



<https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/>



Evaluación química y estructural de pellets elaborados con biomasa de hueso de mango



Nava Berumen, Cynthia Adriana^a

García Quezada, Juan de Dios^a

Pámanes Carrasco, Gerardo Antonio^a

Rosales Serna, Rigoberto^b

Carrillo Parra, Artemio^{a,*}

^a Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera-UJED. Blvd. Guadiana 501, Fracc. Ciudad Universitaria, 34120, Durango, Dgo., México.

^b Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle del Guadiana, Durango, Dgo. México.

Autor de correspondencia: : acarrilloparra@ujed.mx

Financiamiento:

Laboratorio Nacional CONAHCYT de Biocombustibles Sólidos (BIOENER) (LNC-2023-40)

Resumen

La generación de residuos agroindustriales representa un problema ambiental, su aprovechamiento de manera eficiente puede ofrecer nuevas opciones de uso. El objetivo de este trabajo fue aprovechar residuos agroindustriales derivados de la industrialización del mango mediante la elaboración de pellets para la alimentación animal. Se elaboraron pellets del hueso de mango proveniente de Escuinapa, Sinaloa. El contenido de humedad (H), cenizas (CEN), proteína cruda (PC), grasa cruda (GC), fibra cruda (FC), extracto libre de nitrógeno (ELN), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), celulosa (CEL), hemicelulosa (HE), lignina (L), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), nutrientes digestibles totales (NDT) y energía bruta (EB) se determinó a la biomasa y los pellets. A los datos obtenidos se les realizó pruebas de normalidad, homogeneidad y comparación de medias, utilizando las pruebas de Shapiro-Wilk, Levene y T-student ($\alpha=0.05$) respectivamente. Se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) en algunas variables tanto de la composición química como de los componentes estructurales. La composición química de la biomasa experimentó modificaciones tras el proceso de peletización. Los cambios favorables son clave para determinar el valor nutricional de un alimento, lo que impactó positivamente en su calidad.

Palabras clave: Pellet; Hueso de mango; Valor nutricional

Recibido: 29 de Octubre de 2024

Aceptado: 12 de Febrero de 2026

Publicado: 08 de Mayo de 2026

La biomasa puede obtenerse de una amplia variedad de fuentes como residuos forestales, cultivos energéticos y residuos agroindustriales¹, estos últimos son generados a partir de la recolección y procesamiento de cultivos agrícolas². Los residuos agroindustriales se pueden utilizar en diferentes procesos; sin embargo, la elaboración de nuevos productos proporcionaría valor agregado a las fuentes originales y propiciarían la recuperación de condiciones ambientales alteradas. El conocimiento de su composición química puede determinar las alternativas de uso potencial³.

El mango (*Mangifera indica* L.) es uno de los frutos tropicales más importantes del mundo por su producción, superficie cultivada y popularidad⁴. Este fruto, genera gran cantidad de residuos agroindustriales, entre ellos el hueso de mango, que anualmente genera alrededor de 69 a 103.5 millones de toneladas. La falta de prácticas adecuadas para su almacenamiento puede causar impactos ambientales y sociales negativos⁵. El hueso del mango es un residuo lignocelulolítico, que puede ser desechado o utilizado para alimentación animal⁶.

El incremento de los precios de los insumos para alimentación de rumiantes intensifica la necesidad de emplear alternativas alimenticias para el ganado, donde los residuos agroindustriales desempeñan un papel fundamental⁷. Estos residuos constituyen una alternativa viable ante la escasez de alimento durante la época seca del año haciendo posible su utilización como fuente de fibra⁸.

Aunque el hueso de mango posee alto potencial para ser utilizado como alimento para ganado por su alto valor nutricional⁹, su conservación, almacenamiento y transporte puede limitar su uso, por lo que su transformación a pellets puede ser una alternativa viable. Los pellets son el resultado de la densificación de la biomasa logrando mejorar muchas de sus características^{10,11}. Además, los pellets incrementan la conversión alimenticia gracias a su mayor palatabilidad, la reducción de desperdicios y la mayor disponibilidad de nutrientes, lograda mediante el tratamiento térmico¹².

Un aspecto fundamental de la nutrición animal es el valor nutricional de los alimentos que se emplean, éste depende del contenido de proteína, fibra, grasas, cenizas, componentes estructurales y la digestibilidad^{13,14,15}. Los valores de estos factores pueden cambiar cuando se aplican tratamientos específicos a la biomasa como la densificación. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar y comparar la calidad nutricional de la biomasa y los pellets elaborados a partir de hueso de mango como una alternativa para la alimentación animal.

