



Short note [Nota corta]

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO Y FERMENTACIÓN RUMINAL *IN VITRO* DE EXCRETAS DE ORIGEN ANIMAL PARA USO EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES[†]

[BROMATOLOGICAL ANALYSIS AND RUMINAL FERMENTATION *IN VITRO* OF EXCRETA OF ANIMAL ORIGIN FOR USE IN THE FEEDING OF RUMINANTS]

René Pinto Ruiz¹, Roselia Ramírez Díaz^{1,*}, Francisco Guevara Hernández¹, Deb Raj Aryal¹, José Apolonio Venegas Venegas¹, Luis Alberto Miranda Romero² and Alexander Chacón Castillo¹

¹ Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agronómicas, 30470, Villaflores, Chiapas, México. E-mail: pinto_ruiz@yahoo.com.mx, ramirez.rrd@gmail.com*, fragueher@prodigy.net.mx, debraj.aryal@hotmail.com, polo_tex1@hotmail.com, chander_365@hotmail.com

² Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Zootecnia, Posgrado en Innovación Ganadera, Texcoco, Estado de México, México. microbiologia.pecuaria08@gmail.com

* Corresponding author

RESUMEN

El objetivo fue determinar la degradación y la cinética de fermentación *in vitro* de las excretas de pollinaza y cerdaza producidas y comercializadas para la alimentación de rumiantes en el estado de Chiapas, México. Se realizaron doce muestreos una vez terminado el ciclo reproductivo de dos granjas productoras de pollos y cerdos. A las muestras de excretas se realizó un análisis bromatológico (materia seca, materia orgánica, cenizas, proteína cruda, fibra detergente neutra y fibra detergente ácido), producción de gas *in vitro* (volumen máximo, tasa, fase lag, fracciones de fermentación rápida, media y lenta), contenido de hemicelulosa y cobre. Se utilizó un diseño completamente al azar y la comparación de medias se realizó utilizando el procedimiento de Tukey ($p < 0,05$). Las pollinazas poseen mayor ($p < 0,05$) contenido de materia orgánica que la cerdaza, lo cual se refleja en mayor ($p < 0,05$) volumen máximo (Vm) de gas durante la fermentación. La cerdaza posee un menor contenido de proteína cruda y mayor contenido de cobre en comparación a la pollinaza ($p < 0,05$), así como mayor concentración de fibra detergente ácida (FDA), por lo tanto, las pollinazas presentan mejores parámetros (Vm, tasa y fase lag) y fracciones de fermentación comparación a la cerdaza. Se concluye que las pollinazas poseen mejor composición química que la cerdaza, sobre todo en términos de PC y MO, por lo que se fermentan más favorablemente en rumen en comparación a la cerdaza, posiblemente esto último provocado por el alto contenido de cobre de ésta, lo que sugiere su uso limitado en la alimentación animal.

Palabras clave: Cerdaza; pollinaza; producción de gas; calidad nutricional.

SUMMARY

The objective was determine the degradation and kinetics of *in vitro* fermentation of excreta of excreta produced and marketed for the feeding of ruminants in the state of Chiapas, Mexico. Twelve samplings were made once the reproductive cycle of two chicken and pig producing farms was completed. A bromatological analysis was performed on the excreta samples (dry matter, organic matter, ash, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber), *in vitro* gas production (maximum volume, rate, lag phase, fractions of fast, medium and slow fermentation), hemicellulose and copper content. A completely randomized design was used, and the comparison of means was performed using the Tukey procedure ($p < 0,05$). The poultry manure has greater ($p < 0,05$) content of organic matter than swine excreta, which is reflected in a higher ($p < 0,05$) maximum volume (MV) of fermentation gas. The swine excreta it has a lower crude protein content and higher copper content compared to the poultry manure ($p < 0,05$), as well as higher concentration of acid detergent fiber (ADF), thus, the poultry manure present better parameters (MV, rate and lag phase) and fractions of fermentation compared to the swine excreta. It is concluded that the poultry manure they have a better chemical composition tan swine excreta, possibly the latter caused by the high copper content of this, suggesting its limited use in animal feed.

