

Caracterización química y degradabilidad in situ de residuos orgánicos como alternativa alimenticia para bovinos

Chemical characterization and in situ degradability of organic waste as a feed alternative for cattle

Vera, José; Lazo, Rafael; Barzallo, Diego; Gavin, César



José Vera

humbertorichi@hotmail.com

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

Rafael Lazo

rlazos@unemi.edu.ec

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

Diego Barzallo

dbarzallog@unemi.edu.ec

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

César Gavin

cgavinm@unemi.edu.ec

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

Ecuadorian Science Journal

GDEON, Ecuador

ISSN-e: 2602-8077

Periodicidad: Semestral

vol. 5, núm. Esp.4, 2021

esj@gdeon.org

Recepción: 31 Agosto 2020

Aprobación: 04 Octubre 2020

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/606/6062739001/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.4.166>

Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra sus sitios web personales o en depósitos institucionales, después de su publicación en esta revista, siempre y cuando proporcionen información bibliográfica que acredite su publicación en esta revista. Licencia de Creative Commons Las obras están bajo una <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.

Como citar: Vera, J., Lazo, R., Barzallo, D., & Gavin, C. (2021). Caracterización química y degradabilidad in situ de residuos orgánicos como alternativa alimenticia para bovinos. *Ecuadorian Science Journal*, 5(4), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.4.166>

Resumen: El objetivo fue realizar una caracterización química y degradabilidad in situ de residuos orgánicos como alternativa alimenticia para bovinos. Se evaluó la materia seca de residuos de banano, cacao y caña de azúcar generados por fincas productoras dentro del cantón La Troncal - Ecuador. Fue determinado mediante análisis proximal: proteína cruda, cenizas, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno; Análisis de fibras: fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y lignina detergente ácida; Análisis de energía bruta; y degradabilidad in situ con su cinética de degradación, para el cual las muestras se incubaron dentro del rumen de bovinos fistulados durante 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas. Resultando los valores del análisis proximal una opción importante sobre los residuos evaluados como alimento alternativo para bovinos gracias al contenido de nutrientes presentes y de energía bruta, sin embargo, el contenido de fibras y lignina podría limitar su consumo, la degradabilidad in situ de sus materias secas son considerablemente aceptables en dietas de bovinos, observándose su máxima degradación ruminal a través del tiempo a las 96 horas. En conclusión, los residuos orgánicos de banano, cacao y caña de azúcar son una buena alternativa alimenticia en bovinos. Este aprovechamiento liga una gestión sostenible sobre la disposición final de dichos desperdicios sobre el medio ambiente, reduciendo a la vez el costo de producción de alimento para este tipo de semoviente rumiante.

Palabras clave: Alimentos, bovinos, caracterización, cinética de degradación, degradabilidad ruminal.

Abstract: The objective was to carry out a chemical characterization and in situ degradability of organic waste as a food alternative for cattle. The dry matter of banana, cocoa and sugar cane residues generated by producing farms within the La Troncal canton - Ecuador was evaluated. It was determined by proximal analysis: crude protein, ash, ethereal extract, crude fiber and nitrogen-free extract; Fiber analysis: neutral detergent fiber, acid detergent fiber and acid detergent lignin; Gross energy analysis; and in situ degradability with its degradation kinetics, for which the samples were incubated within the rumen of fistulated bovines for 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 hours. The values of the proximal analysis are an important option on the residues evaluated as alternative feed for bovines thanks to the content of nutrients present and of gross energy, however,

the content of fibers and lignin could limit their consumption, the degradability in situ of their materials. dry are considerably acceptable in bovine diets, observing their maximum ruminal degradation over time at 96 hours. In conclusion, the organic residues of banana, cocoa and sugar cane are a good food alternative in cattle. This use links a sustainable management on the final disposal of said waste on the environment, reducing at the same time the cost of food production for this type of ruminant livestock.

Keywords: Food, cattle, characterization, degradation kinetics, ruminal degradability.

