



DEGRADABILIDAD RUMINAL IN VITRO DE *Zea mays*

RUMINAL DEGRADABILITY IN VITRO OF *Zea mays*

Alexandra Barrera Álvarez; Ítalo Espinoza Guerra; Guido Álvarez Perdomo; Marlene Medina Villacis.

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo – Ecuador.

Email: abarrera@uteq.edu.ec

<https://doi.org/10.33789/talentos.9.2.171>

Resumen: La degradabilidad de los forrajes o subproductos agrícolas pueden ser estimados por simuladores de proceso de digestión permitiendo obtener la degradabilidad de los alimentos incubados dentro de frascos cuya fermentación ruminal corresponde a una cierta cantidad de degradación de los sustratos. La investigación tuvo como objetivo determinar la degradabilidad ruminal de los residuos de la cosecha de maíz (cáscara, pelusa, tusa y panca). Se utilizó un diseño completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos (100% cáscara de maíz, 100% pelusa de maíz, 100% panca de maíz y 100% tusa de maíz), tres repeticiones y 7 tiempos de incubación (0,3,6,12,24,48 y 72 horas) y para las diferencias entre las medias Tukey ($p < 0,05$). Se evaluó la degradabilidad ruminal in vitro de la materia seca de residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*) y tuvo mayor aporte la pelusa (68.96%), seguido de la cáscara (49%), panca (42.82%) y tusa (27.78%), por tanto, pueden ser utilizadas con suplementos para el ganado bovino, para la mejora de su calidad nutricional.

Palabras clave: Residuos agroindustriales del maíz, degradación ruminal, materia seca.

Abstract: The degradability of forages or agricultural by-products can be estimated by simulators of the digestion process, allowing the degradability of foods incubated inside flasks whose ruminal fermentation corresponds to a certain amount of degradation of the substrates to be obtained. The objective of the research was to determine the ruminal degradability of corn harvest residues (husk, fluff, cob and panca). A completely randomized design (DCA) was used

Recibido: 21 de junio de 2021

Online: 13 de octubre de 2022

Publicado como artículo científico en la Revista de Investigación Talentos 9 (2), 77-83

Acceptado: 11 de octubre de 2022

Publicación Vol 9 (2): 01 de Julio de 2022

with four treatments (100% corn husk, 100% corn fluff, 100% corn husk and 100% corn cob), three repetitions and 7 incubation times (0.3, 6, 12, 24, 48 and 72 hours) and for the differences between the Tukey means ($p < 0.05$). The *in vitro* ruminal degradability of the dry matter of agroindustrial residues of corn (*Zea mays*) was evaluated and the fluff (68.96%) had the greatest contribution, followed by the husk (49%), panca (42.82%) and cob (27.78%). therefore, they can be used with supplements for cattle, to improve their nutritional quality.

Keywords: Corn agroindustrial residues, ruminal degradation, dry matter.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*), es una especie monocotiledónea, pertenece a unos de los cultivos de gramíneas más importante del mundo, este cultivo es originario de América y se desarrolla en todos los países (Reyes, 2015). En el Ecuador, el maíz duro seco se cosecha en la región Costa con un 79.98% de la superficie total, perteneciendo a las provincias de Los Ríos, Manabí y Guayas. La provincia que mayor aporta es Los Ríos, con el 35.96% en el país, seguida de las provincias de Manabí y Guayas con un aporte de 24.74% y 21.96% de la producción nacional (Salazar et al., 2017).

De parte del sector agroindustrial se adquiere una gran cantidad de residuos agrícola, como los cereales, que, por cada kilogramo de grano, se obtiene un kilogramo de rastrojo (Infante et al., 2016), entre los cereales, el maíz es usado en mayor cantidad, el cual genera un aumento importante de residuos (Jaraboa et al., 2013). El cultivo del maíz nos ofrece una alta cantidad de forraje fresco para la obtención de materia seca para la alimentación en rumiantes, cuando se le entrega al ganado en forma de forraje fresco o de ensilaje. Se lo puede conservar muy fácil

por ser muy rico en sustancias azucaradas y la disponibilidad de este material nos permite en los periodos secos una mejor alimentación del ganado (Sanchez, 2016).

En este sentido, el maíz produce una gran cantidad de biomasa y el hombre solo recolecta el 50% en forma de grano. El resto se encuentra en las diferentes partes de la planta tales como hoja, limbo, caña, mazorca y otros. La cantidad de biomasa residual que produce el cultivo de maíz oscila entre 20 a 35 toneladas por hectáreas. La proporción entre los componentes del residuo va a depender del nivel de fertilización, el tipo de cultivo y la variedad (Prado-Martínez et al., 2012).