Keywords: Swine excreta; poultry manure; gas production; nutritional quality.

[†] Submitted November 6, 2018 – Accepted March 6, 2019. This work is licensed under a [CC-BY 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

INTRODUCCION

La pollinaza y cerdaza son subproductos derivados de la engorda de aves y cerdos; los cuales se usan en la formulación y elaboración de alimentos para rumiantes en el trópico (González *et al.*, 2010; Zamora, 2008; Gutiérrez *et al.*, 2003). Las excretas como ingredientes en una dieta permiten complementar deficiencias de proteína cruda y de minerales en los pastos, como fuente de fibra en dietas integrales para rumiantes en crecimiento medio o finalización (Arce *et al.*, 2015). El uso de excretas en la alimentación de rumiantes en las áreas tropicales, es una alternativa de alimentación que contribuye a mejorar la productividad y rentabilidad del sistema de producción debido a que es una fuente de nutrientes de bajo costo (Obeidat *et al.*, 2011); además, es una alternativa para reducir esta fuente como contaminante. En la actualidad, es necesario conocer métodos adecuados para el uso de estos subproductos, debido a que se desconoce si las excretas tienen efecto de reducir o limitar el consumo por los rumiantes. En la literatura existen reportes sobre la composición química de las excretas, demostrando su potencial proteico y energético (Aranda *et al.*, 2016; Citalan *et al.*, 2015; Elizondo y Campos, 2014; González *et al.*, 2010), así mismo, se ha comprobado que el uso de excretas en la alimentación de rumiantes mejora la respuesta productiva (Bórquez *et al.*, 2018; Cabrera-Núñez *et al.*, 2018); sin embargo, resultados sobre su uso a nivel ruminal es limitado (Kazemi-Bonchenari *et al.*, 2017; González *et al.*, 2014). En este sentido, la técnica de producción de gas *in vitro* se ha utilizado ampliamente para evaluar el efecto de diferentes forrajes, alimentos, dietas y aditivos en la fermentación ruminal (Jiao *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2014), así como para determinar la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas liberado (Dos Santos *et al.*, 2019; Rodrigues *et al.*, 2009) a la vez que, por su sensibilidad, puede mostrar la presencia de inhibidores de estos procesos. Por ello, el objetivo fue determinar calidad nutricional y la fermentación ruminal *in vitro* de las excretas de pollinaza y cerdaza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área de estudio

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Autónoma Chiapas, ubicado en el municipio de Villaflores, Chiapas, entre los 16°16'33.7" longitud Norte y los 93°17'03.0" longitud Oeste. La región presenta una precipitación media anual de 1.100 mm y una temperatura media anual de 25°C (García, 1988).

Obtención de las muestras

Las muestras se obtuvieron, de manera aleatoria y por triplicado, en las empresas avícolas y porcícola más importantes del estado de Chiapas, específicamente en los municipios de Villaflores (Región Frailesca) y Ocozacoautla (Región Valle Zoque), que constituyen el mayor centro de comercialización de excretas para los sistemas ganaderos en el Estado, dado por el tamaño de las empresas y número de animales en producción. En la granja Valle Zoque se realizaron 12 muestreos de excretas de cerdos y de pollinaza, y en la granja de la región Frailesca se realizaron 12 muestreos de pollinaza. Las muestras se colectaron en el área de distribución a venta durante un periodo de tres meses, las cuales se obtuvieron tomando porciones de pollinaza y cerdaza deshidratada de aproximadamente un 10% de los sacos disponibles en las bodegas de cada una de las dos empresas. Se obtuvieron y conservaron aproximadamente 1.5 kg de muestra en bolsas de polietileno, selladas hermética y debidamente identificadas (Castellano *et al.*, 2000).

