





Efectos de la amonificación y tiempo de fermentación sobre la composición bromatológica del bagazo de caña de azúcar

Ernesto Antonio Hurtado¹, Ricardo Daniel Vélez Saeteros², Ángel Ruisdael Bravo Vargas², Edis Geovanny Macías Rodríguez³

¹Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, carrera de Medicina Veterinaria. Calceta, Manabí, Ecuador. ²Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, maestrante Posgrado de Zootecnia. Calceta, Manabí, Ecuador. ³Universidad Técnica de Manabí (UTM), carrera de Medicina Veterinaria. Portoviejo, Manabí, Ecuador. Correo electrónico: ernestohurta@gmail.com

RESUMEN

La producción de caña de azúcar es una actividad agrícola que genera diferentes subproductos; los mismos pueden ser convertidos en materia prima para la suplementación animal, algunos de manera directa y otros después de tratamientos previos. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de la amonificación con urea y del tiempo de fermentación, sobre la composición bromatológica del bagazo de caña de azúcar. El bagazo fresco fue obtenido en la Hacienda “Puro Bravo”, ubicada en el sitio “La Soledad”, cantón Junín, provincia de Manabí, Ecuador. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con submuestreo, en un arreglo factorial 3 x 2. El Factor A representó el nivel de inclusión de urea (IU) y el Factor B, tiempo de fermentación (TF). El primero constó tres niveles (0 | 3 | 5 %) y el segundo de dos (30 | 44 días). Cada combinación de estos factores tuvo de tres repeticiones. Se evaluó contenido de proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina detergente ácida (LDA) y cenizas. La interacción IU*TF resultó significativa ($P < 0,01$) para PC y ceniza; con el mayor promedio de PC ($29,28 \pm 1,82$) en la combinación del 5 % de urea y 30 días de fermentación. Mientras que IU al 5 % ($P < 0,01$), disminuyó la FDN ($49,06 \pm 0,57$), FDA ($28,45 \pm 0,45$) y LDA ($4,75 \pm 0,26$). La amonificación con 5 % de urea es una práctica eficiente para el mejoramiento de los componentes nutricionales del bagazo de caña.

Palabras clave: urea, componentes nutricionales, proteína cruda, *Saccharum* spp.

Effects of ammonification and fermentation time on the bromatological composition of sugarcane bagasse

ABSTRACT

Sugarcane production is an agricultural activity that generates different by-products; They can be converted into raw material for animal supplementation, some directly and others after previous treatments. The objective of this study was to evaluate the effects of ammonification with urea and fermentation time on the bromatological composition of sugarcane bagasse. The fresh bagasse was obtained at the “Puro Bravo” farm, located in the “La Soledad” site, Junín Canton, Manabí province, Ecuador. A completely randomized design with subsampling was used, in a 3x2 factorial arrangement. Factor A represented the urea inclusion level (UI) and Factor B, fermentation time (FT). The first consisted of three levels (0 | 3 | 5 %) and the second of two (30 | 44 days). Each combination of these factors had three repetitions. Crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL) and ash content were evaluated. The UI x FT interaction was significant ($P < 0.01$) for CP and ash; with the highest average CP (29.28 ± 1.82) in the combination of 5 % urea and 30 days of fermentation. While UI at 5 % ($P < 0.01$), NDF (49.06 ± 0.57), ADF (28.45 ± 0.45) and ADL (4.75 ± 0.26) decreased. Ammonification with 5 % urea is an efficient practice for improving the nutritional components of sugarcane bagasse.

Keywords: urea, nutritional components, crude protein, *Saccharum* spp.

INTRODUCCIÓN

La producción ganadera del Ecuador ha mejorado en los últimos años como resultado de la incorporación de especies vegetales no tradicionales en la alimentación, así como también del aprovechamiento de subproductos agrícolas (Nuñez 2017). Según Torres *et al.* (2015), en la región de la costa constituye una práctica común el uso de bovinos de doble propósito en combinación con la agricultura, principalmente con los cultivos de maíz (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), banano (*Musa acuminata* Colla), palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.).

