


Composición química Y Cinética De Degradación Ruminal Del Ensilado De Pasto Elefante Con inclusión De Cáscara De Maracuyá

Chemical And Kinetic Composition Of Ruminant Degradation Of Elephant Grass Silate With Inclusion Of Passion Shell

*PhD. Italo F. Espinoza  Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Ing. MSc. Guido R  Universidad Técnica Estatal de Quevedo

MSc. Alexandra E. Barrera.  Universidad Técnica Estatal de Quevedo

PhD. Montenegro Vivas León  Universidad Técnica Estatal de Quevedo

PhD. Adolfo R. Sánchez.  Universidad Técnica Estatal de Quevedo

MVZ MSc, Diego A. Romero  Universidad Técnica Estatal de Quevedo

RESUMEN

Se evaluó los parámetros de composición química, degradación y cinética ruminal del ensilado de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) con inclusión residuos de cascara de maracuyá (*Passiflora edulis*). Se aplicó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos (T1:0%; T2:10%; T3:20% ,k 30% T4:40%) de inclusión de residuos de maracuyá, tres bloques (bovinos con rumen fistulados) y siete tiempos de incubación ruminal (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas). Las diferencias entre medias de tratamientos se establecieron mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Tras 30 días de almacenamientos se abrieron los minisilos y fueron similares en materia seca (MS) y diferentes ($p < 0.05$) en materia orgánica (MO), el T1 (81.73%) presentó menor porcentaje que los T2, T3, T4 y T5 (85.32, 85.54, 84.57 y 82,02% correspondientemente), la cenizas (Cen) T1(18.27%) fue mayor ($p < 0.05$) a los T1; T2; T3; T4 y T5 (14.86, 14.46, 15.43 y 17.987% en su orden), la proteína cruda (PC) el T1 (4.42%) fue menor ($p < 0.05$), a mayor inclusión de residuos de maracuyá se incrementa la PC en los T1; T2; T3; T4 y T5 (5.693; 5.25; 5.58 y 5.59%) y el extracto etéreo (EE) el T5: (0.90%) fue diferente ($p < 0.05$) con los T1; T2; T3 y T4 (1.10; 1.43, 1.18 y 0.92% en su orden). Los contenidos de FDN y FDA fue mayor el T1 con (79.19 y 50.83% respectivamente), sin embargo, con la mezcla de 10% de RM (76.65 y 48.87%), 20% de RM (76.81 y 47.49%) y 30% de RM (74.98 y 45.74%) se redujeron los porcentajes de fibra detergente neutra y ácida (FDN y FDA). El porcentaje de digestibilidad in situ de la materia seca fue similar ($p > 0.05$) a las 0, 3, 6 12, 48 y 72 horas de incubación ruminal con la inclusión de residuos de maracuyá en el pasto elefante y aumenta la

1. Facultad de Ciencias Pecuarias.
Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Walter Andrade, km 1,5 vía a Santo Domingo, C.P. 73. Quevedo, Los Ríos,



*Autor para correspondencia.
iespinoza@uteq.edu.ec

Fecha recepción:
Fecha aceptación:



© 2022 Universidad de Cordoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

degradabilidad del ensilaje y la cinética de degradación es similar.

Palabras clave: Fermentación, degradabilidad, residuos agrícolas

ABSTRACT

The parameters of chemical composition, degradation and ruminal kinetics of elephant grass (*Pennisetum purpureum*) silage, including passion fruit (*Passiflora edulis*) peel residues, were evaluated. A randomized complete block design was applied with four treatments (T1:0%; T2:10%; T3:20%, k 30%, T4:40%) including passion fruit residues, three blocks (cattle with fistulated rumen) and seven ruminal incubation times (0, 3, 6, 12, 24, 48 and 72 hours). The differences between treatment means were established using the Tukey test ($p < 0.05$). After 30 days of storage, the minisilos were opened and were similar in dry matter (DM) and different ($p < 0.05$) in organic matter (OM), T1 (81.73%) presented a lower percentage than T2, T3, T4 and T5 (85.32, 85.54, 84.57 and 82.02% correspondingly), ash (Cen) T1 (18.27%) was higher ($p < 0.05$) than T1; T2; T3; T4 and T5 (14.86, 14.46, 15.43 and 17.987% in their order), the crude protein (PC) in T1 (4.42%) was lower ($p < 0.05$), the greater the inclusion of passion fruit residues, the PC increases in the T1; T2; T3; T4 and T5 (5.693; 5.25; 5.58 and 5.59%) and the ether extract (EE) the T5: (0.90%) was different ($p < 0.05$) with the T1; T2; T3 and T4 (1.10; 1.43, 1.18 and 0.92% in their order). The contents of NDF and FDA were higher in T1 with (79.19 and 50.83% respectively), however, with the mixture of 10% of RM (76.65 and 48.87%), 20% of RM (76.81 and 47.49%) and 30 % of RM (74.98 and 45.74%) the percentages of neutral and acid detergent fiber (FDN and FDA) were reduced. The in situ digestibility percentage of dry matter was similar ($p > 0.05$) at 0, 3, 6, 12, 48 and 72 hours of ruminal incubation with the inclusion of passion fruit residues in elephant grass and increases the degradability of silage and the degradation kinetics are similar.