Por otro lado, en el país, los productores utilizan diferentes alternativas de alimentación de rumiantes, de acuerdo con el clima y a la zona geográfica donde se encuentran, a la facilidad de acceder al material y a las posibilidades económicas (Pallarez, 2016). Una alternativa es el uso de los residuos agroindustriales para la alimentación animal que logra un valor ecológico, porque favorece a una vía de evitar la contaminación del medio ambiente (Vargas y Perez, 2018).

Además, una gran parte de los residuos

agroindustriales son generados por las industrias, como subproductos después de los procesos y manejo de los productos primarios del procedimiento, muchas veces estos subproductos tienen poco interés para las industrias que los producen, pues, los procesos productivos y manejo de éstos no están bien estandarizados o varían entre las empresas productoras y entre los países (Vargas y Zumbado, 2003).

En este sentido, la tendencia por la utilización de residuos agrícolas en la alimentación de rumiantes ha venido incrementándose en el ámbito mundial en los últimos años, a medida que la disponibilidad de granos se reduce. Dependiendo del tipo de cultivo y el manejo de los residuos varía la calidad en cuanto a digestibilidad y contenido proteico (Gómez et al., 2013).

Es de gran importancia conocer la degradabilidad de los alimentos para establecer su aprovechamiento de acuerdo con su valor nutritivo; y, por tanto, para la formulación de raciones para rumiantes (Ramírez, 2013).

La finalidad de este estudio fue aprovechar los residuos agroindustriales de maíz cuya implementación en la producción ganadera permitirá garantizar un impacto positivo en la economía de los ganaderos reduciendo costos de alimentación, además de reducir la contaminación ambiental. Por lo mencionado, el objetivo de estudio fue analizar la degradabilidad *in vitro* de MS de residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*), (cáscara, pelusa, tuza y panca) utilizados en

la alimentación de los rumiantes.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) ubicado en la finca experimental “La María”, perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) situada en el km 7 1/2 de la vía Quevedo – El Empalme, cantón Mocache, provincia de Los Ríos. Se encuentra entre las coordenadas geográficas de 01° 06’ de latitud Sur y 79° 29’ de longitud Oeste a una altura de 73 msnm.

Los tratamientos fueron T₁ Residuo de cáscara de maíz; T₂ Residuo de panca de maíz; T₃ Residuo de tuza de maíz y T₄ Residuo de pelusa de maíz. Se emplearon seis bolsas F57 en cada tiempo de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 horas) y por cada tratamiento, las mismas que fueron agregadas en las incubadoras de degradación *in vitro* DAISY II. Se depositaron 0.5 gramos de muestra molida a 2 mm en el interior de bolsas ANKOM F57 de tamaño de poro de 25 µm y dimensiones de 5 x 4 cm fabricadas de poliéster/polietileno con filamentos extruidos en una matriz de tres dimensiones, de acuerdo con la metodología planteada por ANKOM Technology (2008), incubando el material a siete horas diferentes. Finalmente se retiraron las muestras para ser lavadas con agua corriente, y secadas en una estufa Memmert a 65 °C por 48 horas.

Degradación Ruminal

Se determinó la degradación ruminal *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS) (ANKOM Technology, 2008), realizado a cada tratamiento en los siete tiempos de incubación, utilizando la siguiente fórmula:

$$DIV_{MS_i}(\%) = \frac{M_{pre} - M_{post}}{M_{pre}} \times 100$$

Donde:

DIV_{MS_i} (%): Porcentaje de degradación *in vitro* de la MS

M_{pre}: Materia pre-incubada

M_{post}: Materia post-incubada

Prueba de Degradabilidad In Vitro

Se utilizó líquido ruminal (bovino Brahmán de 500 ± 25 kg de peso vivo, fistulados en el rumen) extraído con un sistema de succión al vacío, en termos aclimatados con agua previamente a 40 °C.

Se preparó con anterioridad la solución buffer (saliva artificial) con fosfato de sodio dibásico anhidro (3.6 Gl⁻¹), bicarbonato de sodio (9.8 gL⁻¹) y cloruros de sodio (47 gL⁻¹), calcio (4 gL⁻¹), potasio (57 g L⁻¹) y magnesio (6 gL⁻¹), aclimatada en baño maría a 40 °C, a la cual se determina el pH, siendo óptimo 7±0.5, en caso de no cumplir con ese requerimiento se consideró la adición de hidróxido de sodio (pH < 6.5) y/o ácido sulfúrico (pH >7.5). Se utilizó una relación solución buffer: líquido ruminal (3:2).