INTRODUCCIÓN

El incremento de la población a nivel mundial demanda de alimentos ricos en proteína animal, por tal motivo la producción de ganado bovino está en aumento y hay que optar por nuevas alternativas eficientes y sostenibles de alimentación animal. Por lo anterior, los bovinos al ser animales rumiantes, responden eficientemente al consumo de fibra, lo que hace posible aprovechar subproductos y residuos agrícolas que aporten con nutrientes que podrían disminuir los costos de producción y de esta manera reducir el impacto ambiental de las actividades agrícolas y ganaderas (García, M., et al., 2015).

Según Torres, S. C., & Miranda, J. P. R., (2017) el aprovechamiento de estos residuos orgánicos debe responder a la necesidad y gestión de los mismos, con la finalidad de minimizar impactos ambientales. Existe preocupación para los países en vías de desarrollo, en cuanto al manejo y disposición final de los residuos sólidos orgánicos generados (Quillos Ruiz, S. A., et al., 2018). Esto ha incrementado las exigencias hacia la agroindustria en temas ambientales, obligándola a producir de una manera sostenible, buscando alternativas para la disposición final de sus residuos generados.

FAOSTAT, (2019) reporta que, a nivel mundial existe una superficie de 5'158.582 hectáreas destinadas al cultivo de banano, 26'777.041 hectáreas de cultivo de caña de azúcar, 12'234.311 hectáreas de cultivo de cacao; esto representa una producción anual de 116'781.658 toneladas de banano, 1.949'310.108 toneladas de caña de azúcar y 5'596.397 toneladas de cacao; Mientras tanto en Ecuador se encuentran registradas 183.347 hectáreas de cultivo de banano, 121.812 hectáreas de cultivo de caña de azúcar y 525.435 hectáreas de cultivo de cacao, con una producción anual de 6'583.477 toneladas de banano, 9'257.700 toneladas de caña de azúcar y 283.680 toneladas de cacao.

Esto denota una alta producción de banano, caña de azúcar y cacao en las diferentes regiones del Ecuador país donde las industria que procesan los productos agropecuarios, deben encontrar un destino final para los subproductos y sus residuos.

Lagos-Burbano, E., & Castro-Rincón, E. (2019) en su investigación de subproductos de la industria azucarera en la alimentación de ruminantes manifiesta que, los residuos de caña de azúcar son una alternativa dentro de la nutrición animal, donde previo al consumo se debe investigar la degradabilidad de la materia seca que contienen estos subproductos, mediante análisis físicos y químicos. De igual manera Caicedo, W., et al., (2020) considera que la composición química (materia seca, cenizas, proteína bruta, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, energía bruta y fibra bruta) del raquis de banano es un alimento con un buen valor nutritivo que puede ser empleado en la alimentación de bovinos.

Siendo así, los residuos de cacao son considerados también, recursos alimenticios alternativos no convencionales para rumiantes, pueden ser conseguidos a un bajo costo, ayudando a disminuir el impacto ambiental gracias a su contenido adecuado de fibra cruda, fibra detergente ácida y neutra con valores superiores entre 25.66 y 56.63% (Yoplac, I. J., et al., 2021). La particularidad en los rumiantes es poseer

microorganismos ruminales los cuales le dan la capacidad de poder aprovechar estos nutrientes degradables para el propio animal (Italo, E. G., 2020).

La superficie de labor agrícola en Ecuador está dada mayoritariamente por el cultivo de banano, cacao y caña de azúcar, donde la producción es utilizada para su comercialización en mercados nacionales y de exportación. Debido a su gran producción, existe una cantidad considerable de residuos generados sin un óptimo tratamiento que mitigue el impacto generado al medio ambiente.

La producción de los rumiantes está dada en función del valor nutritivo de las dietas que consumen a diario (Barros-Rodríguez et al., 2017). La alimentación en bovinos es el factor más determinante sobre el tipo y poblaciones microbianas dentro del rumen, facultados para degradar carbohidratos estructurales como la celulosa, hemicelulosa, en conjunto con la fermentación ruminal, siendo así, la degradabilidad ruminal de forrajes para el ganado puede estar relacionada directamente con la composición química y la etapa fisiológica de la planta (Valenciaga et al., 2018).