No obstante, estudios más recientes han mencionado que en algunas zonas ganaderas de Ecuador, como la cuenca baja del río Guayas, los residuos agrícolas son subutilizados y los pastos se caracterizan por la baja productividad además de estar sujetos a desbalances estacionales (Filian *et al.* 2020). Lo anterior como consecuencia, entre otros factores, de inundaciones frecuentes en determinados períodos del año. Esto dificulta el manejo de los animales en la finca y establecen la necesidad de reubicar a los mismos, en zonas de mayor drenaje y disponibilidad de alimentos.

Se ha mencionado que en los periodos de escasez de forraje, la caña de azúcar puede constituir una alternativa para mitigar la escasez de forraje, bien sea la planta completa, los residuos de la cosecha en campo o los subproductos en fábrica (Aranda *et al.* 2018). Estas alternativas de alimentación animal con base en fuentes y alimentos no convencionales (residuos de cosecha, materiales fibrosos, desechos de la industria, etc.), deben estar acompañadas de opciones biotecnológicas, que permitan un mayor aprovechamiento de las mismas.

Tal es el caso de las fermentaciones, mismas que promueven la generación de alimentos proteico-energéticos de buena calidad y de bajo costo y mejoran la rentabilidad del agronegocio ganadero conduciendo a economías viables y sostenibles desde el punto de vista ambiental, considerando estos residuos como posibles contaminantes ambientales, sí no reciben el manejo adecuado (Borrás y Torres 2016).

Los estudios orientados a la aplicación de tecnologías y en la generación de recomendaciones de uso, han

demostrado el gran potencial de los subproductos de la caña de azúcar como opciones para la nutrición animal. No obstante, la degradabilidad de la materia seca contenida en los subproductos de la caña de azúcar permanece como uno de los factores que requieren investigación, que oriente la obtención de datos validados que a su vez permitan el aprovechamiento de los subproductos de la caña, a través de diferentes procesos físicos, químicos y biológicos, que sean de fácil adopción por el pequeño productor (Lagos y Castro 2019).

El bagazo de caña de azúcar es un residuo fibroso producto de la molienda de los tallos de la caña de azúcar, constituido por celulosa, hemicelulosas o pentosanos y lignina como principales polímeros naturales (García *et al.* 2013). Estos componentes contribuyen a la baja digestibilidad y contenido de nitrógeno que lo caracteriza (Serrano 2018). En este sentido, para mejorar dietas fundamentadas en el bagazo de caña se ha recomendado la incorporación de granos energéticos y proteicos (Salazar-Ortiz *et al.* 2017).

La amonificación con urea es una técnica química que permite un mejor uso de los residuos de cosecha, al incrementar el valor nutricional de los mismos. Se ha demostrado que el tratamiento con urea mejora el valor nutritivo de los forrajes de baja calidad, debido al efecto del ion amonio en los carbohidratos de la pared celular (Chesson *et al.* 1983). Además, incrementa los niveles de proteína debido a la adición de nitrógeno proveniente de la urea, tal como fue reportado en el maíz (Castellanos *et al.* 2017).

Se ha indicado que la amonificación favorece la ruptura de estructuras químicas en el subproducto fibroso o lignificado, lo que permite una mejor digestibilidad y absorción en los rumiantes (Castillo y Padilla 2016), incrementando además los niveles de celulosa.

En este sentido, los estudios dirigidos al mejoramiento de la calidad nutricional del bagazo de caña de azúcar con el fin de utilizarlo como suplemento en la dieta del ganado bovino, constituyen acciones relevantes para el cantón Junín, debido a que gran parte de los agricultores de la zona tienen como actividad primaria la producción caña de azúcar, así como de mieles y alcoholes. Por lo que el aprovechamiento de los residuos de esta actividad agrícola, permitiría

aporta al mejoramiento del negocio ganadero de ese sector.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la amonificación con distintos niveles de inclusión de urea y tiempos de fermentación, sobre la composición bromatológica del bagazo de caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación se realizó en la hacienda “Puro Bravo”, ubicada en “La Soledad”, cantón Junín, provincia de Manabí; situada entre las coordenadas 0°56'8”S | 80°11'0”O y una altitud de 15 msnm (GAD JUNÍN 2014).