Los huesos de mango de la variedad keitt fueron colectados de una empresa productora de orejones de mango ubicada en el municipio de Escuinapa, Sinaloa. Los huesos se extendieron en una superficie plana a temperatura ambiente de 32 a 38 °C durante 60 días en el mismo municipio para reducir su humedad a un valor del 40 %, después en el laboratorio se sometieron a un proceso de molienda en un equipo de martillos (TFS 420) que está equipado con una criba de 3.1 mm de diámetro. Los huesos de mango molidos y cribados (biomasa) se extendieron nuevamente en una superficie plana para continuar con la reducción de humedad durante 30 días a temperatura ambiente de 18 a 22 °C hasta llegar a una humedad aproximada de 20 %; posteriormente, se guardó en costales para después ser usadas en la caracterización y en la elaboración de pellets. Los análisis de laboratorio de la biomasa se realizaron a partir de una submuestra tamizada en una malla de 60 (apertura de 250 µm) obteniendo un tamaño de partícula de 0.85 mm cuyo contenido de humedad se normalizó en una estufa de secado a 40 °C.

Previo a la elaboración de los pellets, la biomasa se acondicionó nuevamente hasta alcanzar una humedad de 12 %. Los pellets se produjeron en un equipo industrial de matriz plana marca ZSLP-R300 con una capacidad de 250-300 kg h⁻¹, los canales del plato donde los rodillos por extrusión forzan el paso de la biomasa son de 8 mm de longitud y 6 mm de diámetro¹⁶; la presión ejercida por los rodillos es de 150 bar y genera una temperatura por fricción de 90 a 100 °C, el flujo de la biomasa es de 5 kg/min. Los pélets se dejaron enfriar por un día a temperatura ambiente y se guardaron en bolsas de plástico para su posterior análisis.

La biomasa y los pellets se caracterizaron mediante análisis químico proximal¹⁷, que incluye la determinación de contenido de humedad (H) utilizando una estufa a 105 °C, las cenizas (CEN) se determinaron mediante incineración en una mufla a 600 °C, la determinación del nitrógeno total se realizó en un equipo Micro Kjeldahl, el valor obtenido se multiplicó por 6.25 para obtener el porcentaje de proteína cruda (PC), el extracto etéreo (EE) se determinó en un equipo Soxhlet y los carbohidratos no fibrosos (CNF) se determinaron por diferencia.

Se determinó el contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), y lignina (L) de acuerdo con el método propuesto por ANKOM¹⁸. La celulosa (CEL), se calculó por diferencia de la FDA menos L y la hemicelulosa (HE), FDN menos la FDA.

Las muestras tanto de biomasa como de pellets se sometieron a una fermentación anaeróbica para la determinación de la digestibilidad verdadera *in vitro* de la materia seca (DIVMS). La fermentación se realizó con líquido ruminal, el cual se obtuvo de dos bovinos macho fistulados, con un peso de 700 kg, los cuales se alimentaron con heno de alfalfa (50 %) y concentrado comercial (50 %) con 12 % de proteína. El proceso de fermentación se realizó en el incubador DaisyII (ANKOM Technology Corp., Macedon, NY) durante 48 h siguiendo el protocolo sugerido por el fabricante¹⁹.

La energía bruta (EB) se determinó en una bomba calorimétrica LECO model AC 600 y los nutrientes digestibles totales (NDT)²⁰ se calcularon de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\text{NDT total} = \text{NDT PC} + \text{NDT EE} + \text{NDT FC} + \text{NDT ELN}$$

Donde: NDT PC= nutrientes digestibles totales de la proteína cruda; NDT EE= nutrientes digestibles totales del extracto etéreo; NDT FC= nutrientes digestibles totales de la fibra cruda; NDT ELN= nutrientes digestibles totales del extracto libre de nitrógeno

$$\text{NDT PC(PC)}(0.8)$$

$$\text{NDT EE(EE)}(2.25)(0.9)$$

$$\text{NDT FC(FC)}(0.5)$$

$$\text{NDT ELN(ELN)}(0.75)$$

Los valores de tres repeticiones de las variables de la composición química, componentes estructurales y DIVMS fueron sometidos a pruebas de normalidad, homogeneidad de medias, así como comparaciones de medias utilizando las pruebas de Shapiro-Wilk, Levene y T-student ($\alpha=0.05$), respectivamente, todos los análisis se realizaron con el uso del programa estadístico Rstudio²¹.