Análisis bromatológico

Cada muestra fue analizada por triplicado para determinar el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas (Ce) y proteína cruda (PC) según AOAC (2000). Fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de acuerdo con la técnica descrita por Van Soest (1991). Para determinar la cantidad de cobre, las muestras se incineraron para determinar materia mineral, la cual se puso en solución, y se analizó por espectrofotometría de absorción atómica (Fick *et al.*, 1979). El contenido de hemicelulosa se estimó por diferencia de FDN y FDA (Robertson y Van Soest, 1981).

Cinética de fermentación ruminal *in vitro*

La determinación de la cinética de fermentación de gas *in vitro* fue mediante el procedimiento descrito por Menke y Steigass (1988). La presión de gas del gas producido se midió con un manómetro marca Infra modelo 63100/1-4 (0 a 1 kg cm⁻²) a 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 42, 48, 60 y 72 horas de incubación. Los valores de presión (kg cm⁻²) se transformaron a volumen de gas (mL g⁻¹ materia seca) con la ecuación de regresión (volumen= presión/0.019 con R²=0.98). La ecuación de regresión se obtuvo al inyectar un volumen conocido de gas a frascos de 125 mL de capacidad y con 90 mL de inóculo, posteriormente se obtuvo la presión con un manómetro, el procedimiento se realizó 30 veces. El volumen acumulado de gas se obtuvo de 0 a 72 h de incubación, y se estimaron los parámetros de la cinética de producción de gas: volumen máximo (Vm; mL g⁻¹), tasa (S; h⁻¹) y tiempo de retardo (L; h), para el modelo logístico $V = V_m / (1 + e^{-(S-L)(T-L)})$ utilizando el paquete estadístico SAS.

Las fracciones de fermentación se obtuvieron mediante el volumen fraccional (Vf) de gas de fermentación producido a tres intervalos de tiempo; 0 a 8 (Vf₀₋₈), 8 a 24 (Vf₈₋₂₄) y 24 a 72 (Vf₂₄₋₇₂) horas de incubación, que corresponden carbohidratos solubles, carbohidratos de reserva, y carbohidratos estructurales, respectivamente (Sandoval *et al.*, 2016). Estos volúmenes fraccionales (mL g⁻¹) se transformaron a fracciones (g kg⁻¹) de rápida (FR), media (FM) y lenta (FL) fermentación mediante las siguientes ecuaciones de regresión (Miranda *et al.*, 2015):

$$FR(g\ kg^{-1}) = Vf_{0-8}/0.4266 (R^2 = 0.9441)$$

$$FM(mg\ g^{-1}) = Vf_{8-24}/0.6152 (R^2 = 0.998)$$

$$FL(mg\ g^{-1}) = Vf_{24-72}/0.3453 (R^2 = 0.9653)$$

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y doce repeticiones. Los datos obtenidos de las variables estudiadas se analizaron mediante PROC GLM (SAS, 2004) y las medias de tratamientos se compararon con la prueba de Tukey (p<0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de MS fluctuó de 92.84 a 96.02% (Tabla 1) y fue diferente entre las excretas (p<0.05), presentado mayor contenido de MS la pollinaza X y menor contenido la pollinaza Z, debido posiblemente a su procedencia, lo cual podría estar asociado al manejo de cada una de ellas. Los valores encontrados en este trabajo se encuentran por encima de los niveles mínimos aceptables (88%) (Mata, 2011) lo que facilita su almacenamiento y manejo. Además por los niveles de MS se reducen pérdidas de nutrientes por efluentes, lo cual favorece al consumo animal (Pinos-Rodríguez *et al.*, 2012). En este trabajo, existieron diferencias en los valores de MO entre excretas evaluadas (P<0.05) (78.27, 84.11 y 81.27% de MO para Cerdaza, Pollinaza X y Pollinaza Z, respectivamente), sin embargo, estos valores se encuentran dentro de los rangos reportados en otros trabajos (Arce *et al.*, 2015; Gutiérrez *et al.*, 2003). En este sentido, Morales *et al.* (2002) mencionan que cantidades inferiores al 80% de MO indican un menor contenido de energía y proteína, nutrientes esenciales y más caros en la alimentación animal. El contenido de PC fue mayor en la pollinaza X, seguida de la pollinaza Z y con menor contenido la cerdaza (Tabla 1; p<0.05). Las excretas podrían ser consideradas para cubrir las necesidades de mantenimiento en rumiantes cuando ésta se ofrece a libertad.

