación de la energía calórica en alimentos para ganado de leche según el modelo del NRC (2001). *Nutrición Animal Tropical*. 14(2):39-50. Doi:10.15517/nat.v14i2.43614.
- Espinoza, C. A.; Gutiérrez, B. H.; Sánchez, G. R. A.; Muro, R. A.; Gutiérrez, P. F. J. y Corral, L. A. 2017. Calidad de forraje de canola (*Brassica napus* L.) en floraciones temprana y tardía bajo condiciones de temporal en Zacatecas, México. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 8(3):243-248.
- FAO. 2017. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. El trabajo de la FAO sobre el cambio climático. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Roma: Italia. 40 p. <http://www.fao.org/3/a-i8037s.pdf>. 2017.
- Gallegos, P. A.; Martínez, R. A.; Fernando, S. M.; Figueroa, V. R.; Berumen, P. S.; Venegas, S. J.; Quevedo, G. J. D.; Escobedo, L. D. y Silos, C. M. C. 2012. Nutritional quality of forage maize (*Zea mays* L.) under limited water logging conditions. *AGROFAZ*. 12(1):59-66.
- García, A. E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, DF. 13-16 pp.
- Gómez, P. E. J.; Argentel, M. L.; Ávila, A. C.; Alarcón, B. K.; López, S. R.; Ruiz, D. B.; Fernández, P. M. y Eichler, L. B. 2013. Evaluación de la tolerancia a la salinidad en frijol Caupí a partir de variables relacionadas con la nodulación y la acumulación de nitrógeno foliar. *Cultivos Tropicales*. 3(34):11-16.
- Hoffman, P. C. 2005. Ash content of forages. *Focus on forage*. 1(7):1-2.
- Inchausti, D. and Tagle, E. C. 1987. *Bovinotecnia*. 1^{ra}. Ed. El Ateneo. Buenos Aires, Argentina. 729 p.
- INIFAP. 2006. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. 1^{ra}. Ed. Libro científico núm. 3.
- Jayanegara, A.; Ridla, M.; Laconi, N.; Laconi, E. B. 2019. Estimation and validation of total digestible nutrient values of forage and concentrate feedstuffs. *IOP Conf. Series: materials science and engineering*. 546042016. 1- 5 pp. doi:10.1088/1757-899X/546/4/042016.
- LACTODATA. 2011. Información sobre el sector lechero en México. 10-12 pp. <http://www.lechemexico.org.mx>.

- Lewis, G.; Schrire, B.; Mackinder, B. and Lock, M. 2005. Legumes of the world. Royal Botanic Gardens, Kew. University of Chicago Press. Illinois, USA. 592 p.
- López, G. C. M. y Bressani, R. 2008. Uso del cowpea (*Vigna unguiculata*) en mezclas con frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en el desarrollo de nuevos productos alimenticios. Arch. Latinoam. Nutric. 1(58):71-80.
- Mayz, J.; Larez, A. y Alcorces, A. 2010. Efectividad de cepas rizobianas nativas de sabana en *Vigna unguiculata* (L.) Walp. cv C4A-3. Rev. Colomb. Biotecnol. 2(12):194-202.
- Moreno, G. J. 1982. El maíz forrajero: una opción en las explotaciones ganaderas. Pastos. 1(12):157-170.
- Moreno-Resendes, A.; Cantú, B. J. E.; Reyes-Carrillo, J. L. and Contreras-Villareal, V. 2017. Forage maize nutritional quality according to organic and inorganic fertilization. Sci. Agropec. 1(8):127-135.
- Murillo, A. B.; Troyo, D. E.; García, H. J. L.; Landa, H. L. y Larrinaga, M. J. A. 2000. El frijol Yorimón leguminosa tolerante a sequía y salinidad. 1^{ra}. Ed. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Baja California Sur, México. 5-6 pp.
- NRC. 2001. National Research Council. Nutrients requirements of dairy cattle. 7th Ed. National Academy Press. Washington, DC, USA. 13-25 pp.
- Phansak, P. P.; Taylor, P. W. J. and Mongkolporn, O. 2005. Genetic diversity in yard long bean (*Vigna unguiculata* ssp. sesquipedalis) and related *Vigna* species using sequence tagged microsatellite site analysis. Sci. Hortic. 2(106):137-146.
- Ramakrishnan, K.; Gnanam, R.; Sivakumar, P. and Manickam, A. 2005. *In vitro* somatic embryogenesis from cell suspension cultures of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Plant Cell Reports. 8(24):449-461.
- Saha, U. K.; Sonon, L. S.; Hancock, D. W.; Hill, N. S.; Stewart, L.; Heusner, G. L. and Kissel, D. E. 2017. Common terms used in animal feeding and nutrition. Bulletin 1367. extension.uga.edu.
- Sarmiento, F. L.; Gorocica, P. E.; Ramírez, A. L.; Castillo, C. J.; Santos, R. R. and Díaz, M. F. 2011. True metabolizable energy and digestibility of five *Vigna unguiculata* varieties in chickens. Trop. Subtrop. Agroecosyst. 14:179-183.
- Serna, G. H. 2006. Servicio al cliente. Una nueva visión: clientes para siempre. 3^{ra}. Ed. Bogotá, Colombia. 37-39 pp.
- Sha, D.; Ming, X. and Junhu, Y. 2016. Relationship between fiber degradation kinetics and chemical composition of forages and by-products in ruminants. J. Appl. Animal Res. 1(44):189-193.
- Shindoi, M. M. J. F.; Prause, J. and Jover, P. L. 2012. Descomposición de *Vigna unguiculata* (Caupí) en un Argiudol típico de colonia Benítez, Chaco. Rev. Inv. Agropec. 1(38):86-90.
- SIAP. 2017a. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance-siap-gb/pecAvanceProd.jsp>.
- SIAP. 2017b. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Avance de siembras y cosechas.
- Silva, T. M.; Medeiros, A. N.; Oliveira, R. L.; Gonzaga, N. S.; Queiroga, R. C.; Ribeiro, R. D.; Leão, A. G. and Bezerra, L. R. 2016. Carcass traits and meat quality of crossbred boer goats fed peanut cake as a substitute for soybean meal. J. Animal Sci. 7(94):2992-3000.
- Singh, B. B.; Ajeigbe, H. A.; Tarawali, S. A.; Fernandez, R. S. and Abubakar, M. 2003. Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. Field Crops Res. 1-2(84):169-177.

- Strydhorts, S. M.; King, J. R.; Lopetinsky, K. J. and Harker, K. N. 2008. Forage potential of intercropping barley with faba bean, lupin, or feal pea. *Agron. J.* 1(100):182-190.
- Vargas, A. Y. R.; Villamil, O. E. L.; Murillo, P. O.; Murillo, A. W. y Solanilla, D. J. F. 2012. Caracterización fisicoquímica y nutricional de la harina de frijol caupí (*Vigna unguiculata*) L. cultivado en Colombia. *Vitae.* 1(19):320-321.
- Vendramini, J. M. B.; Arthington, J. D. and Adesogan, A. T. 2012. Effects of incorporating cowpea in a subtropical grass pasture on forage production and quality and the performance of cows and calves. *Grass Forage Science.* 1(67):129-135.