La calidad y el contenidos de nutrientes presente en los alimentos utilizados para la alimentación de rumiantes está dada en función de la degradabilidad a nivel ruminal, digestibilidad, concentración de nutrientes y eficiencia con que estos puedan ser metabolizados y utilizados por el animal. Fisiológicamente, una vez ingeridos los alimentos, la degradabilidad hace énfasis a la cantidad de alimento que desaparece a nivel del rumen por acción de los microorganismos ruminales. La degradación ruminal es importante en el suministro de nutrientes dentro de la dieta para satisfacer las demandas de los microorganismos y de los tejidos y órganos de los animales. Por tal motivo, es crucial estudiar la dinámica de la degradación ruminal de los alimentos antes de su uso potencial para formular raciones apropiadas en rumiantes, existiendo en la actualidad métodos que se utilizan como el método *in sacco*, que ha sido el método más eficaz para estudiar la degradación de alimentos dentro del rumen, a pesar de tener sus implicaciones en el ámbito de bienestar animal (Salazar & Rojas, 2020).

Por tanto, el objetivo de esta investigación radica en caracterizar mediante análisis químicos y de degradabilidad *in situ* los residuos orgánicos de la producción de banano, cacao y caña de azúcar en el cantón La Troncal - Ecuador para el aprovechamiento dentro de la dieta de bovinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el cantón La Troncal de la Provincia de Cañar, Ecuador, ver Figura 1. Encontrándose ubicado a 2°28'22" y 2°30'05" latitud sur, y entre 79°14'14" y 79°31'45" longitud oeste. Cuenta con una extensión de 32,780 hectáreas, una altitud de 24 y 200 metros, el sitio presenta una temperatura promedio de 24.6 °C. (GAD Municipal La Troncal, 2021).



FIGURA 1
Ubicación geográfica del cantón La Troncal.
GAD Municipal La Troncal 2021.

La investigación fue de carácter descriptiva, se tomaron muestras de residuos orgánicos de:

- a) Banano (*Musa paradisiaca* L.) variedad CAVENDISH y ORITO (hoja verde, vástago y raquis).
- b) Cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad ARRIBA y CCN-51 (cascara, cascarilla y placenta).
- c) Caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) variedad CC 8592 y ECU-01 (hoja verde, hoja seca y bagazo).

Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), provincia de Los Ríos, Ecuador, siendo pesadas en una balanza analítica, pre-secadas a temperatura ambiente y posteriormente deshidratadas en una estufa de aire forzado a 65 °C por 48 horas para preceder a realizar los siguientes análisis:

Caracterización Proximal. La composición bromatológica se determinó utilizando el método de la A.O.A.C., (2016) para: materia seca, proteína cruda, cenizas, extracto etéreo, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno.

Caracterización de Fibra. El contenido de fibras fue determinado según la metodología descrita por Goering & Van Soest, (1970): fibra detergente neutra (FND), fibra detergente ácida (FDA) y lignina detergente ácida (LDA).

Caracterización de Energía Bruta. El contenido de energía bruta fue obtenido a través de una bomba calorimétrica IKA C 2000, siguiendo lo establecido en el método de la A.O.A.C. (2016).

Degradabilidad in situ. La degradabilidad in situ y cinética de degradación de la materia seca se determinó según lo establecido por Orskov, E., & Mc Donald, I., (1979), las muestras en base seca se llenaron en bolsas de nylon e incubadas durante: 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas dentro del rumen de bovinos mestizos Brahman fistulados, con un peso vivo de 450 Kg ± 20 Kg.

Los datos obtenidos fueron calculados mediante la función SOLVER del programa Excel de Microsoft Office 2016.

RESULTADOS

Caracterización de residuos orgánicos

El resultado de la caracterización de los residuos orgánicos mediante análisis químico, de fibra y contenido de energía bruta de banano, cacao y caña de azúcar se muestra en las Tablas 1, 2, 3.

TABLA 1.
Caracterización de los residuos orgánicos de banano.