Keywords: Fermentation, degradability, agricultural residues

INTRODUCCIÓN

El Pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) constituye una alternativa a la demanda de gramíneas para la alimentación de rumiantes y es una de las principales gramíneas de corte utilizadas para la alimentación animal en las explotaciones intensivas. El uso intensivo de pastos para corte (PC) debe considerarse como una herramienta de bajo costo, para incrementar la producción de animales, por las ventajas que este ofrece, como: minimizar el desperdicio de forraje eliminando, el pisoteo, evitando el gasto de energía durante el pastoreo y en alguna forma se disminuye la selección del animal que normalmente deja un residuo considerable en los potreros (Vivas et al., 2019, Araya

2005)

En los países de zonas tropicales y subtropicales el ensilado de cultivos forrajeros y residuos agrícolas podría ser una contribución importante para optimizar el funcionamiento de los sistemas de producción animal. Sin embargo, debe tomarse en cuenta la composición química del material a ensilar, degradabilidad, cinética, características microbiológicas, etc., ya que esta juega un papel importante en la determinación del potencial del material a ser ensilado, (Garcés et al., 2004, Espinoza et al., 2016). El uso inadecuado de residuos agrícolas es común en el sector de la costa ecuatoriana y causa alteraciones en los diferentes medios enfocándose aún más en el socioeconómico, que puede llegar a

generar pérdidas económicas para los agricultores y empresas, la industria de alimentos produce grandes cantidades de residuos que pueden ser aprovechados de diversas formas. Entre estos residuos se encuentran los provenientes de maracuyá, los cuales pueden ser utilizados en alimentación bovina, y a su vez contribuye en el cuidado del medio ambiente y estado financiero de los agricultores con el buen uso de dichos residuos (Barrera et al., 2017, Espinoza et al., 2017, Montenegro et al., 2018)

La composición general de la fruta de maracuyá es: cáscara 50-60%, jugo 30-40%, semilla 10-15%, alcanza de 100 a 130 g de peso con un rendimiento de jugo del 36% (12), por tanto, el volumen de estos residuos que representa la cáscara y semillas del maracuyá es el 53% del peso de la fruta, añadiendo valor a estos subproductos es de interés económico, científico y tecnológico estudiarlos en diversas áreas para mejorar las condiciones de vida de los pequeños productores pecuarios y evitar la contaminación ambiental con estos desechos (Oliviera et al., 2002, Espinoza et al., 2016). el objetivo del presente trabajo fue determinar la composición química, degradación y cinética ruminal del ensilado de pasto elefante con inclusión residuos de cascara de maracuyá.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), provincia de Los Ríos, Ecuador. El pasto elefante se obtuvo de una parcela establecida en el Campus Experimental “La María” de

Facultad de Ciencias Pecuarias de la UTEQ. Se realizó un corte de igualación y se cosechó a los 60 (d), no se realizó fertilización ni riego. El residuo de maracuyá se obtuvo en la empresa TROPIFRUTAS S.A. (Quevedo, Ecuador). Muestras representativas del pasto segado y el residuo de maracuyá se recogieron previamente al ensilaje para formar sendas muestras compuestas de cada producto, en las que se determinaron los contenidos de MS, materia orgánica (MO), cenizas y proteína bruta (PB), de acuerdo con los métodos descritos por Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990), y de fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD), con el procedimiento de ANKOM Technology (Macedon, NY, EUA).

Se prepararon cinco ensilados de pasto elefante con la inclusión de 0; 10; 20; 30 y 40% en base fresca de residuo de maracuyá. Para ello, se utilizaron 25 minisilos experimentales (cinco réplicas por tratamiento), construidos con tubos de policloruro de vinilo (PVC) de 30 centímetros (cm) de longitud por 10 cm de diámetro, con una capacidad de almacenamiento de 3 kilos (kg) (Pereira et al. 2005)], modificados para la extracción de efluentes (Dormond et al., 2011). Tanto el pasto como el residuo se picaron para reducir la longitud de las partículas por debajo de 5 cm, en una picadora de pasto (Trapp® ES 400, Brasil). El material se pesó (MOBBA BS, Mobba, Barcelona, España), de acuerdo con los tratamientos, y se homogenizó manualmente, de forma concienzuda, antes de introducirlo en los silos. La compactación fue manual, tipo tornillo, y el sellado bajo presión se realizó con patones de PVC, tornillos y cinta de embalaje. Los silos sellados se colocaron en un depósito a temperatura ambiente (26 ±

0,6 °C), sin radiación solar directa. La apertura de los silos se hizo tras 35 d de almacenamiento. A continuación, se extrajeron muestras con un sacabocados artesanal de extremo biselado y 40 cm de longitud y el orificio dejado se rellenó con el propio material del silo. La muestra de cada silo se mezcló manualmente, de forma concienzuda, y se recolectaron tres submuestras de 250 gramos (g). Una de las submuestras se mezcló homogéneamente con las demás del mismo tratamiento en una única muestra para la determinación de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), materia inorgánica (MI), proteína cruda (PC) de acuerdo con los métodos de (AOAC, 1990) y de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) con el procedimiento de (ANKOM Technology, 2008)