Las pruebas de normalidad de los datos de todas las variables evaluadas tanto de la biomasa como de los pellets a excepción de la celulosa presentaron distribuciones normales ($P>0.05$). La comparación de medias realizadas por las pruebas de t indica que en 8 de 13 variables hubo una modificación significativa ($P<0.05$), mientras que 5 variables estadísticamente fueron similares ($P>0.05$).

Se encontraron diferencias estadísticas entre la biomasa y los pellets para la composición química en la mayoría de las variables evaluadas. FC y ELN presentaron diferencias altamente significativas, H, EE y CNF diferencias significativas, mientras que CEN y PC resultaron estadísticamente iguales. Para el caso de los componentes estructurales se encontraron diferencias estadísticas significativas para FDN, HE y NDT el resto resultaron estadísticamente iguales.

Se observa que el proceso de peletizado modifica algunas variables de la composición química de la biomasa, en los pellets, la H y FC disminuyeron y el EE, CNF y NDT incrementaron después del proceso ([Cuadro 1](#)).

Cuadro 1. Valores promedio y desviaciones estándar de la composición química de hueso de mango, antes (biomasa) y después del peletizado

Componente MS (%)	Biomasa	Pellet
Humedad	4.50 (0.07) ^a	4.03 (0.19) ^b
Cenizas	3.41 (0.33) ^a	3.31 (0.06) ^a
Proteína cruda	5.21 (0.19) ^a	5.45 (0.10) ^a
Extracto etéreo	2.44 (0.45) ^b	4.35 (0.08) ^a
Carbohidratos no fibrosos	36.47 (2.57) ^b	49.13 (4.78) ^a
Fibra detergente neutra, %	52.48 (2.28) ^a	37.76 (4.88) ^b
Fibra detergente ácida, %	38.05 (2.53) ^a	29.67 (5.76) ^a
Celulosa, %	29.42 (0.002) ^a	22.04 (5.76) ^a
Hemicelulosa, %	14.43 (1.27) ^a	8.09 (2.11) ^b
Lignina, %	8.69 (2.53) ^a	7.62 (0.012) ^a
DIVMS, %	56.26 (3.33) ^a	62.06 (2.76) ^a
NDT, %	68.63 (1.00) ^b	72.47 (2.22) ^a
Energía bruta, MJ/kg	18.68 (0.01) ^a	18.65 (0.06) ^a

DIVMS= digestibilidad *in vitro* de la materia seca; NDT= nutrientes digestibles totales.
 ab Literales diferentes en la misma fila, indican diferencias estadísticas.

El contenido de humedad de los pellets elaborados en este trabajo está por debajo del límite permitido para alimentos de consumo animal²², los cuales no deben de tener más del 12 % para evitar el crecimiento de hongos que afecten su calidad nutricional. La disminución del contenido de humedad en los pellets se debe a que durante el proceso de peletizado hay un incremento de la temperatura debido a la fricción que se produce durante el proceso²³.

El peletizado no afectó el porcentaje de contenido de cenizas dado que no se encontraron diferencias estadísticas antes y después del proceso. El EE, aumentó después del proceso aun sin la adición de grasa para peletizar; este aumento se le atribuye a que después del proceso térmico (peletizado) se presenta una extracción de lípidos²⁴; estos reducen la fricción y la presión de ejercida durante la peletización temperaturas altas (80 a 110 °C)²⁵.

En la PC no hubo cambio después del proceso de peletizado, los valores obtenidos en este trabajo son bajos en comparación a los reportados por Granados *et al*²⁶ para maíz forrajero en La Laguna (7.67 %), el cual es un alimento tradicional en la alimentación de ganado. En un trabajo previo²⁷ en el que evaluaron la composición química de pellets de alfalfa encontraron valores de PC de 18.7 %, 6.4 de EE, 7.0 de CEN, dichos valores son altos comparados con los obtenidos en el presente estudio lo cual se puede deber principalmente a la especie evaluada.

De igual manera, en los componentes estructurales hubo cambio después del peletizado, en biomasa se obtuvieron valores de FDN de 52.48 % y HE de 8.09 %; en pellet, la FDN bajo a 37.76 % y la HE 8.09 %. En el resto de las variables (FDA, CEL, L y DIVMS) aunque resultaron estadísticamente iguales se observó la tendencia a disminuir después del peletizado ([Cuadro 1](#)).