La diferencia encontrada en la PC de las pollinazas, posiblemente se deba al tipo de alimentación que se

realiza en las granjas de aves, sin efecto por el tipo de cama utilizado en cada granja. Por su lado, el contenido de PC de la Cerdaza (19.30%) posiblemente se deba a factores que incluyen el método de recolección y procesamiento, el estado fisiológico del animal, la etapa productiva del animal o a la calidad y cantidad de alimento consumido (Pinto-Ruiz *et al.*, 2012; Ortiz *et al.*, 2007). Por otro lado, la pollinaza X presentó los valores de FDN y hemicelulosa mayores (p<0.05) con 54.05 y 34.83%, respectivamente, mientras que la Cerdaza presentó mayor valor (p<0.05) de FDA (27.13%) y menor porcentaje de hemicelulosa (10.57%), lo cual tiene importantes implicaciones prácticas al considerar inclusión de la excreta dentro de los sistemas de alimentación de rumiantes, si se considera la aparente relación inversa entre su contenido proteico y fibroso (Barros *et al.*, 2017). Otra limitante del aprovechamiento de las excretas en rumiantes es el elevado contenido de cobre, el cual puede propiciar intoxicación. En este trabajo, las pollinazas presentaron menor contenido de Cu⁺² que la cerdaza (p<0.05; Tabla 1), contenido que se encuentra dentro de los niveles máximos de tolerancia recomendado de 100 ppm de Cu⁺² en bovinos, pero superiores para lo recomendado para los ovinos (25 ppm) (NRC, 2007) y similares a los reportados por Pinto-Ruiz *et al.* (2012). Los valores encontrados en la cerdaza superan dichos niveles. En este sentido, Pacheco *et al.* (2003) señalan que concentraciones de Cu⁺² mayores a 201 ppm pudiera ser tóxicos para los rumiantes que la consuman. Lo anterior indica la necesidad de evaluar el uso de cerdaza como alimento en rumiantes, principalmente en ovinos.

Las variables de la cinética de fermentación (L, S y Vm) y mostraron diferencias entre las excretas evaluadas (p<0.05) (Tabla 1). La cerdaza inicia su fermentación a mayor tiempo (L) y en menor S que las pollinazas Z y X. Con respecto a las diferencias encontradas en los parámetros L y S, estas pudieron deberse a la variabilidad de la composición química de las excretas, principalmente en el contenido de PC y FDA (Sandoval *et al.*, 2016). Las pollinazas tiene mayor potencial de fermentación que la cerdaza por el contenido de la MO (p<0.05; Tabla 1), lo cual se refleja en mayor Vm. La pollinaza X produce mayor Vm que la pollinaza Z (p<0.05). Gran parte del nitrógeno cuantificado en las pollinazas provienen del ácido úrico (Aranda-Ibáñez *et al.*, 2016; Pereira-Peñate, 2016), el cual no afectó la actividad fermentativa del inóculo ruminal (Tabla 1). Los mejores resultados fueron para las pollinazas, las cuales presentaron una mejor composición química.

Tabla 1. Análisis bromatológico y fermentación *in vitro* de la cerdaza y pollinaza comercializada en la zona Centro de Chiapas.