Previo a la incubación se encendió el sistema ANKOM DAISY II para mantener la temperatura requerida de 40°C ± 0,5. Esta temperatura y condiciones simulan el estado del rumen por lo cual en el proceso de mezcla del líquido ruminal (9.6 L) y solución buffer (14.4 L) se mantuvo en presencia de CO₂ para evitar pérdida de los microorganismos anaeróbicos.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), cada unidad experimental estuvo conformada por una bolsa filtro de 5 x 5.5 cm de poliéster multicapa (Bolsas F57, Ankom Technology Corp., Macedon, ny) (ANKOM Technology, 2014). El análisis de datos se realizó mediante el ADEVA y las medias fueron analizadas mediante la prueba de Tukey (P≤0,05), con la utilización del paquete estadístico InfoStat (2008).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La degradabilidad *in vitro* de la MS de los residuos agrícolas del maíz (cáscara, pelusa, tusa y panca) presentan diferencias significativas (p<0,05) entre los tratamientos, en todos los tiempos de incubación ruminal (Tabla 1). Por tanto, el tratamiento T2 a base de pelusa de maíz presentó mayor degradabilidad ruminal (p<0,0001) en todas las horas de incubación. Sin embargo, de mayor a menor disponibilidad de sustrato para los microorganismos ruminales obtuvieron a las 72 horas: 68,96% en el T2 (pelusa), seguido del T1 a base de cáscara (49%), T4 panca (42,82%) y tusa (27,78%).

A partir de las 24 horas hasta las 72 horas de incubación ruminal, la cáscara y la panca tuvieron similar comportamiento ($p>0.05$) en la degradación ruminal de la MS, obteniendo 49 y 42.82% a las 72 horas de degradabilidad, respectivamente. No obstante, otros autores (Boschini & Amador, 2001) tuvieron una mejor utilización de los nutrientes degradables (MS) en el rumen cuando usaron la planta entera de maíz a los 90 días incrementándose entre el 53 y 58% de aprovechamiento de los microbiotas ruminales. La diferencia de contenido de MS puede ser por la edad de cosecha, esto es, la contribución de materia seca proveniente del tallo va aumentando, en relación con la masa seca presente en la planta entera, aunque en tallos y hojas de la planta, en forma complementaria, las tasas de degradación disminuyen al aumentar la edad.

Cabe señalar que los resultados de MS de panca de maíz *in vitro* son inferiores (42.82%) al reportado en el estudio de la

composición química y degradabilidad *in situ* de residuos agrícolas de maíz inoculados con dos cepas del género *Pleurotus*, quien obtuvo 46,05% a las 72 horas de incubación ruminal, posiblemente por la cantidad de fibra, así también, evaluó la degradabilidad de la tusa de maíz, superando el contenido de MS (33.48%) a la actual investigación (Peña, 2012). Mientras, otros autores (Fuentes et al., 2001) obtuvieron 64.67% en la digestibilidad *in vitro* de la MS del rastrojo de maíz, lo que indica un incremento de sustrato disponible para el microbiota ruminal. Similares resultados publicaron (Martínez-Trejo et al., 2012) al valorar la degradabilidad de la panca de maíz sin tratar y tratados con urea y otros, con contenidos desde 60.82% hasta 65.82% hasta las 72 horas de incubación ruminal. Este incremento en la degradabilidad de la MS en los tratamientos adicionados a la panca de maíz pudiera ser probablemente al rompimiento del enlace de la hemicelulosa con la lignina (Jackson, 1977).

TABLA 1.

Degradabilidad ruminal in vitro de la materia seca de residuos agroindustriales de maíz (Zea mays), (cáscara, pelusa, tusa y panca).

Horas de incubación	T1		T2		T3		T4		EEM	CV.	Prob.
	Cáscara de maíz		Pelusa de maíz		Tusa de maíz		Panca de maíz				
0	3,69	b	29,85	a	3,79	b	24,33	a	2,64	29,62	0,0002
3	5,31	b	35,79	a	5,77	b	26,09	a	2,49	23,62	<0,0001
6	6,56	c	33,75	a	6,79	c	25,71	b	0,97	9,24	<0,0001
12	14,03	c	46,62	a	7,95	c	26,81	b	2,15	15,58	<0,0001
24	28,90	b	58,95	a	14,12	c	31,79	b	1,58	8,19	<0,0001
48	42,58	b	65,70	a	23,25	c	46,77	b	3,90	15,16	0,0005
72	49,00	b	68,96	a	27,78	c	42,82	b	1,65	6,05	<0,0001

Nota: MZ: Maíz; EEM: Error Estándar de la Media; P<: Probabilidad; CV: Coeficiente de Variación; abc Promedios en cada fila con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey $p>0.05$).