En la determinación de la degradabilidad ruminal in situ de la MS, se preparó una muestra compuesta (500 g) con alícuotas de la tercera submuestra de los silos correspondientes a cada tratamiento. La muestra se desecó en estufa (Memmert UN55, Memmert, Schwabach, Alemania) a 65°C durante 48 h, y se molió en un molino (Model 4 Wiley Mill, Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, EUA) con criba de 2 milímetros (mm). A continuación 10 g se introdujeron en bolsas de nylon de 10 x 20 cm con un tamaño de poro de 50 micrometros (μm). Por cada tratamiento y tiempo de incubación (0; 3; 6; 12; 24; 48 y 72 h), se utilizaron dos bolsas en cada uno de tres bovinos Brahman (*Bos indicus*) castrados (500 ± 20 kg de peso vivo), provistos de fistula ruminal. Los animales fueron alimentados con pasto elefante 50-60 kg de pasto elefante picado diario, agua a voluntad y fueron controlados permanentemente por los servicios

veterinarios mediante las respectivas desparasitaciones, vacunas y vitaminas, evitando situaciones de sufrimiento y favoreciendo el comportamiento natural. Pasado el tiempo de incubación, las muestras se extrajeron del rumen, se lavaron con agua destilada, se desecaron a 65 °C durante 48 h y se pesaron. La desaparición de la materia seca (MS) se ajustó según el modelo exponencial descrito por Ørskov y McDonald [17], mediante la ecuación:

$$p = a + b [1 - e^{-(c \times t)}]$$

Donde, p es el porcentaje de MS que desaparece en el tiempo t; a la fracción soluble (%) por lavado de las bolsas a la hora 0; b la fracción insoluble (%) pero potencialmente degradable, y c la tasa de degradación de $b(h^{-1})$. La degradabilidad efectiva (DEMS) se calculó para tres tasas de paso ruminal (k): 0,02; 0,05 y 0,08 h^{-1} , de acuerdo con la ecuación:

$DEMS = a + [(b \times c)/(c+k)]$. Donde a; b; c y k se han descrito anteriormente. Los parámetros de la cinética de degradación calcularon con el modo de resolución GRG NONLINEAR de la función SOLVER de Microsoft EXCEL®. Todos los análisis estadísticos se hicieron con SAS 3.5 [24]. Los datos de microbiología y cinética de degradabilidad ruminal se analizaron con el procedimiento GLM, utilizando el tratamiento como efecto fijo, y las medias de mínimos cuadrados se compararon con el test de Tukey. Los datos de estabilidad aeróbica se analizaron con el procedimiento GLM, utilizando el tiempo y el tratamiento como efectos fijos. Cuando el efecto estudiado fue el tiempo, la tendencia lineal se investigó mediante contrastes polinómicos ortogonales. Adicionalmente, se realizó el test de Dunnet, utilizando como referencia el valor a 0 h, cuando el efecto lineal fue significativo. La

comparación de las medias de mínimos cuadrados cuando el efecto estudiado fue el tratamiento se realizó con el test de Tukey. La significación estadística se declaró a ($P < 0,05$).

2. RESULTADOS

Contenido de materia seca (MS) del ensilaje de pasto elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) con niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*)

El contenido de MS (%) Cuadro 1 disminuye su valor a medida que se incrementa la inclusión de residuo de maracuyá con valores que van de 16.93% a 11.98%, la misma tendencia de comportamientos se observaron en la investigación Lira et al., (2018) quienes reportaron decrementos de los contenidos de residuos agroindustriales de cáscara de maracuyá en el ensilaje de pasto elefante (23,90 a 12,46%), sin embargo, estos valores fueron superiores a los obtenidos en la presente investigación. Bonfá et al., (2015) obtuvieron aumento en el contenido de MS 30%, a medida que la cáscara de maracuyá fue añadida, lo que evidencia que, cuanto mayor sea el nivel de inclusión de la residuos de maracuyá , mayor fue el contenido de humedad añadida al material.

La combinación de residuo de cáscara de maracuyá con pasto elefante tuvo efectos ($p < 0.05$) sobre el contenido nutricional del ensilado Cuadro 1. El 10, 20 y 30% de inclusión de maracuyá alcanzó valores mayores ($p < 0.05$) para MO (85,32; 85,54 y 84,57% en su orden), con una tendencia polinómica de grado cúbico. Sin embargo, estos resultados son inferiores a los reportados por Barrera et al., (2017) quienes obtuvieron de 85.50% a 87.39% al

evaluar el pasto Saboya (*Megathyrsus maximus*) con inclusión del 10 al 40% de cáscara de maracuyá. Esta diferencia puede atribuirse a la variedad del pasto y la edad del follaje al corte (Ramos et al. 2015).