Variables	Valor	Banano	
		CAVENDISH	ORITO
ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL			
Proteína Cruda	(%)	5.51	6.07
Extracto Etéreo	(%)	4.30	3.68
Ceniza	(%)	14.98	14.67
Fibra cruda	(%)	25.96	27.66
Extracto Libre de Nitrógeno	(%)	49.26	47.59
Materia Seca Total	(%)	8.05	8.62
ANÁLISIS DE FIBRA			
FDN	(%)	46.28	43.10
FDA	(%)	29.82	26.78
LDA	(%)	8.78	7.69
CONTENIDO DE ENERGÍA BRUTA			
Energía Bruta	(Mcal/Kg)	4.42	4.27

Propia del autor (Elaborados por Función Solver)

Los residuos de banano mostraron en promedio un contenido de proteína cruda de 5.79%, extracto etéreo 3.99%, cenizas 14.83%, fibra cruda 26.81%, extracto libre de nitrógeno 48.43%, materia seca total de 8.34%, fibra detergente neutra 44.69%, fibra detergente ácida 28.30%, lignina detergente ácida 8.24% y un contenido de energía bruta de 4.35 (Mcal/Kg).

TABLA 2
Caracterización de los residuos orgánicos de cacao.

Variables	Valor	Cacao	
		CCN 51	ARRIBA
ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL			
Proteína Cruda	(%)	7.00	8.15
Extracto Etéreo	(%)	6.89	6.18
Ceniza	(%)	10.69	9.89
Fibra cruda	(%)	24.83	25.85
Extracto Libre de Nitrógeno	(%)	50.58	49.93
Materia Seca Total	(%)	45.37	48.91
ANÁLISIS DE FIBRA			
FDN	(%)	41.30	41.45
FDA	(%)	32.45	32.22
LDA	(%)	20.42	21.34
CONTENIDO DE ENERGÍA BRUTA			
Energía Bruta	(Mcal/Kg)	4.59	4.61

Propia del autor (Elaborados por Función Solver)

Mientras tanto, los residuos de cacao presentaron una media en el contenido de proteína cruda de 7.58%, extracto etéreo 6.58%, cenizas 10.29%, fibra cruda 25.34%, extracto libre de nitrógeno 50.26%, materia seca total de 47.14%, fibra detergente neutra 41.38%, fibra detergente ácida 32.34%, lignina detergente ácida 20.88% y un contenido de energía bruta de 4.60 (Mcal/Kg).

TABLA 3.
Caracterización de los residuos orgánicos de la caña de azúcar.

Variables	Valor	Caña de Azúcar	
		CC 8592	ECU-01
ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL			
Proteína Cruda	(%)	3.25	3.67
Extracto Etéreo	(%)	1.56	1.67
Ceniza	(%)	7.07	6.17
Fibra cruda	(%)	36.54	35.01
Extracto Libre de Nitrógeno	(%)	51.58	53.48
Materia Seca Total	(%)	50.91	55.58
ANÁLISIS DE FIBRA			
FDN	(%)	63.49	65.71
FDA	(%)	36.12	38.60
LDA	(%)	5.58	6.94
CONTENIDO DE ENERGÍA BRUTA			
Energía Bruta	(Mcal/Kg)	4.47	4.53

Propia del autor (Elaborados por Función Solver)

Sin embargo, los residuos de caña de azúcar mostraron un contenido de proteína cruda de 3.46%, extracto etéreo 1.62%, cenizas 6.62%, fibra cruda 35.77%, extracto libre de nitrógeno 52.53%, materia seca total de 53.25%, fibra detergente neutra 64.60%, fibra detergente ácida 37.36%, lignina detergente ácida 6.26% y 4.50 (Mcal/Kg) de energía bruta.

Degradabilidad in situ de residuos orgánicos

La degradabilidad in situ de la materia seca de los residuos orgánicos de las variedades de banano, cacao y caña de azúcar estudiadas se muestran en las Tablas 4, 5, 6.

TABLA 4
 Degradabilidad in situ de la materia seca de los residuos orgánicos del banano.