	Cerdaza	Pollinaza X	Pollinaza Z
Materia seca %	94.47 ^b	96.02 ^a	92.84 ^c
Materia orgánica %	78.27 ^c	84.11 ^a	81.27 ^b
Proteína cruda %	19.30 ^c	29.50 ^a	27.91 ^b
Cenizas %	21.76 ^a	15.89 ^c	18.73 ^b
FDN %	39.21 ^b	54.05 ^a	40.04 ^b
FDA %	27.13 ^a	18.82 ^c	20.60 ^b
Hemicelulosa %	10.57 ^c	34.83 ^a	19.44 ^b
Cu ⁺² (mg kg ⁻¹)	444.33 ^a	74.29 ^b	69.60 ^b
S (h ⁻¹)	0.0255 ^b	0.033 ^a	0.0338 ^a
L (h)	5.802 ^a	1.291 ^c	3.081 ^b
V _m (mL g ⁻¹)	134.41 ^c	211.21 ^a	188.12 ^b
V _{f0-8} (mL g ⁻¹)	21.30 ^c	42.91 ^b	57.14 ^a
V _{f8-24} (mL g ⁻¹)	43.53 ^b	79.82 ^a	84.52 ^a
V _{f24-72} (mL g ⁻¹)	69.53 ^a	65.45 ^a	69.66 ^a

^{a-c} Medias con literales distintas en la misma fila son diferentes ($p < 0.05$). FDN=fibra detergente neutra; FDA= fibra detergente ácida; Cu⁺²= cobre; S= tasa de producción de gas; L= fase Lag; V_m= volumen máximo de gas; V_f= volumen fraccional de gas.

Por su lado, el factor que pudo influir en los parámetros de fermentación de la cerdaza es su alto contenido de cobre. Al respecto, Pechin *et al.* (2006) mencionan que el alto contenido de cobre en dietas para rumiantes puede tener efecto bactericida o bacteriostático y, por lo tanto, impactar negativamente sobre la fermentación ruminal. Por su parte, Arelovich (2008) señala que el suministro de altas concentraciones de cobre generan cambios fisicoquímicos apreciables en el retículo-rumen provocando cambios metabólicos que se manifiestan a través de alteraciones en pH, potencial redox, síntesis de productos finales de fermentación y tasa de degradación del sustrato. Por otro lado, aunque las pollinazas tuvieron igual o mayor concentración de FDN que la cerdaza, los parámetros de fermentación fueron mejores. Esto se corroboró con el volumen fraccional de gas, en la cual las pollinazas presentaron

un mayor ($p < 0.05$) volumen fraccional de 0 a 8 h y de 8 a 24 de incubación (Tabla 1, Figura 1), lo que implica mayor fracción de rápida y media fermentación. Lo anterior fue más evidente para el volumen fraccional de 8 a 24 h de incubación, pero además se encontró el valor máximo de gas a 24 h de incubación para luego decaer a un mínimo a poco más de las 40 h de incubación, puesto que las pollinazas contuvieron alta cantidad de hemicelulosa, la cual se asume como el componente fermentable más abundante en este tipo de sustratos. Lo que coincide con trabajos realizados al fermentar *in vitro* almidón puro, en el que se encontró que el máximo y el mínimo de gas suceden a las 18 y 24 h de incubación, y que una fracción de hemicelulosa se fermenta en este tiempo y otra entre 24 y 48 h de incubación (Miranda *et al.*, 2015).