Procesamiento del bagazo de caña

Se utilizó una plantación de caña de azúcar de la variedad “Ragnar” con seis (6) meses de cultivo. El material se cosechó y transportó hasta el trapiche para la extracción del jugo. El material vegetativo resultante fue picado en fragmentos de 2 a 4 cm.

Luego, 20 kg de este bagazo picado fue humedecido con niveles de inclusión de urea (IU = 0, 3 y 5 %) y compactado en 18 recipientes plásticos con capacidad de 75 L (70 cm alto x 46 cm ancho x 92 cm profundidad). La cantidad de urea se calculó con base en el peso seco del material. De igual forma, la cantidad de agua se calculó como 40 % del peso seco del bagazo de caña picado.

Transcurridos 15 días, los recipientes fueron abiertos durante una hora, para la ventilación del material amonificado (Alemu *et al.* 2006, Ponce 2015), garantizando la eliminación del exceso de NH₃; luego fueron nuevamente cerrados hasta los días 30 y 44, para la toma de muestras.

Una vez transcurrido el período de fermentación, se tomó una muestra de 1 kg de bagazo de caña amonificado, por cada nivel de inclusión y tiempo de fermentación. Esta muestra fue deshidratada en una estufa artesanal, durante 72 horas, con temperaturas entre 50 a 55°C. Luego, para determinar el valor de la humedad, las muestras fueron pesadas en una balanza analítica ADAM, serie 17250, modelo PW254.

Seguidamente, las muestras fueron molidas en un molino IKA, con cabezal de molienda por impacto y cuchillas con tamices de un 1 mm de diámetro. Luego, se tomaron tres submuestras (triplicado) de las muestras molidas, fueron colocadas en bolsas plásticas herméticamente cerradas y rotuladas con fecha, cantidad y característica de la misma.

Análisis bromatológicos

Se determinó proteína cruda (PC) de acuerdo al método de Kjeldahl (Lagunes y Lagunes 2015). La fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) se analizaron a través de los métodos descritos por AOAC (1984).

Se estimó la lignina por medio de la digestión en ácido sulfúrico concentrado (72 %). Mientras que, la ceniza se determinó por medio la metodología de Nollet (1996).

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con submuestreo en un arreglo factorial 3 x 2, donde el factor A representó los diferentes niveles de inclusión de urea (0, 3 y 5 %) y el factor B, los tiempos de fermentación del bagazo de caña (30 y 44 días). La combinación de los niveles de estos factores, fueron repetidos tres veces cada uno, con tres submuestras por repetición. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

- μ = Media general de la variable respuesta.
- A_i = Efecto del factor A (niveles de inclusión de urea, $i = 1, 2$ y 3).
- B_j = Efecto del factor B (Tiempos de fermentación, $j = 1$ y 2).
- $(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre factores A y B.
- ε_{ijk} = Error experimental asociado a la unidad experimental.
- ε_{ijkl} = Error de muestreo dentro de la unidad experimental.