Contenido de cenizas (Cen) del ensilaje de pasto elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) con niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*)

El contenido de cenizas que se presenta en el Cuadro 1. Presentaron valores superiores de minerales ($P < 0.05$) los tratamientos T1 (18.27%), T4 (15.43%) y T5 (17.98%), en relación con los tratamientos T2 (14.68%) y T3 (14.46%). Barrera et al., (2017) reportaron valores de cenizas 17% de para pasto Saboya y 11,73% cascara de maracuyá , porcentajes similares a los reportados en este trabajo. Espinoza et al., (2017) cuando estudiaron la composición de residuos agroindustriales de cascara maracuyá, plátano y semilla de maracuyá encontraron valores de materia inorgánica (10.54, 10.7 y 2,79% respectivamente)

Contenido de proteínas cruda (PC) del ensilaje de pasto elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) con niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*)

Los contenidos de proteína Cuadro 1 en los tratamientos con inclusión de cáscara de maracuyá obtuvieron 5.63%; 5,25%; 5.58%, y 5.98% en su orden para T2, T3, T4 y T5, presentando las mejores proporciones proteicas ($p < 0.05$) frente al testigo. La tendencia de la PB según la inclusión de cáscara de maracuyá en el ensilaje de pasto elefante aumento a medida que se incrementaba la inclusión de cascara de

maracuyá. Estos resultados coinciden con otros autores (Montenegro *et al.*, 2017, Espinoza *et al.*, 2016) quienes estudiaron ensilajes de pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*) y Saboya (*Megathyrsus maximus*) con niveles de inclusión de residuos de frutas tropicales que al incrementar niveles entre el 10 y 40% en el ensilaje los niveles de proteína aumentaban. A pesar de encontrar diferencias estadísticas en las concentraciones de proteína entre los ensilajes, todos presentaron bajas concentraciones de este componente. Por tanto, y de acuerdo a las condiciones prácticas, pueden atribuirse a los altos contenidos de humedad, pues, son asociados a pérdidas por lixiviados, pérdidas de proteínas y carbohidratos solubles, crecimiento de enterobacterias, hongos y pudrición (Noguera *et al.*, 2014), indicando que durante el proceso de fermentación la actividad proteolítica de las bacterias fue reducida.

Contenido de materia extracto etéreo (EE) del ensilaje de pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) con niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*).

Los contenidos de EE del ensilaje de pasto elefante reportados en el Cuadro 1, disminuyeron a medida que se incrementaban los niveles de maracuyá con los niveles de 20, 30, 40%, presentando el menor porcentaje ($p < 0.05$) el T5 (0.90%), en relación a los Tratamientos T1; T2; T3 y T4 (1.10, 1.43, 1.18 y 0.92% respectivamente). El contenido de EE en los diferentes tratamientos Cuadro 1. Fueron bajos, igual tendencia obtuvieron (Pires *et al.*, 2009), con 2.3% de EE antes de ensilar el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) a los 80 días de rebrote y 2.9% cuando fue ensilado.

La concentración de EE en los diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá, lograría una adecuada digestibilidad de la fibra, pues, (Gallardo 2005) indican que perfiles superiores de lípidos en la dieta de los rumiantes produciría cubrimiento físico de la fibra ($> 7\%$), impidiendo el ataque microbiano, y decreciendo la digestibilidad del ensilaje.

Contenido de fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente Acida (FDA) del ensilaje de pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) con niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*)

Los contenidos de FDN y FDA donde los niveles de inclusión de cáscara de maracuyá ensilados con pasto elefante tiene su mayor concentración de FDN en el tratamiento T1 (100% PE) con 79.19%. Sin embargo, con la mezcla de 10% de CM (76.65%), 20% de CM (76.81%) y 30% de CM (74.98%) en el ensilado de pasto elefante se redujeron los porcentajes de FDN, pero tendió a aumentar en T5 (60% PE+40% CM) con 75.52%. Las concentraciones de FDA presentaron una tendencia similar a la FDN ($p > 0.05$).

El decremento de la FDN y FDA Cuadro 1. En el ensilaje a medida que se aumenta la inclusión de cáscara de maracuyá, está relacionada al aporte de fibra que contribuye el pasto elefante y la cáscara de maracuyá. Así, estudios realizados por Azevedo *et al.*, (2017) evaluaron residuos de agroindustria de frutas como aditivo en el ensilaje de pasto elefante, obtuvieron valores inferiores (68.14%) en FDN del pasto elefante y 40.58% en la cáscara de maracuyá. Según la ecuación publicada por Belyea *et al.*, (1996), indican que el Consumo de materia seca = $120/\%FDN$, por tanto, los valores de FDN obtenidos en los tratamientos permitiría conocer el consumo

de materia seca por parte de los animales. Siendo así, el mayor consumo de MS lo conseguiría el tratamiento T4 (70% PE+30% CM) con 1.60%, seguido del T5 (1.59%), T2 (1.57%), T3 (1.56%) y T1 (1.52%). Detman *et al.*, (2003) indicaron que el alto contenido de FDN, puede producir menor ingestión de MS, debido al efecto físico de llenado del rumen por el medio material excesivamente fibroso, restringiendo la tasa de paso del alimento por el tracto digestivo. Van Soest (1965) manifiestan que el consumo de MS está limitado por los contenidos de FDN

superiores al 60% .