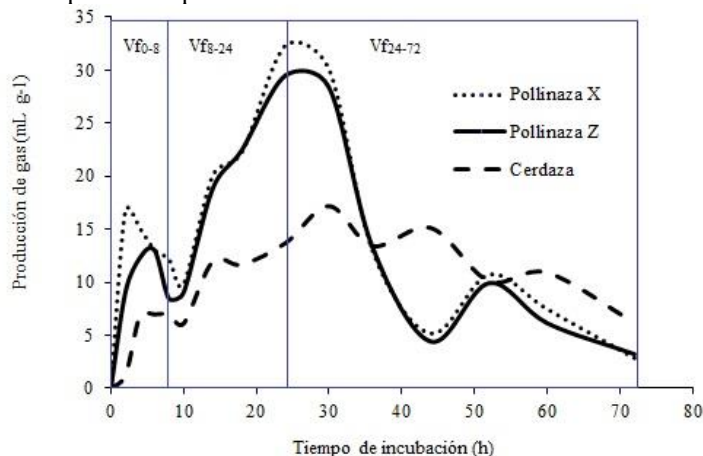


Figura 1. Volumen fraccional de gas por la fermentación de cerdaza y pollinazas producido en función del tiempo de 0 a 8 (V_{f0-8}), 8 a 24 (V_{f8-24}) y 24-72 h (V_{f24-72}) de incubación.

CONCLUSIONES

Se concluye que las pollinazas poseen mejor composición química que la cerdaza, sobre todo en términos de PC y MO, por lo que se fermentan más favorablemente en rumen en comparación a la cerdaza, posiblemente esto último provocado por el alto contenido de cobre de ésta, lo que sugiere su uso limitado en la alimentación animal.

Agradecimientos

Al Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Sustentabilidad de la Universidad Autónoma de Chiapas, inscrito al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACyT).

REFERENCIAS

- Aranda-Ibáñez, E., Ramos-Juárez, J., Salgado-García, S., Arias-López, F. 2016. Producción y evaluación de alimentos elaborados con caña de azúcar (*Saccharum* spp.) y pollinaza fermentada en estado sólido. *Agroproductividad*. 9 (7): 46-50. http://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2016/AGROPRODUCTIVIDAD_VII_2016.pdf
- Arce, J., Rojas, A., Poore, M. 2015. Efecto de la adición de pollinaza sobre las características nutricionales y fermentativas del ensilado de subproductos agroindustriales de yuca (*Manihot esculenta*). *Agronomía Costarricense*. 39: 131-140. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/19551>
- Arelovich, H. 2008. Elementos minerales. Su impacto en la fermentación ruminal. *Revista Argentina de Producción Animal*. 2: 235-253. <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/articulo/view/3589>
- Barros, M., Rovalino, V., Núñez, O., Mera, R., Artieda, J., Vaca, L., Curay, S., Ortiz, P., Solorio J., Iraola, J. 2017. Composición química, cinética de degradación ruminal y producción de gas *in vitro* de arvenses con potencial forrajero. *Livestock Research for Rural Development*. 29. <http://www.lrrd.org/lrrd29/4/barr29071.html>
- Bórquez, J., Trujillo, D., Domínguez, I., Pinos, J., Cobos, M. 2018. Rendimiento de corderos en crecimiento alimentados con ensilados de pollinaza, cerdaza y urea con melaza de caña o un subproducto de panadería. *Agrociencia*. 52: 333-346. <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2018/abr-may/art-4.pdf>
- Cabrera-Núñez, A., Daniel-Rentería, I., Martínez-Sánchez, C., Alarcón-Pulido, S., Rojas-Ronquillo, R., Velázquez-Jiménez, S. 2018. Aprovechamiento de subproductos avícolas como fuente proteica en la elaboración de dietas para rumiantes. *Abanico Veterinario*. 8(2): 59-67. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.82.5>
- Castellanos, A., Murguía, M., Moguel, Y. 2000. Efecto del deshidratado sobre el valor nutritivo de la pollinaza y la presencia de microorganismos. *Técnica Pecuaria en México*. 38 (3): 219-230. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61338305>
- Citalan, L., Ramos, J., Salinas, R., Bucio, A., Osorio, M., Herrera, J., Orantes, M. 2016. Sensory analysis of milk from cows supplemented with a fermented food made from chicken manure. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 3: 181-191. https://www.researchgate.net/publication/317436045_Sensory_analysis_of_milk_from_cows_supplemented_with_a_fermented_food_made_from_chicken_manure
- Dos Santos, I., Gomes, JA., dos Santos, D., Ribeiro, L., Fernandes, H., Moreira, F., Lins, L., de Lima, R., Alves, A.L. 2019. Evaluation of models utilized in *in vitro* gas production from tropical feedstuffs1. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*. 40(1): 443-456. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n1p443>
- Elizondo, J., Campos, C. 2014. Características nutricionales de la cáscara de piña ensilada con cantidades crecientes de urea y heno. *Nutrición animal tropical*. 8 (2): 51-71. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/17581>
- Fick, K., McDowell, L., Miles, P., Wilkinson, N., Kunk, K., Conrad, J. 1979. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales, 2a edición, Departamento de Ciencia Animal, Universidad de Florida, EE. UU.
- García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 1988. Instituto Nacional de Geografía. 5ª edición. Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF. Serie Libros, núm. 6, Instituto de Geografía, UNAM.