Los resultados obtenidos en este trabajo tanto para la biomasa como para pellet de hueso de mango fueron superiores a los reportados para mangos nayaritas²⁸ (CEN 2.13 %, PC 1.20 %, FDN 56.7 %, FDA 24.1 %, HE 32.5 %) y fueron similares a los reportados para hueso de mango²⁹ (HE 18 %, CEL 27.7 %, L 9.3 %). Los valores de FDA se pueden relacionar con el nivel de digestibilidad de los alimentos y el valor de FDN se relaciona directamente con el consumo de alimento y el tiempo en que el animal permanece lleno⁹. En base a lo anterior se puede decir que después del peletizado el hueso de mango mejoró su calidad y puede ser considerado como alimento para ganado, ya que estos niveles disminuyen; además de que se encuentran dentro de los valores requeridos para ser considerado alimento de buena calidad (FDN= 52 % y FDA = 32%)³⁰. La FDA está relacionada con la digestibilidad y el aporte de energía, los alimentos con valores cercanos al 30 % de FDA presentan mayor consumo y alto aporte de energía³¹, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo.

La lignina no presentó diferencias estadísticas antes y después del proceso de peletizado, esto debido a que la lignina es termoreducible a partir 140 °C³², los cuales no se alcanzaron durante este proceso. Se observa que la lignina a pesar de no presentar diferencias estadísticas disminuye después del proceso de peletizado, y esto a su vez contribuye al incremento de la DIVMS, ya que la lignina es un compuesto poco digestible que trae consigo la disminución de la calidad³³.

Un forraje de buena calidad es aquel que tiene aproximadamente 70 % de DIVMS, menos de 50 % de FDN y más del 15 % de PC³⁴; el pellet elaborado a partir de hueso de mango elaborado en este trabajo cumple con el porcentaje de DIVMS, el cual es de 62.06 % y FDN, sin embargo, el porcentaje de PC es más bajo de lo que se requiere, y se tendría que recurrir a la utilización de un concentrado proteico el cual se recomienda que sea de 13 %³⁵.

Los CNF se incrementaron después del proceso de peletizado. El consumo de dietas con alto contenido de CNF puede provocar acidosis ruminal, la cual tiene como consecuencia una disminución del consumo del alimento y reducción de la digestibilidad³⁶.

La DIVMS obtenida en este trabajo estuvo dentro del rango reportado para variedades de sorgo dulce en diferentes ambientes del estado de Durango, el cual fue entre 60 y 80 %³⁷.

Los valores de NDT están asociados a la fracción fibrosa de los alimentos, que incluye componentes como la celulosa, hemicelulosa y lignina, e indica la digestibilidad de los nutrientes que están disponibles para los animales, los cuales están relacionados con la FDA³⁸, además, los NDT expresan la energía de los alimentos. En el presente trabajo, los NDT se incrementaron después del peletizado y aunque la EB permaneció igual antes y después del proceso, el incremento de los NDT se debe al incremento en los CNF, ya que, durante el proceso, la temperatura alcanzada provoca la solubilización de la fibra (celulosa, hemicelulosa y lignina)²⁵.

El valor de EB no es indicador de calidad, sin embargo, es necesario conocerla³⁹ debido a que contribuirá al balanceo de raciones para cubrir los requerimientos energéticos de los animales⁴⁰. Los valores obtenidos de EB en este trabajo son superiores a los reportados por Serna y Torres⁴¹ para cáscara de mango, ellos obtuvieron en promedio 15.319 MJ/kg.

La composición química de los pellets de hueso de mango no se afecta con respecto a la biomasa original, y en los componentes hay efecto de manera positiva.

Los pellets de hueso de mango pueden ser utilizados como un ingrediente en la dieta para ganado, cumplen con los valores de DIVMS y la FDN que debe de tener un forraje para que sea considerado de buena calidad; sin embargo, no cumple con el porcentaje requerido de proteína cruda, por lo tanto, se deben incluir otros ingredientes para cubrir con los requerimientos necesarios.

Agradecimientos

Agradecemos al Laboratorio Nacional CONAHCYT de Biocombustibles Sólidos (BIOENER) (Apoyo LNC-2023-40).