Asimismo, altos niveles de la FDA pueden comprometer la digestibilidad de la materia seca. En un estudio sobre la influencia de la cáscara de maracuyá deshidratada en adición al pasto elefante con niveles de 0; 5; 10; 15 y 20% de cáscara de maracuyá, no encontraron variación en el contenido de FDA de los ensilajes (Pompeu *et al.*, 2006), similar comportamiento al presente estudio. Igualmente, Neiva *et al.*, (2006) encontraron un promedio del 48.1% para la FDA, equivalente (48.19%) a la presente investigación.

Cuadro 1. Composición química de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) con diferentes niveles de inclusión de cáscaras de maracuyá (*Passiflora edulis*).

Contenido (%)	T1	T2	T3	T4	T5	EE	P<0.05
Materia Seca	14.38 a	16.93 a	14.19 a	11.98 a	11.99 a	1.62	0.2027
Materia orgánica	81.73 b	85.32 a	85.54 a	84.57 a	82.02 a	1.06	0.0431
Cenizas	18.27 a	14.68 b	14.46 b	15.43 a	17.98 a	1.06	0.0431
Proteína cruda	4.42 b	5.63 a	5.25 a	5.58 a	5.98 a	0.17	0.0001
Extracto etéreo	1.10 ab	1.43 a	1.18 ab	0.92 ab	0.90 b	0.12	0.0344
Fibra detergente neutra	79.19 a	76.65 a	76.81 a	74.98 a	75.52 a	1.49	0.3432
Fibra detergente ácida	50.83 a	48.87 a	47.49 a	45.74 a	48.00 a	2.39	0.6578

abcd Medias con letras diferentes entre filas difieren (p<0.05). T1: 100 % PE; T2: 90% PE + 10% RM; T3: 80% PE + 20% RM; T4: 70% PE + 30% RM y T5: 60% PE + 40% RM.

Degradabilidad in vitro de la materia seca (DIVMS).

La DIVMS del ensilaje de pasto elefante con niveles crecientes de residuos de maracuyá se presentan en el Cuadro 2. El porcentaje de DIVMS fue superior (P<0.05) a las 0, 3, 6 12, 48 y 72 horas de incubación ruminal, se puede comprobar que a medida que se incrementa el porcentaje de inclusión de residuos de maracuyá en el pasto elefante aumenta la degradabilidad del ensilaje, esto

puede deberse principalmente al bajo contenido de FDN y FDA que presentan el ensilaje a medida que se incrementa el residuo de maracuyá, los valores de degradabilidad del T1: pasto elefante no sobrepasan 38.62% a las 72 horas, mientras que los ensilajes con residuos de maracuyá T2, T3, T4 y T5 presentan 50.26% en promedio. La única excepción se presenta a las 24 horas de incubación donde no hubo diferencias (p>0.05) entre

tratamientos. Los resultados obtenidos con la inclusión de residuos de maracuyá ensilajes de pasto elefante fueron superiores a los reportados por Barrera et al (2017 cuando estudio la DIVMS de ensilajes de pasto saboya (*Megathyrus maximus*) con diferentes niveles de residuos de maracuyá con valores promedio de 47.77%

a las 72 horas de incubación. Sánchez et al. (2019) encontró valores superiores 65.99% DISMS a las 72 horas cuando estudiaron la degradabilidad y parámetros de la cinética ruminal de la materia seca con dietas de harina de maracuyá

Cuadro 2: Degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca del ensilado de pasto pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) con niveles crecientes de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*).

Tiempo incubación en horas	T1	T2	T3	T4	T5	EE	P<0.05
0	10.56 ^b	14.91 ^a	13.75 ^a	15.43 ^a	13.02 ^{ab}	0.66	0.001
3	11.25 ^c	15.25 ^{ab}	15.30 ^{ab}	16.39 ^a	13.29 ^{bc}	0.61	0.0002
6	12.07 ^b	15.88 ^a	16.12 ^a	16.89 ^a	15.05 ^a	0.55	0.0002
12	13.41 ^b	16.16 ^a	16.50 ^a	17.40 ^a	15.65 ^{ab}	0.60	0.0038
24	14.67 ^a	17.75 ^a	19.02 ^a	18.43 ^a	20.05 ^a	1.40	0.1309
48	29.14 ^b	39.59 ^a	39.85 ^a	39.93 ^a	38.53 ^a	1.65	0.0012
72	38.62 ^b	50.87 ^a	50.08 ^a	51.12 ^a	49.07 ^a	1.18	0.0001

abcd Medias con letras diferentes entre filas difieren ($p < 0.05$). T1: 100 % PE; T2: 90% PE + 10% RM; T3: 80% PE + 20% RM; T4: 70% PE + 30% RM y T5: 60% PE + 40% RM.

Cinética ruminal *in vitro* de la materia seca (DIVMS).