Se realizó un análisis de varianza, previa comprobación de los supuestos de homogeneidad de varianza (Prueba

de Bartlett) y normalidad de los errores (Prueba de Shapiro-Will). Además, se hizo comparación de medias (Tukey al 5 %) en los factores principales que resultaron significativos, presentados en promedios con el respectivo error estándar. Los análisis fueron realizados utilizando el procedimiento de modelo lineal general, en el software estadístico SAS (2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Proteína cruda

La interacción entre los factores estudiados fue significativa ($P < 0,001$). En el Cuadro 1 se muestran los efectos de la inclusión de urea y de los tiempos de fermentación, sobre la proteína cruda. Las mejores respuestas se obtuvieron con niveles de inclusión del 5 % y tiempos de fermentación de 30 o 44 días, así como niveles de inclusión del 3 % y tiempos de fermentación de 44 días. Estos resultados reflejan la necesidad de un mayor tiempo de fermentación al utilizar menor cantidad de urea. El tratamiento que utilizó 3 % de urea y tiempo de fermentación de 44 días, fue superior en 14,2 % comparado al tratamiento de 30 días. Destaca la similitud ($P = 0,05$) entre los tratamientos que utilizaron 3 y 5 % de urea, con 44 días de fermentación.

Según Alemu *et al.* (2006), la inclusión de 4, 5 y 6 % de urea en el rastrojo de maíz, causó un incremento significativo de los valores de PC (14,90; 15,92 y 16,87 %). No obstante, la interacción entre la inclusión de urea y el tiempo de fermentación, resultó no significativa.

Por otra parte, Castellanos *et al.* (2017) mostraron que el contenido de PC de la panca de maíz aumentó

Cuadro 1. Efectos del nivel y tiempo de fermentación de la urea sobre el contenido de proteína cruda (%) del bagazo de caña de azúcar

Tiempos de fermentación (días)	Nivel de inclusión de urea (%)		
	0	3	5
30	3,78 ^a ± 0,09	24,25 ^b ± 0,17	29,28 ^c ± 1,82
44	2,80 ^a ± 0,01	28,26 ^c ± 0,07	29,18 ^c ± 0,03

^{a, b, c}: Medias con error estándar que presentan letras distintas difieren estadísticamente ($P < 0,05$)

como resultado de un mayor tiempo de amonificación. Resultado similar se obtuvo con el bagazo de caña de azúcar, donde la combinación de la inclusión de urea (3 %) y tiempos de fermentación, promovieron el incremento del valor nutricional del subproducto agrícola.

De igual forma, Arias *et al.* (2012) observaron incrementos del contenido de PC del silo de sorgo y bagacillo de caña amonificado (9,55 y 8,10 %; respectivamente), comparado con el bagacillo sin tratar (4,76 %). Resultados que corroboran los obtenidos en la presente investigación.

Fibra detergente neutra

El nivel de inclusión de la urea afectó el contenido porcentual de FDN ($P < 0,01$). Este componente representa la fibra insoluble e incluye la celulosa, hemicelulosa y lignina como parte de la matriz de la pared celular. En el Cuadro 2 se observa la disminución de los contenidos de FDN a medida que se incrementan los niveles de inclusión de urea.

Suarez *et al.* (2016) reportaron un contenido superior de FDN (71,64 %), en el ensilaje de bagazo de caña de azúcar elaborado sin aditivos y con tiempos de fermentación de 14 días. Lo anterior indica que la inclusión de urea promueve la disminución de los niveles de FDN, generando un subproducto con mayor digestibilidad. La presencia de proporciones altas de FDN en los alimentos causa un llenado rápido del rumen y limitación del consumo de alimento (Suárez *et al.* 2016).

Ramírez *et al.* (2007) señalaron que el uso de concentraciones de urea mayores a 4,5 % en el ensilaje de

Cuadro 2. Efectos de la inclusión de urea sobre la composición química del bagazo de caña de azúcar

Componentes bromatológicos	Niveles de inclusión de urea (%)		
	0	3	5
FDN	81,03 ^a ± 0,41	55,09 ^b ± 0,71	49,06 ^c ± 0,57
FDA	43,18 ^a ± 4,67	33,15 ^b ± 0,26	28,45 ^c ± 0,45
LDA	7,74 ^a ± 0,93	5,56 ^b ± 0,14	4,75 ^b ± 0,26

FDN: Fibra Detergente Neutra, FDA: Fibra Detergente Ácida, LDA: Lignina Detergente Ácida. ^{a, b, c}: Medias con error estándar que presentan letras distintas difieren estadísticamente ($P < 0,05$)

maíz, promueve la disminución de la fracción FDN. De igual manera, Saavedra *et al.* (2013), reportaron la reducción de la FDN de 86 a 80,2 %, en residuos de maíz amonificados con 3 % de urea, durante 30 días.