Tiempo de incubación ruminal	Banano	
	CAVENDISH	ORITO
0	18.76	19.82
3	24.09	24.60
6	28.68	28.78
12	36.02	35.67
24	45.60	45.08
48	54.28	54.04
72	57.44	57.30
96	58.73	58.51
VARIABLES DEL POTENCIAL DE DEGRADACIÓN		
Fración soluble	18.76	19.82
Fración insoluble pero potencialmente degradable	41.08	39.43
Fración indegradable	40.16	40.75
Degradabilidad potencial	59.84	59.25
Kd (tasa de degradabilidad, % hora)	0.05	0.04
Degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 2% hora ⁻¹	46.85	46.63
Degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 5% hora ⁻¹	38.09	37.98
Degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 8% hora ⁻¹	33.55	33.56

Propia del autor (Elaborados por Función Solver)

TABLA 5.
 Degradabilidad in situ de la materia seca de los residuos orgánicos del cacao.

Tiempo de incubación ruminal	Cacao	
	CCN 51	CCN 51
0	17.71	16.89
3	22.49	21.87
6	26.63	26.03
12	33.28	32.44
24	41.97	40.38
48	49.62	47.28
72	52.10	49.77
96	52.93	50.74
Variables del potencial de degradación		
Fracción soluble	17.71	16.89
Fracción insoluble pero potencialmente degradable	35.66	34.52
Fracción indegradable	46.63	48.59
Degradabilidad potencial	53.37	51.41
Kd (tasa de degradabilidad, % hora)	0.05	0.05
Degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 2% hora-1	42.78	41.11
Degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 5% hora-1	35.10	33.87
Degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 8% hora-1	31.03	30.05

Propia del autor (Elaborados por Función Solver)

TABLA 6
 Degradabilidad in situ de la materia seca de los residuos orgánicos de la caña de azúcar.

Tiempo de incubación ruminal	Caña de Azúcar	
	CC 8592	ECU-01
0	20.77	19.45
3	26.44	25.62
6	31.35	30.86
12	39.25	39.11
24	49.64	49.44
48	58.96	57.86
72	62.12	60.30
96	63.24	61.03
Variables del potencial de degradación		
Fracción soluble	20.77	19.45
Fracción insoluble pero potencialmente degradable	43.15	41.90
Fracción indegradable	36.07	38.65
Degradabilidad potencial	63.93	61.35
Kd (tasa de degradabilidad, % hora)	0.05	0.05
Degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 2% hora-1	50.81	49.77
Degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 5% hora-1	41.50	40.93
Degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 8% hora-1	36.62	36.09

Propia del autor (Elaborados por Función Solver)

De forma general los resultados de degradabilidad in situ de la materia seca muestran una aceptable degradación como alimento en bovinos, ya que la fracción soluble de materia seca presenta un valor inicial en promedio de degradabilidad del (19.29% en residuos de banano, 17.30% en residuos de cacao y 20.11% en residuos de caña de azúcar), incrementándose a las 96 horas a (58.62% en residuos de banano, 51.84% en residuos de cacao y 62.14% en residuos de caña de azúcar) según como se observa la cinética de degradación en la Figura 2.

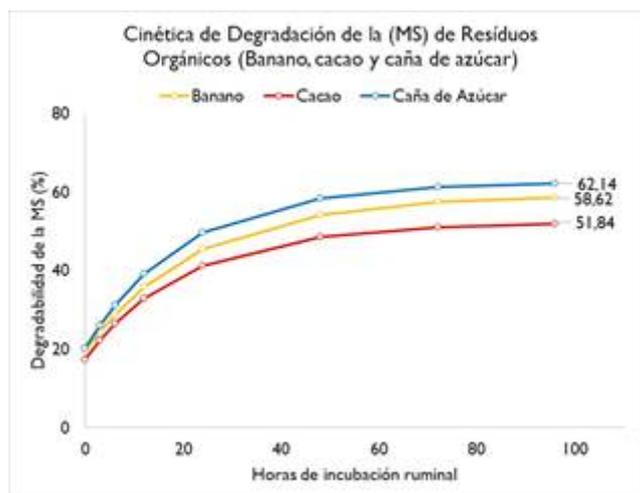


FIGURA 2
Cinética de degradación de la materia seca de los residuos orgánicos.
Propia del autor (Elaborados por Función Solver)

En esta figura se observa una tendencia de aumento en la cinética de degradación ruminal hasta la hora 72 aproximadamente en todos las variedades de residuos analizados y un descenso aparentemente constante hasta las 96 horas.