Licencia:

[Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial CC BY-NC 4.0 Internacional.](#)

Literatura citada:

1. Okolie JA, Nanda S, Dalai AK, Kozinski JA. Chemistry and specialty industrial applications of lignocellulosic biomass. *Waste Biomass Valor* 2021;12:2145–2169. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01123-0>.
2. Ali M, Saleem M, Khan Z, Watson IA. The use of crop residues for biofuel production. In: *BBB 2019*; Elsevier, 369–395. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102426-3.00016-3>.
3. Vargas CYA, Pérez PLI. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Rev Fac Cienc Bás* 2018;(1):59-72.
4. FAOSTAT. Importaciones y exportaciones/país por producto/ mango (Bases de Datos Estadístico Sustantivo de la FAO). 2026. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Consultado 25Feb,2026.
5. Suhartini S, Nurika I, Paul R, Melville L. Estimation of biogas production and the emission savings from anaerobic digestion of fruit-based agro-industrial waste and agricultural crops residues. *Bioenerg Res* 2020;1–16. <https://doi.org/10.1007/s12155-020-10209-5>.
6. Alves HM, Alves SH, Flauzino NWP, Pasquini D. Valorization of agro-industrial waste mango seed by extraction and characterization of its cellulose nanocrystals. *J Environ Manage* 2013;121:202-209.
7. Chilibroste P. Uso de productos industriales en la nutrición de bovinos de leche; una oportunidad para la lechería nacional. *XL JUB* 2012;34-42.
8. Perea DEM, Guardia MM, Medina HH, Hinestroza LI. Caracterización bromatológica de especies y subproductos vegetales en el trópico húmedo de Colombia. *Acta Agron* 2013;62(4):326-332.
9. López-Varela, D. Caracterización bromatológica de pellets elaborados a partir de subproductos agropecuarios para la alimentación de bovinos. *Tecnol Marcha* 2018;Vol. 31 - Número Especial Movilidad Estudiantil 5:39-47.

10. Liu Z, Liu X, Fei B, Jiang Z, Cai Z, Yu Y. The properties of pellets from mixing bamboo and rice straw. *Renew Energy*. Elsevier Ltd 2013;55:1–5.
11. Carroll JP, Finnan J. Physical and chemical properties of pellets from energy crops and cereal straws. *Biosyst Eng* 2012;112(2):151–159.
12. Stark CR. Feed processing to maximize feed efficiency. En: Patience JF, editor. *Feed processing to maximize feed efficiency*. Wageningen: WAP 2012;131–151.
13. Van-Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991;74:3583- 3597.
14. Yan T, Agnew RE. Prediction of nutritive value in grass silages: I. Nutrient digestibility and energy concentration using nutrient composition and fermentation characteristics. *J Anim Sci* 2004;82:367-1379.
15. Amangandi SO, Román Cárdenas F, Ruiz PCF. Valor nutricional y producción de los principales cultivos forrajeros en el cantón Guaranda -Bolívar -Ecuador. *Tesla Rev Cient* 2023;3(2):192.
16. UNE-EN ISO 17225-2:2021 Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 2: Clases de pélets de madera. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=norma-une-en-iso-17225-2-2021-n0067970>.
17. AOAC. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists International. Gaithersburg, Maryland. 21st ed. 2019.
18. ANKOM. Acid detergent fiber in feeds filter bag technique (ANKOM2000). Macedon, US: Ankom Technology Method 2005. http://www.sco.com.tw/Ankom/PDF_file/ADF%20Method%20A2000.pdf.
19. ANKOM. Daisy II Incubator, Operator's Manual. 2023. https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/D200_D200I_Manual_0.pdf?srsId=AfmBOorriYFNLhHm4sKPDm_06XJ1KYIMjaZ-xOuKhTn_dloj_HN-s2IE.
20. NRC. National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th Rev. Ed. Washington, D.C: National Academy of Sciences; 1989.
21. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2020.
22. NOM-012-SAG/2020. Especificaciones para la regulación de productos para uso o consumo animal. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/9371/sader/sader.html>