- González, A., Celada, J.D., Carral, J.M., Sáez-Royuela, M., Fuertes, J.B., 2014. Evaluation of a practical diet for juvenile tench (*Tincatinca L.*) and substitution possibilities of fish meal by feather meal. *Animal Feed Science and Technology*. 187: 61- 67. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.10.001>
- González, H., Venegas, J., Orozco, A., Martínez, R., García, E., Ramos, 2010. La excreta de cerdo como ingrediente alimenticio en la dieta de rumiantes. *Revista de ciencia y tecnología de la UACJ*. 8(2): 39 – 47. <http://www3.uacj.mx/DGDCDC/SP/Documents/Documents/ciencias%20de%20la%20frontera/CIENCIAENLAFRONTERA%20VOL8n%C3%BAm2.pdf#page=39>
- Gutiérrez, F., Rojas, A., Dormond, H., Poore, H., WingChing, R. 2003. Características nutricionales y fermentativas de mezclas ensiladas de desechos de piña y avícolas. *Agronomía Costarricense*. 27(1):79-89. <https://www.redalyc.org/html/436/43627107/>
- Jiao, P. X., He, Z. X., Ding, S., Walker, N. D., Cong, Y. Y., Liu, F. Z., Beauchemin, K. A., Yang, W. Z. 2018. Impact of strain and dose of live yeast and yeast derivatives on *in vitro* ruminal fermentation of a highgrain diet at two pH levels. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa. 1 (1): 477-487. <https://doi.org/10.1139/cjas-2017-0079>
- Kazemi-Bonchenari, M., Alizadeh, A., Javadi, L., Zohrevand, M., Odongo, N., Salem, A. 2017. Use of poultry pre-cooked slaughterhouse waste as ruminant feed to prevent environmental pollution. *Journal of Cleaner Production* 145: 151-156. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.066>
- Li, M., Zi, X., Zhou, H., Hou, G., Cai, Y. 2014. Effects of sucrose, glucose, molasses and cellulase on fermentation quality and *in vitro* gas production of king grass silage. *Animal Feed Science and Technology*. 197(1): 206-2012. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.06.016>
- Mata, L. 2011. Tabla de composición de materias primas usadas en alimentos para animales. Editorial Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 127 p.
- Menke, K., Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Livestock Research for Rural Development*. 28:7-55.
- Miranda, L.A., Sandoval, L., Améndola, R. 2015. Producción de gas como método para estimar *in vitro* la concentración de carbohidratos fermentables en rumen, Congreso Asociación Latinoamericana de producción animal, Puerto Varas, Chile de 9 al 13 de noviembre, 474. <https://chapingo.mx/produccionanimal/index.php/component/jresearch/?view=publication&task=show&id=552>
- Morales, T., Gutiérrez, O., Bernal, B. 2002. El uso de cama de pollo de buena calidad mejora la productividad de bovinos en crecimiento en engorda intensiva. *Técnica Pecuaria en México*. 40: 1- 15. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1317/1312>
- National Research Council (NRC). 2007. Nutrient Requirements of small ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. The National Academies Press, Washington DC.
- Obeidat, B.S., Awawdeh, M.S., Abdullah, A.Y., Muwalla, M.M., Abu, M.A., Telfah, B.T., Ayrou, A.J., Matarneha, S.K., Subihc, H.S., Osailid, T.O. 2011. Effects of feeding broiler litter on performance of awassi lambs fed finishing diets. *Animal Feed Science and Technology*. 165: 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.02.007>
- Official Methods of Analysis of the AOAC International, 2000. 17th edición. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD. USA.
- Ortiz, A., Elíaz, A., Valdivié, M. 2007. Evaluación de la pollinaza de cascarilla de café como complemento alimenticio en la ceba de ovinos en pastoreo. *Pastos y Forrajes*. 30: 279-286. <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=issue&op=view&path%5B%5D=127>
- Pacheco, A., Rosciano, G., Villegas, C., Alcocer, V., Castellanos, A. 2003. Cuantificación del contenido de cobre y otros minerales en pollinazas producidas en el estado de Yucatán. *Técnica Pecuaria en México*. 41: 197-207. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1274>