La cinética ruminal DIVMS a base de ensilaje de pasto elefante con inclusión de cáscara de maracuyá Cuadro 3. No mostró efectos significativos ($p > 0.05$) sobre la degradación de la fracción soluble (A) para los tratamientos). La fracción insoluble pero potencialmente degradable (B) no presento diferencias ($p > 0.05$) entre

tratamientos T1, T2, T3, T4 Y T5 (47.3, 51.23, 67, 80.4, y 45,39% respectivamente). Las tasa de degradación (c) no presento diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos T1, T2, T3, T4 Y T5 (0.01, 0.02, 0.02, 0.02 y 0.2 % respectivamente) y sobre el potencial de degradación ruminal (A+B), donde el modelo estimó tuvo similar comportamiento por los microorganismos del rumen tuvo la misma tendencia (58.17, 63.52, 78.32, 92.07 y 57.08 en su orden)

En cuanto a la tasa de degradación (DE) y la tasa de pasaje (k 0,02 0,05 0,08) que expresan el tránsito de degradabilidad efectiva, fue superior para los tratamientos con inclusión decreciente de pasto elefante (90, 80, 70, 60%) y niveles creciente de cáscara de maracuyá (10, 20, 30 y 40%) para los T2, T3, T4 y T5 con valores de (34,60; 34,12; 37,47 y 33,33%, respectivamente), seguido del tratamiento T1 100% pasto

elefante, en el porcentaje de permanencia k 0.02. Al respecto, (Sánchez et al. 2019), al evaluar dietas con harina de maracuyá obtuvo valores menores en cinética de degradación ruminal de MS, para la fracción A (9.55%), B (58.41%), sin embargo, fue superior la tasa de degradación (c) (6.13%), esto pudiera deberse por el contenido de materia prima en la dieta.

Cuadro 3: Cinética ruminal de la materia seca *in situ* del ensilado de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) con niveles crecientes de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*).

Parametro	T1	T2	T3	T4	T5	EE	P<0.05
A	10,87a	12,29 a	11,32 a	11,67a	11,69 a	0,37	0,122
B	47,3a	51,23 a	67 a	80,4 a	45,39 a	12,33	0,2286
C	0,01a	0,02 a	0,02 a	0,02 a	0,02 a	3,93	0,399
A+B	58,17a	63,52 a	78,32 a	92,07 a	57,08 a	12,29	0,2239
DE							
k 0.02	26,9b	34,6 a	34,12 a	37,47 a	33,33 a	1,11	<0,0001
k 0.05	19,07b	24,74 a	24,07 a	27,17 a	24,15 a	1,01	<0,0003
k 0.08	16,39b	20,96 a	20,27 a	21,9 a	20,47 a	0,87	<0,0010

abcd Medias con letras diferentes entre filas difieren ($p < 0.05$). T1: 100 % PE; T2: 90% PE + 10% RM; T3: 80% PE + 20% RM; T4: 70% PE + 30% RM y T5: 60% PE + 40% RM.

A: Degradación de la fracción soluble. B: Fracción insoluble pero potencialmente degradable. c: Tasa de degradación en % por hora. A+B: Potencial de degradación ruminal. DE: Tránsito de degradación efectiva. k: tasa de pasaje al 0.02, 0.05 y 0.08%

3. CONCLUSIONES

La combinación de residuos de maracuyá con pasto elefante puede ser una buena opción de utilizar estos recursos alimenticios que generalmente contaminan el medio ambiente, a pesar que afecta el contenido de MS, MO, FDN y FDA, caso contrario ocurre con la MO y PB que a medida que se

incrementa el porcentaje de inclusión de residuos de maracuyá aumenta el contenido de MO y PB y con la el EE ocurre lo contrario a medida que se incrementa el porcentaje de inclusión disminuye el contenido de EE. La inclusión de residuos de maracuyá en el ensilaje de pasto elefante no afectaron degradabilidad *in situ* de la materia seca, pero presentaron valores superiores respecto al ensilaje de pasto

elefante . La adición del nivel de inclusión de cáscara de maracuyá fue directamente proporcional en la cinética de degradación, indicando mejor eficiencia de degradación en el ensilaje con inclusión del residuos de maracuyá respecto al tiempo de incubación en la mayoría de fracciones, cuando comparamos con el ensilaje de pasto elefante

REFERENCIAS

- [1]. AbuBakr, S. M., Davidova, I. A., & Duncan, K. E. (2015). Test of Polyaromatic Hydrocarbon Degradation by Nitrate-reducing Microorganisms Isolated from Tallgrass Prairie Soils. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*, 95, 161–180. <https://ojs.library.okstate.edu/osu/index.php/OAS/article/view/6888>
- [2]. Adegoke, A., Tom, M., & Okoh, A. (2011). *Stenotrophomonas maltophilia*, A Commensal of Importance to Biotechnology. *JOURNAL OF PURE AND APPLIED MICROBIOLOGY*. https://www.researchgate.net/publication/257988886_Stenotrophomonas_maltophilia_A_Commensal_of_Importance_to_Biotechnology
- [3]. Alfonso-Gordillo, G., Cristiani-Urbina, E., Flores-Ortiz, C. M., Peralta, H., Cancino-Díaz, J. C., Cruz-Maya, J. A., & Jan-Roblero, J. (2016). *Stenotrophomonas maltophilia* isolated from gasoline-contaminated soil is capable of degrading methyl tert-butyl ether. *Electronic Journal of Biotechnology*, 23, 12–20. <https://doi.org/10.1016/J.EJBT.2016.06.006>
- [4]. Bashandy, S. R., Abd-Alla, M. H., & Dawood, M. F. A. (2020). Alleviation of the toxicity of oily wastewater to canola plants by the N₂-fixing, aromatic hydrocarbon biodegrading bacterium *Stenotrophomonas maltophilia*-SR1. *Applied Soil Ecology*, 154, 103654. <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2020.103654>
- [5]. Çetinkaya Dönmez, G., Aksu, Z., Öztürk, A., & Kutsal, T. (1999). A comparative study on heavy metal biosorption characteristics of some algae. *Process Biochemistry*, 34(9), 885–892. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(99\)00005-9](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(99)00005-9)
- [6]. Chen, S., Yin, H., Chang, J., Peng, H., & Dang, Z. (2017). Physiology and bioprocess of single cell of *Stenotrophomonas maltophilia* in bioremediation of co-existed benzo[a]pyrene and copper. *Journal of Hazardous Materials*, 321, 9–17. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2016.09.002>
- [7]. Chen, S., Yin, H., Tang, S., Peng, H., Liu, Z., & Dang, Z. (2016). Metabolic biotransformation of copper-benzo[a]pyrene combined pollutant on the cellular interface of *Stenotrophomonas maltophilia*. *Bioresource Technology*, 204, 26–31. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2015.12.068>
- [8]. Chen, S., Yin, H., Ye, J.,