23. Serrano C, Monedero E, Lapuerta M, Portero H. Effect of moisture content, particle size and pine addition on quality parameters of barley straw pellets. *Fuel Process Technol* 2011;92:699-706.
24. Kristiawan M, Chaunier L, Della Valle G, Ndiaye A, Vergnes B. Modeling of starchy melts expansion by extrusion. *Trends Food Sci Technol* 2019;48:13-26. doi: 10.1016/j.tifs.2015.11.004.
25. Puig-Arnavat M, Shang L, Sárossy Z, Ahrenfeldt J, Henriksen UB. From a single pellet press to a bench scale pellet mill - pelletizing six different biomass feedstocks, *Fuel Process Technol* 2016;142:27-33, <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2015.09.022>.
26. Granados-Niño JA, Sánchez-Duarte JI, Ochoa-Martínez E, Rodríguez-Hernández K, Reta-Sánchez DG, López-Calderón MJ. Efecto del ciclo de producción sobre el potencial de rendimiento y calidad nutricional del maíz forrajero en la Comarca Lagunera. *Rev Mex Cienc Agríc* 2022;207-217. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3276>.
27. Li S, Khafipour E, Krause DO, González LA, Plaizier JC. Effects of grain-pellet and alfalfa-pellet subacute ruminal acidosis (SARA) challenges on feeding behaviour of lactating dairy cows. *Can. J Anim Sci* 2011;91(2):323-330. <https://doi.org/10.4141/cjas10090>.
28. Guzmán O, Lemus C, Bugarin J, Bonilla JLJ. Composición y características químicas de mangos (*Mangifera indica* L.) destinados a la alimentación animal en Nayarit, México. *Rev Cubana Cienc Agríc* 2013;47(3):273-277.
29. Carrillo-Parra, A, Rutiaga-Quiñones JG, Ríos-Saucedo JC, Ruiz-García, VM, Ngangyo- Heya M, Nava-Berumen CA, Núñez-Retana VD. Quality of pellet made from agricultural and forestry waste in Mexico. *BioEnergy Res* 2022;15(2):977-986.
30. Van-Soest PJ. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J Anim Sci* 1965;24:834.
31. Ribeiro KG, Pereira OG. Valor nutritivo do capim-Tifton 85 sob doses de nitrogênio e idades de rebrotação. *Vet Zootec* 2010;17(4):560-567.
32. Van-Dam JEG, Van Den Oever MJA, Teunissen W, Keijsers ERP, Peralta AG, Process for production of high density/high performance binderless boards from whole coconut husk. Part 1: lignin as intrinsic thermosetting binder resin, *Ind Crop Prod* 2004;19:207-216, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.10.003>.
33. Eskandari H, Ghanbari A, Javanmard A. Intercropping of cereals and legumes for forage production. *Not Sci Biol* 2009;(1):7-13.
34. Cardozo J. El matarraton (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de rumiantes, Especialista en Nutrición Animal Sostenible. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá, Colombia 2013;65.

35. Lazzarini I, Detmann E, Sampaio CB, Paulino MF, Valadares FSC, Souza MA, *et al.* Dinâmicas de tránsito e degradacão de fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de Baixa qualidade e compostos nitrogenados. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2009;61(3):635-647.
36. Granja SYT, Ribeiro JCS, Tokro GDJ, Rivera CLG, Machado M, Manrique AA. Acidosis ruminal en bovinos lecheros: implicaciones sobre la producción y la salud animal. *Rev Eletron Vet* 2012;13(4):1-11.
37. Nava BCA, Rosales SR, Jiménez OR, Carrete CFO, Domínguez MPA, Murillo OM. Rendimiento y valor nutricional de tres variedades de sorgo dulce cultivadas en cuatro ambientes de Durango. *Rev Mex Cienc Pecu* 2017;8(2):147-155. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4426>.
38. Flores NMJ, Sánchez GRA, Echavarría CFG, Gutierrez LR, Rosales NCA, Salinas GH. Producción y calidad de forraje en mezclas de veza común con cebada, avena y triticale en cuatro etapas fenológicas. *Rev Mex Cienc Pecu* 2016;7(3):275-291.
39. Mendoza-Martínez GD, Plata-Pérez FX, Espinosa-Cervantes R, Lara-Bueno A. Manejo nutricional para mejorar la eficiencia de utilización de la energía en bovinos. *Uni Ciencia* 2008;24(1):75-87.
40. Elizondo-Salazar JA. Estimación de la energía calórica en alimentos para ganado de leche según el modelo del NRC (2001). *Nutr Anim Trop* 2020;14(2):39-50.
41. Serna CL, Torres LC. Potencial agroindustrial de cascaras de mango (*Mangifera indica*) variedades Keitt y Tommy Atkins. *Acta Agron* 2015;64(2):110-115.