Discusión

Los resultados obtenidos en los residuos de banano, cacao y caña de azúcar coinciden con los reportados por (Vera-Rodríguez, J. H., et al., 2021; Rodríguez, J. H. V., et al., 2021; Yoplac, I. J., et al., 2021). Los bovinos al ser animales rumiantes pueden ser catalogados como cámaras de fermentación, con la capacidad de transformar materiales alimenticios indigestibles para otras especies animales, en fuentes energéticas aprovechables para su desarrollo, mantenimiento y producción, siendo esta una característica muy útil para diversificar su sistema de alimentación.

Los valores reportados por Ribeiro, A., et al., (2007) indican que las *Musa* spp. presentan valores de materia seca del 91.01%, extracto etéreo 2.55%, proteína bruta 17.20%, FDN 66.37%, FDA 37.85%, alcanzando una degradación de la materia seca a las 96 horas de incubación del 36.54%.

El banano posee un excelente contenido de nutrientes, tiene un potencial aporte de energía para la alimentación de animales, sus hojas contienen valores de FDN, proteína cruda y lignina idóneos para la alimentación de bovinos, siendo considerado los residuos de bananeras una buena fuente forrajera para los rumiantes (Diniz, T. T., et al., 2014). Los residuos generados en la producción bananera presentan un alto potencial de aprovechamiento gracias a su variada composición química, misma que puede ser aprovechada como alimentos para animales.

Abarca, D., et al., (2010) estudió la composición de los residuos de cacao de la variedad Nacional, encontrando como resultado un contenido de proteína del 4.5% en la cáscara y 17.10% en la cascarilla, grasa 2.50% en la cáscara y 2.18% en la cascarilla, cenizas 9.01% en la cáscara y 7.93% en la cascarilla, fibra cruda 33.78% en la cáscara y 21.41% en la cascarilla, extracto libre de nitrógeno 43.68% en la cáscara y 44.07% en la cascarilla. Producto que aporta unas excelentes fuentes de fibra ideal para la alimentación de rumiantes.

Así también, Aguirre, J., et al., (2010) demostraron que los residuos de la caña de azúcar poseen un contenido de proteína cruda, FDA y lignina similar con (3.64%, 33.86% y 6.29%), mientras que el FDN es menor con 48.71%. La digestibilidad de la caña de azúcar dependerá de la proporción en los componentes de la pared celular, celulosa, hemicelulosa según el estudio realizado por Aranda, E. M., et al., (2004).

Según Contreras, J. L., et al., (2019), la incubación de muestras de residuos dentro del rumen hasta las 96 horas, es suficiente para poder observar los valores máximos de la degradación de la materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutra. La técnica de bolsas de nylon para medir la degradabilidad ruminal de muestras de alimentos permite elaborar mejores raciones que ayuden a satisfacer los requerimientos nutricionales de los microorganismos ruminales para que los animales puedan incrementar sus rendimientos productivos y reproductivos.

Importante alternativa para evaluar residuos orgánicos existentes en abundancia en las diferentes regiones de nuestro país y de esta forma ser aprovechadas en especial durante las épocas de escases de alimento para el ganado bovino.

Meza-Bone, et al., (2022), manifiestan que, los mayores parámetros de degradación ruminal de materia seca (MS), materia orgánica (MO), fibra en detergente neutra (FDN) y fibra en detergente ácido (FDA), están asociados a las edades de corte y a los componentes estructurales de la composición bromatológica del forraje. Siendo así, que a conforme se incrementaron las edades de corte disminuyen los parámetros de degradación ruminal.