- Pechin, G.H., Sánchez, L. O., Cseh, S. 2006. Evaluación de dos formas de administración (bolos de liberación lenta vs. EDTA Cu inyectable) en la prevención de la deficiencia de cobre en bovinos para carne. *Ciencia Veterinaria*. 8: 5-15. <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/veterinaria/article/view/1893>
- Pereira-Peñate N. 2016. Uso de microorganismos eficientes (M.E) en pollinaza para disminuir los niveles de amoníaco (NH₃) en granjas avícolas comerciales de Sincelejo, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 8(Supl): 386-390. <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/395/436>
- Pinos-Rodríguez, J.M., García-López, J.C., Peña-Avelino, L.Y., Rendón-Huerta, J.A., González-González, C., Tristán-Patiño, F. 2012. Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*. 46: 359-370. <https://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2012/may-jun/art-4.pdf>
- Pinto-Ruiz, R., Alfonso-Ruiz, E., Gómez-Castro, H., Guevara-Hernández, F., Ruiz-Sesma, B., Jiménez-Trujillo, J.A. 2012. Quality of chicken manure as cattle feed and its effect on composition of cow's milk and blood serum in a dry tropical pastoral system. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 11:289-294. DOI: 10.3923/javaa.2012.289.294
- Robertson, J. B., Van Soest, P.J. 1981 The detergent system of analysis and its application to human foods. In: *The analysis of dietary fiber in foods*. James W P T and Theander O, Editors. Marcel Dekker, New York: 123-158.
- Rodrigues, A. M., Cone, J. W., Ferreira, M. M., Blok, M. C., Guedes, V. M. 2009. Relationship between in situ degradation kinetics and *in vitro* gas production fermentation using different mathematical models. *Animal Feed Science and Technology*, 151 (1-2): 86-96. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.12.004>
- Sandoval, L., Miranda, L., Lara, A., Huerta, M., Uribe, M., Martínez, M. 2016. Fermentación *in vitro* y la correlación del contenido nutrimental de leucaena asociada con pasto estrella. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. (16): 3185-3196. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/388/312>
- Statistical Analysis System (SAS). 2014. *User's Guide: Statistics*. Ver. 9.2. SAS Institute. Cary, N.C.
- Van Soest, P., Robertson, J., Lewis, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3591. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Zamora, L. 2008. Evaluación de tres dietas con base en una mezcla tamo de arroz-pollinaza en toretes Cebú comercial en el trópico bajo del valle del Alto Magdalena, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 1(1): 22- 27. <http://revistas.ut.edu.co/index.php/ciencianimal/article/view/174>