Fibra detergente ácida

Los resultados mostraron un efecto altamente significativo de la inclusión de urea ($P < 0,01$) sobre el contenido de la FDA. Al comparar el nivel de FDA del material no amonificado, con respecto al bagazo con 3 y 5 % de urea, se pudo evidenciar la reducción de este componente en 23,23 y 34,11 % respectivamente. La disminución del contenido de FDA entre los tratamientos que incluyeron 5 y 3 % de urea fue 14,2 % (Cuadro 2).

Los valores de FDA generalmente están correlacionados con la digestibilidad de los forrajes y de los alimentos utilizados como suplementos en rumiantes. Se ha mencionado que los recursos alimenticios con mayor contenido de FDA, regularmente son de menor digestibilidad (Van Soest 1994).

Según Rodríguez *et al.* (2002), el uso de diferentes niveles de urea (3 y 6 %), causó la disminución de 15 % en la concentración de FDA. Este proceso sucede de manera similar al ocurrido con la FDN, debido a que la amonificación degrada la estructura de la fibra. La disminución de los valores de FDA promueven el aumento de la digestibilidad del bagazo de caña y de la energía contenida (Suárez *et al.* 2016). No obstante, Cuervo y Gutiérrez (2018) no encontraron diferencias estadísticas en el contenido de FDA, durante la evaluación de maíz amonificado.

De acuerdo con Martin (2009), el bagazo con alto contenido de fibra presenta una digestibilidad de aproximadamente 25 %; por lo que su utilización estará sujeta a tratamientos físico-químicos que permitan mejorar su digestibilidad. Su incorporación a la dieta de manera directa solo tendría el efecto físico de llenado y un gasto de energía adicional por parte del animal para digerirlo.

Lignina detergente ácida

La inclusión de urea en el bagazo de caña de azúcar, afectó el contenido de lignina ($P < 0,01$). En el Cuadro 2 se muestran los contenidos de lignina para el material no tratado y el tratado. La inclusión de 3 y 5 % de

urea, promovió la disminución de lignina en 28,16 y 38,63 %, respectivamente.

Estos resultados coinciden con los reportados por Cuervo y Gutiérrez (2018), quienes obtuvieron diferencias en el contenido de lignina al comparar maíz fresco, maíz ensilado y maíz ensilado sometido a un proceso de amonificación. En este estudio se observó un contenido menor de lignina en el maíz ensilado y amonificado, probablemente por el incremento de la separación de los enlaces y eliminación parcial de este componente.

En este estudio no se observaron diferencias entre los tratamientos que aportaron 3 y 5 % de urea. Los mismos promovieron contenidos de lignina de 5,56 y 4,75 %, respectivamente. Estos valores se consideran aceptables y pueden indicar la calidad del subproducto.

De acuerdo a Pernalet *et al.* (2008), la lignina es una barrera que impide la descomposición de la celulosa por los microorganismos del rumen, debido a su estrecha asociación física y/o química. Esto representa una desventaja si el producto está dirigido a la alimentación de rumiantes.

El proceso de amonificación tiene un impacto sobre la disminución de la pared celular, atribuida a la solubilización de la celulosa (Rodríguez *et al.* 2002). La amonificación promueve la ruptura de las cadenas de lignocelulosa, liberando a la celulosa y a la hemicelulosa de la lignina, lo que facilita la digestión de las mismas por la flora ruminal, y su utilización como fuentes de energía.

Ceniza

La interacción de los factores IU y TF afectó el contenido de ceniza ($P < 0,01$). Se observaron los mayores promedios ($P < 0,05$) en el tratamiento con 5 % de urea y tiempos de fermentación de 30 y 44 días (Cuadro 3).