La importancia de conocer los procesos digestivos que ocurren en animales rumiantes, así como su descripción e interpretación matemática de la degradabilidad de alimentos, han generado numerosos estudios, involucrando un aprovechamiento de desperdicios orgánicos a gran cantidad, resultando una estrategia para alcanzar un desarrollo territorial favoreciendo la soberanía alimentaria de una manera sostenible.

Por lo que se considera que la composición química, de fibra y degradabilidad de los residuos podría variar de acuerdo al estado de maduración de los productos durante la cosecha, al contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina contenida estructuralmente en cada vegetal y a factores externos como la nutrición de los suelos.

CONCLUSIONES

En conclusión, los residuos orgánicos de banano, cacao y caña de azúcar son una buena alternativa alimenticia para bovinos. Este aprovechamiento liga una gestión sostenible sobre la disposición final de dichos desperdicios sobre el medio ambiente, reduciendo a la vez el costo de producción de alimento para este tipo de semoviente rumiante.

Debido a su considerable volumen disponible a consecuencia de la fuerte explotación de estos cultivos en Ecuador, es de suma importancia profundizar estudios sobre un adecuado método de su conservación y procesamiento para la nutrición de animales en especial de rumiantes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento

Agradecimiento al Dr. Juan Humberto Avellaneda Cevallos por facilitar la gestión para realizar los respectivos análisis en los Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional de la Universidad Técnica de Quevedo UTQ.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abarca, D., Martínez, R., Muñoz, J. J., Torres, M. P., & Vargas, G. (2010). Residuos de café, cacao y cladodio de tuna: Fuentes promisorias de fibra dietaria. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 23(2), 63-69. <http://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/57>

- Aguirre, J., Magaña, R., Martínez, S., Gómez, A., Ramírez, J. C., Barajas, R., ... & García, D. E. (2010). Caracterización nutricional y uso de la caña de azúcar y residuos transformados en dietas para ovinos. *Zootecnia tropical*, 28(4), 489-498. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-72692010000400005&script=sci_arttext&tlng=en
- A.O.A.C. (2016). Official methods for analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 20th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. Disponible en: <https://www.techstreet.com/products/preview/1937367>
- Aranda, E. M., Ruiz, P., Mendoza, G. D., Marcoff, C. F., Ramos, J. A., & Elías, A. (2004). Cambios en la digestión de tres variedades de caña de azúcar y sus fracciones de fibra. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 38(2), 137-144. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017901005>
- Barros-Rodríguez, M., Oña-Rodríguez, J., Mera-Andrade, E., Artieda-Rojas, J., Curay-Quispe, S., Avilés-Esquivel, & GuishcaCunhay, C. (2017). Degradación ruminal de dietas a base de biomasa pos-cosecha de *Amaranthus cruentus*: Efecto sobre los protozoos del rumen y producción de gas in vitro. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(4), 812-821. <http://doi.org/10.15381/rivep.v28i4.13931>
- Caicedo, W., Viáfara, D., Pérez, M., Alves Ferreira, F. N., Rubio, G., Yanza, R., ... & Motta Ferreira, W. (2020). Características químicas del ensilado de raquis de plátano (*Musa paradisiaca*) y banano orito (*Musa acuminata* AA) tratado con suero de leche y urea. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(4), 1-9. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i4.19035>
- Contreras, J. L., Matos, M. A., Felipe, E., Cordero, A. G., & Ramos Espinoza, Y. (2019). Degradabilidad ruminal de forrajes y residuos de cosecha en bovinos Brown Swiss. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(3), 1117-1128. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i3.16601>
- Diniz, T. T., Granja-Salcedo, Y. T., de Oliveira, E. M., & Viegas, C. R. (2014). Byproducts for use in animal feed banana crop. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 6(1), 194-212. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153098529>
- FAOSTAT. (2019). Datos. Producción. Cultivos. Caña de Azúcar. Consultado: (24 abril de 2021). <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- GAD Municipal La Troncal. (2021). Datos generales ciudad La Troncal. Consultado: (24 abril de 2021). <http://www.latroncal.gob.ec/WEB17/VARIOS/CIUDAD.PHP>
- García, M., Henry, D., Schulmeister, T., Benítez, J., Moreno, M. R., Cuenca, J., ... & DiLorenzo, N. (2015). Nutrición animal en sistemas tropicales: Uso de residuos agrícolas en la producción animal. *Maskana*, 6, 75-81. <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/651>
- Goering, M.K. & P.J. Van Soest. (1970). Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Handbook No. 379*, USDA, Washington DC. Disponible en: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT87209099/PDF>
- Italo, E. G. (2020). Efecto de inclusión de cáscara de plátano en la degradabilidad in situ de ensilaje de maíz forrajero. *Ingeniería e Innovación*, 8(1). <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/article/view/2327>
- Lagos-Burbano, E., & Castro-Rincón, E. (2019). Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agronomía Mesoamericana*, 917-934. <https://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/34668>
- Meza-Bone, G. A., Meza-Bone, C. J., Avellaneda-Cevallo, J. H., Godoy-Montiel, L. A., Barros-Rodríguez, M. A., & Jines-Fernández, F. (2022). Degradación ruminal in vitro en *Tithonia diversifolia*. *Agronomía Mesoamericana*, 43206-43206.
- Orskov, E. & Mc Donald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 92:499-503. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/s0021859600063048>
- Quillos Ruiz, S. A., Escalante Espinoza, N. J., Sánchez Vaca, D. A., Quevedo Novoa, L. G., & De La Cruz Araujo, R. A. (2018). Residuos sólidos domiciliarios: caracterización y estimación energética para la ciudad de Chimbote. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 84(3), 322-335. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2018000300006&script=sci_arttext&tlng=pt