- Peng, H., Liu, Z., Dang, Z., & Chang, J. (2014). Influence of co-existed benzo[a]pyrene and copper on the cellular characteristics of *Stenotrophomonas maltophilia* during biodegradation and transformation. *Bioresource Technology*, 158, 181–187. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2014.02.020>
- [9]. Chen, S., Yin, H., Ye, J., Peng, H., Zhang, N., & He, B. (2013). Effect of copper(II) on biodegradation of benzo[a]pyrene by *Stenotrophomonas maltophilia*. *Chemosphere*, 90(6), 1811–1820. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2012.09.009>
- [10]. Chen, Z., Ma, W., & Han, M. (2008). Biosorption of nickel and copper onto treated alga (*Undaria pinnatifida*): Application of isotherm and kinetic models. *Journal of Hazardous Materials*, 155(1–2), 327–333. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2007.11.064>
- [11]. Gao, J., Ye, J., Ma, J., Tang, L., & Huang, J. (2014). Biosorption and biodegradation of triphenyltin by *Stenotrophomonas maltophilia* and their influence on cellular metabolism. *Journal of Hazardous Materials*, 276, 112–119. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2014.05.023>
- [12]. Gao, S., Seo, J. S., Wang, J., Keum, Y. S., Li, J., & Li, Q. X. (2013). Multiple degradation pathways of phenanthrene by *Stenotrophomonas maltophilia* C6. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 79, 98–104. <https://doi.org/10.1016/J.IBIOD.2013.01.012>
- [13]. Ghosh, A., & Saha, P. Das. (2013). Optimization of copper bioremediation by *Stenotrophomonas maltophilia* PD2. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 1(3), 159–163. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2013.04.012>
- [14]. Hemlata, B., Selvin, J., & Tukaram, K. (2015). Optimization of iron chelating biosurfactant production by *Stenotrophomonas maltophilia* NBS-11. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 4(2), 135–143. <https://doi.org/10.1016/J.BCAB.2015.02.002>
- [15]. Imam, A., Suman, S. K., Ghosh, D., & Kanaujia, P. K. (2019). Analytical approaches used in monitoring the bioremediation of hydrocarbons in petroleum-contaminated soil and sludge. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 118, 50–64. <https://doi.org/10.1016/J.TRAC.2019.05.023>
- [16]. Juhasz, A. L., & Naidu, R. (2000). Bioremediation of high molecular weight polycyclic aromatic hydrocarbons: a review of the microbial degradation of benzo[a]pyrene. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 45(1–2), 57–88. [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(00\)00052-4](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(00)00052-4)
- [17]. Köhler, M., Hofmann, K., Völsgen, F., Thurow, K., & Koch, A. (2001). Bacterial release of arsenic ions and organoarsenic compounds from soil contaminated by chemical