IV. CONCLUSIONES

La degradabilidad ruminal *in vitro* de la materia seca de residuos agroindustriales de maíz (*Zea mays*), en cuanto a la cáscara, pelusa, tusa y panca de maíz, obtuvieron diferente predisposición para los microorganismos ruminales en la degradación hasta las 72 horas, encontrándose valores altos en el residuo de pelusa de maíz (68.96%), por tanto, pueden ser utilizadas con suplementos para la mejora de su calidad nutricional.

V. AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por el apoyo para realizar esta investigación a través de la séptima convocatoria FOCICYT para la financiación de proyectos.

VI. BIBLIOGRAFÍA

ANKOM Technology. (2008). *In vitro true digestibility with DAISY II incubator*. Retrieved Agosto 16, 2019, from ANKOM Technology, Macedon, NY.: https://ankom.com/media/documents/IVDMD_0805_D200.pdf

ANKOM Technology. (2014). *DAISY II Incubator. Simple and Reliable In-Vitro Incubation*. Retrieved Agosto 18, 2019, from Daisy Incubators |

ANKOM Technology: <https://ankom.com/media/documents/ANKOM%20Daisy%20Incubator%20Info.pdf>

- Boschini, C., & Amador, A. (2001). Degradabilidad ruminal de la planta de maíz forrajero en diferentes edades de crecimiento. *Agronomía Mesoamericana*, 12(1), 89-93.
- Fuentes, J., Magaña, C., Suárez, L., Peña, R., Rodríguez, S., & Ortiz, B. (2001). Análisis químico y digestibilidad *in vitro* de rastrojo de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 189-192.
- Gómez, J., Yepes, S., & Barahona, R. (2013). Caracterización nutricional del residuo del cultivo de la seta *Agaricus bisporus* como alimento potencial para bovinos. *Ces. Med. Vet. Zootec.*, 8(1), 37-59. Residuos del cultivo de maíz.
- Infante, C., Cuadrado, B., De Arco, D., Perez, K., Barrera, E., & San Juan, M. (2016). Evaluación de tusa y cáscara de maíz como sustratos para el cultivo de *Pleurotus pulmonarius*. *Ciencia y Tecnología*, 32(1), 31-46.
- Infostat. (2008). *Infostat. Software estadístico. Grupo InfoStat. FCA. 1a. ed.* Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Jackson, M. (1977). Review article: the alkali treatment of straws. *Animal Feed*

- Sci. Technol.*, 2, 105-130.
- Jaraboa, R., Monte, M., Fuente, E., Santos, S., & Negro, C. (2013, Mayo). Corn stalk from agricultural residue used as a source of fibres for fibre-cement production. *Industrial Crops and Products*, 43(1), 832-839.
- Martínez-Trejo, G., Ortega-Cerrilla, M., Landois-Palencia, L., Pineda-Osnaya, A., & Pérez-Pérez, J. (2012). Rendimiento productivo y las variables ruminales de corderos alimentados con rastrojo de maíz tratado con urea. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6), 1157-1170.
- Pallarez, M. (2016). *Alternativas modernas y tradicionales para la alimentación del ganado*. Bogotá, Colombia: Contexto ganadero.
- Peña, M. (2012). *Composición química y degradabilidad in situ de residuos agrícolas de maíz inoculados con dos cepas del género Pleurotus*. Finca La María. Quevedo: UTEQ.
- Prado-Martínez, M., Anzaldo-Hernández, J., Becerra-Aguilar, B., Palacios-Juárez, H., Vargas-Radillo, J., & Rentería-Urquiza, M. (2012). Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. *Madera y Bosques*, 18(3), 37-51.
- Ramírez, R. C. (2013). Formulación de raciones para carne y leche. desarrollo de un módulo práctico para técnicos y. *Revista de las Sedes Regionales*, 128-153.
- Reyes, G. (2015). *Análisis de la rentabilidad económica en dos variedades de maíz (Zea mays, L), comuna Calicanto, cantón de Santa Elena*. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Salazar, D., Cuichán, M., Ballesteros, C., & Orbe, D. (2017). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria*. Ecuador: ESPAC.
- Sanchez, C. (2016). *Composición química y degradabilidad ruminal in situ de ensilajes de cuatro híbridos de maíz forrajero (zea mays l.) En dos edades de cosecha. Titulación de ingeniería..* Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Vargas, E., & Zumbado, M. (2003). Composición de los subproductos de la industrialización de la palma africana utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 27(1), 07-18.
- Vargas, Y., & Perez, L. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 59-72.