- Ribeiro, A., Ribeiro, S., Neto, M. G., Antonio, M., & Kleber de Resende, F. C. A. V. (2007). Composição bromatológica e degradabilidade in situ de folhas de árvores frutíferas para alimentação. *Boletim de medicina veterinária*, 3(3), 17-23. <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/bolmedvet/viewarticle.php?id=28&locale=en>
- Rodríguez, J. H. V., Sánchez, S. T. T., Rojas, H. A. M., Cabrera, J. Á. G., Reinoso, L. E. P., Cabrera, W. N. M., ... & Guaraca, Ó. M. C. (2021). Valoración nutricional de los residuos orgánicos de banano en el cantón La Troncal, Ecuador. *Revista Universitaria del Caribe*, 26(01), 78-86. <https://www.lamjol.info/index.php/RUC/article/view/11882>.
- Salazar, J. A. E., & Rojas, C. R. M. (2020). Fistulación en bovinos y uso de la técnica de degradabilidad ruminal para análisis de alimentos. *Nutrición animal tropical*, 14(2), 209-229. <https://dx.doi.org/10.15517/nat.v14i2.45167>
- Valenciaga, D., López, J. R., Galindo, J., Ruíz, T., & Monteagudo, F. (2018). Cinética de degradación ruminal de materiales vegetales de *Tithonia diversifolia* recolectados en la región oriental de Cuba. *Livestock Research for Rural Development*, 30(11), Artículo 186. <http://www.lrrd.org/lrrd30/11/daiky30186.html>
- Vera-Rodríguez, J. H., Medranda-Parraga, T. L., Sigüencia-Chuya, J. A., Mendieta-Franco, R. A., & Pérez-Guallpa, M. J. (2021). Caracterización nutricional de los residuos orgánicos en la caña de azúcar del cantón La Troncal. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 25(2), 110-119. <http://www.ciencia.gtmo.inf.cu/index.php/http/article/view/1154>
- Torres, S. C., & Miranda, J. P. R. (2017). Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en Cundinamarca, Colombia. *Universidad y Salud*, 19(1), 116-125. <https://doi.org/10.22267/rus.171901.75>
- Yoplac, I. J., Goñas, K., Bernal, W., Vásquez, H. V., & Maicelo, J. L. (2021). Caracterización química y digestibilidad in vitro de semillas y subproductos agroindustriales amazónicos con potencial para alimentación animal. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(3), 1-15. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i3.18765>