- warfare agents. *Chemosphere*, 42(4), 425–429. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(00\)00060-6](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(00)00060-6)
- [18]. Kozdrój, J., & Van Elsas, J. D. (2000). Response of the bacterial community to root exudates in soil polluted with heavy metals assessed by molecular and cultural approaches. *Soil Biology and Biochemistry*, 32(10), 1405–1417. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00058-4](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00058-4)
- [19]. Lara-Moreno, A., Morillo, E., Merchán, F., & Villaverde, J. (2021). A comprehensive feasibility study of effectiveness and environmental impact of PAH bioremediation using an indigenous microbial degrader consortium and a novel strain *Stenotrophomonas maltophilia* CPHE1 isolated from an industrial polluted soil. *Journal of Environmental Management*, 289, 112512. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMA.N.2021.112512>
- [20]. Niane, B., Devarajan, N., Poté, J., & Moritz, R. (2019). Quantification and characterization of mercury resistant bacteria in sediments contaminated by artisanal small-scale gold mining activities, Kedougou region, Senegal. *Journal of Geochemical Exploration*, 205, 106353. <https://doi.org/10.1016/J.GEXPLO.2019.106353>
- [21]. Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., Gallo, J. A., Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9–18. <https://doi.org/10.31908/19098367.0001>
- [22]. Parapouli, M., Foukis, A., Panagiota-Yiolanda, S., Koukouritaki, M., Magklaras, P., Gkini, O., Papamichael, E., Afendra, A., & Hatziloukas, E. (2018). Molecular, biochemical and kinetic analysis of a novel, thermostable lipase (LipSm) from *Stenotrophomonas maltophilia* Psi-1, the first member of a new bacterial lipase family (XVIII). *Journal of Biological Research (Thessalonike, Greece)*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/S40709-018-0074-6>
- [23]. Raman, N., Asokan, S., Shobana Sundari, N., & Ramasamy, S. (2017). Bioremediation of chromium(VI) by *Stenotrophomonas maltophilia* isolated from tannery effluent. *International Journal of Environmental Science and Technology* 2017 15:1, 15(1), 207–216. <https://doi.org/10.1007/S13762-017-1378-Z>
- [24]. Şahan, T., Ceylan, H., Şahiner, N., & Aktaş, N. (2010). Optimization of removal conditions of copper ions from aqueous solutions by *Trametes versicolor*. *Bioresource Technology*, 101(12), 4520–4526. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2010.01.105>
- [25]. Samanta, S. K., Singh, O. V., & Jain, R. K. (2002). Polycyclic aromatic hydrocarbons: environmental pollution and

- bioremediation. *Trends in Biotechnology*, 20(6), 243–248. [https://doi.org/10.1016/S0167-7799\(02\)01943-1](https://doi.org/10.1016/S0167-7799(02)01943-1)
- [26]. Sánchez-Castro, I., Martínez-Rodríguez, P., Abad, M. M., Descostes, M., & Merroun, M. L. (2021). Uranium removal from complex mining waters by alginate beads doped with cells of *Stenotrophomonas* sp. Br8: Novel perspectives for metal bioremediation. *Journal of Environmental Management*, 296, 113411. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMA.N.2021.113411>
- [27]. Tripathi, S., Sharma, P., Purchase, D., Tiwari, M., Chakrabarty, D., & Chandra, R. (2021). Biodegradation of organo-metallic pollutants in distillery wastewater employing a bioaugmentation process. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101774. <https://doi.org/10.1016/J.ETI.2021.101774>
- [28]. Velásquez, J. A. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(1), 151–167. <https://doi.org/10.22490/21456453.1846>
- [29]. Wang, Y. S., Zheng, X. C., Hu, Q. W., & Zheng, Y. G. (2015). Degradation of abamectin by newly isolated *Stenotrophomonas maltophilia* ZJB-14120 and characterization of its abamectin-tolerance mechanism. *Research in Microbiology*, 166(5), 408–418. <https://doi.org/10.1016/J.RESMIC.2015.04.002>
- [30]. Wilson, V. L., Tatford, B. C., Yin, X., Rajki, S. C., Walsh, M. M., & Larock, P. (1999). Species-specific detection of hydrocarbon-utilizing bacteria. *Journal of Microbiological Methods*, 39(1), 59–78. [https://doi.org/10.1016/S0167-7012\(99\)00098-6](https://doi.org/10.1016/S0167-7012(99)00098-6)
- [31]. Yao, Z. Y., Qi, J. H., & Wang, L. H. (2010). Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies on the biosorption of Cu(II) onto chestnut shell. *Journal of Hazardous Materials*, 174(1–3), 137–143. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2009.09.027>
- [32]. Yasir, M. W., Capozzi, S. L., Kjellerup, B. V., Mahmood, S., Mahmood, T., & Khalid, A. (2021). Simultaneous biotreatment of hexavalent chromium Cr(VI) and polychlorinated biphenyls (PCBs) by indigenous bacteria of Co-polluted wastewater. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 161, 105249. <https://doi.org/10.1016/J.IBIOD.2021.105249>
- [33]. Zang, H., Yu, Q., Lv, T., Cheng, Y., Feng, L., Cheng, X., & Li, C. (2016). Insights into the degradation of chlorimuron-ethyl by *Stenotrophomonas maltophilia* D310-3. *Chemosphere*, 144, 176–184. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2015.08.073>
- [34]. Zhao, M. M., Kou, J. bin, Chen, Y. ping, Xue, L. gui, Fan, T.

- T., & Wang, S. mei. (2021). Bioremediation of wastewater containing mercury using three newly isolated bacterial strains. *Journal of Cleaner Production*, 299, 126869.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPR.2021.126869>
- [35]. Zhou, J., Li, P., Meng, D., Gu, Y., Zheng, Z., Yin, H., Zhou, Q., & Li, J. (2020). Isolation, characterization and inoculation of Cd tolerant rice endophytes and their impacts on rice under Cd contaminated environment. *Environmental Pollution*, 260, 113990.
<https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2020.113990>
- [36]. Ziagova, M., Dimitriadis, G., Aslanidou, D., Papaioannou, X., Litopoulou Tzannetaki, E., & Liakopoulou-Kyriakides, M. (2007). Comparative study of Cd(II) and Cr(VI) biosorption on *Staphylococcus xylosum* and *Pseudomonas* sp. in single and binary mixtures. *Bioresource Technology*, 98(15), 2859–2865.
<https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2006.09.043>