Este contenido es superior al reportado por Lagos y Castro (2019), luego de la evaluación del bagazo de caña de azúcar sin tratamiento físico, químico o biológico.

De igual forma, Ross y Romero (2015) no observaron diferencias significativas en la panca de maíz, al comparar tratamientos sin amonificación y con amonificación durante 21, 28 y 35 días. Sin embargo, da Silva *et al.* (2014), reportaron un aumento en la

Cuadro 3. Efecto del nivel de urea y tiempo de fermentación sobre el contenido de ceniza (%) del bagazo de caña de azúcar

Tiempos de fermentación (días)	Nivel de inclusión de urea (%)		
	0	3	5
30	5,67 ^a ± 0,22	5,96 ^a ± 0,21	7,20 ^b ± 0,12
44	5,08 ^a ± 0,38	5,59 ^a ± 0,10	8,80 ^c ± 0,38

^{a, b, c}: Medias con error estándar que presentan letras distintas difieren estadísticamente ($P < 0,05$)

cantidad de ceniza ($P < 0,05$) con la adición de urea y NaOH.

El bagazo de caña de azúcar es un material que presenta baja digestibilidad debido al alto contenido de fibra que posee. No obstante, la aplicación de tratamientos físico-químicos como la amonificación, permite mejorar esta característica. Lo anterior permitiría orientar el uso de este material para la alimentación de rumiantes, lo que promovería una utilización más eficiente del mismo, principalmente en aquellos ecosistemas vulnerables.

El bagazo de caña de azúcar puede proveer beneficios adicionales a las unidades de producción bovina. A este respecto, Souza *et al.* (2015) reportaron que la inclusión de urea (0,5 y 1,0) en la caña de azúcar ofrecida como forraje en vacas lactantes, no afectó la producción y composición de la leche, pero sí afectó de manera positiva la eficiencia alimentaria. De lo anterior se infiere que las técnicas o estrategias que permitan mejorar el valor nutritivo de los subproductos deben ser consideradas como alternativas para el mejoramiento productivo de los sistemas ganaderos.

CONCLUSIONES

La inclusión de 5 % de urea en el bagazo de caña de azúcar es una práctica eficiente para el mejoramiento de sus componentes nutricionales, caracterizado por el aumento de la proteína cruda y ceniza, y disminución de los niveles de FDN, FDA y LDA.

La mejora de los contenidos de proteína cruda y ceniza se potencia por la interacción concentración de urea y tiempos de fermentación.

La inclusión de urea y tiempo de fermentación son factores a considerar para la conservación y uso del bagazo de caña de azúcar como alternativa de alimentación en rumiantes, durante época de mayor deficiencia de forrajes.

LITERATURA CITADA

- Alemu, T; Chairatanayuth, P; Vijchulata, P. 2006. Effects of urea levels and treatment durations on chemical composition and in vitro dry matter digestibility of maize stover (en línea). *Agriculture and Natural Resources* 40(4):971-977. Consultado 15 nov. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/fb1I6HL>
- AOAC. 1984. *Official Methods of Analysis*. 14 ed. Arlington, USA, AOAC.
- Aranda, E; Ramos, J; Mendoza, G; Salgado, S; Bueno, C. 2018. Utilización de la caña de azúcar en la alimentación bovina, el desarrollo de sus tecnologías y la alternativa para los periodos de sequía (en línea, sitio web). Engormix, ganadería. Consultado 10 nov. 2020. Disponible en <https://n9.cl/rocdx>
- Arias, C; Zavala, J; Corpeño, W. 2012. Alimentación de vacas encastadas en etapa de producción láctea, con bagacillo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) amonificado en el municipio de San Ildefonso, San Vicente 2011 (en línea). Tesis de Ingeniero Agrónomo. San Vicente, El Salvador, Universidad de El Salvador. 88 p. Consultado 10 dic 2020. Disponible en <https://bit.ly/3APHF MJ>
- Borrás, L; Torres, G. 2016. Producción de alimentos para animales a través de fermentación en estado sólido-FES (en línea). *Orinoquia* 20(2):47-54. Consultado 13 nov. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3k8JNcE>
- Castellanos, S; Gamarra, J; Gómez, C; Fernández, M. 2017. Amonificación de la panca de maíz (*Zea mays* L.) con tres niveles de urea para la mejora de su digestibilidad (en línea). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 28(1):78-85. Consultado 10 nov. 2020. Disponible en <https://n9.cl/q9e6c>

- Castillo, D; Padilla, F. 2016. Efecto de la amonificación sobre la composición química bromatológica de los residuos de cosecha de cultivos agrícolas (en línea). Tesis de Ingeniero Zootecnista. Huancavelica, Perú, Universidad Nacional de Huancavelica. 114 p. Consultado 18 dic. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/Lb1OhPj>
- Chesson, A; Gordon, AH; Lomax, JA. 1983. Substituent groups linked by alkylable bonds to arabinose and xylose residues of legume grass and cereal straw cell walls and their fate during digestion by rumen microorganisms (en línea). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 34(12):1330-1340. Consultado 5 dic. 2020. Disponible en <https://n9.cl/yl32>
- Cuervo, W; Gutiérrez, E. 2018. Fracciones químicas del maíz (*Zea maíz*) sometido a procesos sucesivos de ensilaje y amonificación utilizado en la alimentación de bovinos en Tame Arauca (en línea). *Agricolae & Habitat* 1(1):1-26. Consultado 4 dic. 2020. Disponible en <https://doi.org/gnbv>
- da Silva, WS; dos Santos, TMC; Cavalcanti Neto, CC; Espíndola Filho, AM; da Silva, SGM; Figueiredo, AN; de Melo, BA. 2014. Características y estabilidad aeróbica de ensilajes de caña de azúcar, tratada con urea, NaOH y maíz. *Pastos y Forrajes* 37(2):182-190. Consultado 13 dic. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/Hb1zK6d>
- Filian, W; Mora, A; Pereda, J; Curbelo, L; Pedraza, R; Vázquez, R. 2020. Balance forrajero según tipologías de fincas agrícolas con ganadería vacuna de la cuenca baja del río Guayas, Ecuador (en línea). *Revista de Producción Animal* 32(1):30-43. Consultado 4 dic. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/ib1OTZ6>
- GAD JUNIN (Gobierno autónomo descentralizado del Cantón Junín). 2014. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Junín (en línea). Cantón Junín, Ecuador. 315 p. Consultado 3 dic. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/Dh6yXuo>
- García, L; Boradallo, E; Dopico, D; Cordero, D. 2013. Obtención de celulosa microcristalina a partir del bagazo de la caña de azúcar (en línea). *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar* 47(1):57-63. Consultado 3 dic. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/cb1OD2y>
- Lagos, E; Castro, E. 2019. Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes (en línea). *Agronomía Mesoamericana* 30(3):917-934. Consultado 5 ene. 2021. Disponible en <https://n9.cl/92zxtz>
- Lagunes, F; Lagunes, M. 2015. Manual de Laboratorio de Nutrición Animal (en línea). Consultado 6 nov. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/lh6yyt7>
- Martín, PC. 2009. El uso de residuales agroindustriales en la alimentación animal en Cuba: pasado, presente y futuro (en línea). *Avances en Investigación Agropecuaria* 13(3):3-10. Consultado 5 nov. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/qb1OHpy>
- Nollet, LM. 1996. Handbook of food analysis. Boca Ratón, EUA. CRC Press. 2 v.
- Núñez, O. 2017. Utilización de alimentos no tradicionales y subproductos agrícolas en la nutrición animal (en línea). *Journal of the Selva Andina Animal Science* 4(1):1-2. Consultado 6 nov. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/ub1qExV>
- Pernalet, Z; Piña, F; Suárez, M; Ferrer, A; Aiello, C. 2008. Fraccionamiento del bagazo de caña de azúcar mediante tratamiento amoniacal: efecto de la humedad del bagazo y la carga de amoníaco. *Bioagro* 20(1):3-10. Consultado 7 nov. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/Ob1qw3i>
- Ponce, E. 2015. Amonificación de panca de maíz (*Zea mays*) y su efecto sobre el valor nutritivo y el consumo en bovinos adultos. Tesis de Maestría. San José de las Lajas, Cuba, Instituto de Ciencia Animal. 66 p.
- Ramírez, G; Aguilera, C; Garcia, G; Nuñez, A. 2007. Effect of urea treatment on chemical composition and digestion of *Cenchrus ciliaris* and *Cynodon dactylon* hays and *Zea mays* residues (en línea). *Cellulose* 38(42.5):39-6. Consultado 5 dic. 2020. Disponible en <https://n9.cl/dcju>
- Rodríguez, N; Araujo-Febres, O; González, B; Vergara-López, J. 2002. Efecto de la amonificación con urea sobre los componentes estructurales de la pared celular de heno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick a diferentes edades de corte (en línea). *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 10(1):7-13. Consultado 15 dic. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/Xb1OMho>

- Ross, EP; Romero, R. 2015. Amonificación de panca de maíz durante tres periodos y su efecto en la composición bromatológica (en línea). La Técnica: Revista de las Agrociencias (15):70-77. Consultado 15 dic. 2020. Disponible en <https://doi.org/gnbw>
- Saavedra, C; Omaña, M; Navas, A; Suárez, Á. 2013. Evaluación de la amonificación de residuos de cosecha de *Zea mays* como alternativa para la alimentación de rumiantes. Revista Ciencia Animal 1(6):99-108. Consultado 15 dic. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3ACJ4pJ>
- Salazar-Ortiz, J; Trejo-Téllez, LI; Valdez-Balero, A; Senties-Herrera, HE; Rosas-Rodríguez, M; Gallegos-Sánchez, J; Gómez-Merino, FC. 2017. Caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la alimentación de rumiantes: experiencias generadas con cañas forrajeras (en línea). Agroproductividad 10(11):70-76. Consultado 6 dic. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/lb1vJgl>
- SAS. 2012. SAS/STAT 12.1 User's Guide. Cary, EUA. SAS Institute. Consultado 5 oct. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3i1DpB8>
- Serrano, A. 2018. Influencia del aceite de ajo en la producción de gas y degradabilidad del rastrojo de sorgo y bagazo de caña de azúcar (en línea). Tesis de Licenciatura. Toluca, México, Universidad Autónoma del Estado de México. 41 p. Consultado 20 dic. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/pb1OVgV>
- Souza, RC; Reis, RB; López, FCF; Mourthe, MHF; Lana, AMQ; Barbosa, FA; Sousa, BM. 2015. Efeito da adição de teores crescentes de ureia na cana-de-açúcar em dietas de vacas em lactação sobre a produção e composição do leite e viabilidade econômica (en línea). Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 67(2):564-572. Consultado 13 dic. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/Qb1msVD>
- Suárez, ACM; Quiceno, CA; Orrego, NB; Flórez, DR; Jaramillo, CAP. 2016. Evaluación de la producción de metabolitos en el proceso de ensilaje a partir de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) (en línea). Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas 1(28):125-137. Consultado 10 dic. 2020. Disponible en <https://cutt.ly/xb1QaOC>
- Torres, G; García, A.; Rivas, J; Perea, J; Angón, E; De Pablos-Heredero, C. 2015. Caracterización socioeconómica y productiva de las granjas de doble propósito orientadas a la producción de leche en una región tropical de Ecuador. Caso de la Provincia de Manabí (en línea). Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias 25(4):330. Consultado 11 dic. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2UGvfpQ>
- Van Soest, PJ. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. Ithaca, EUA, Cornell University Press. 476 p.