



Degradabilidad ruminal *in vitro* de ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.)

In vitro ruminal degradability of silages of savoy grass with different levels of inclusion of passion fruit peel

°Alexandra Barrera-Álvarez¹, León Montenegro-Vivas¹, Adolfo Sánchez-Laiño¹, Marlene Medina-Villacis²
Mirian Medina Villacis¹, Italo Espinoza-Guerra¹

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Carrera de Ingeniería Zootécnica. Campus Finca Experimental "La María". CP. 121250. Km. 7 ½ vía El Empalme, cantón Mocache. Los Ríos. Ecuador.

°barreraalvarez@yahoo.com; lmontenegro@uteq.edu.ec; arsanchez@uteq.edu.ec; iespinoza@uteq.edu.ec

²Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Carrera de Ingeniería Agronómica. Campus Ing. Manuel Haz Álvarez, km 1.5 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. EC.120501. Quevedo, Ecuador. mmedina@uteq.edu.ec

Rec.: 26.05.2017. Acept.: 13.09.2017.
Publicado el 1 de diciembre de 2017

Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar la composición y degradabilidad ruminal *in vitro* de la materia seca, materia orgánica, materia inorgánica y proteína bruta de los ensilajes de pasto saboya con los tratamientos T1: Pasto saboya 90%+cáscara de maracuyá 10%; T2: Pasto saboya 80%+cáscara de maracuyá 20%; T3: Pasto saboya 70%+cáscara de maracuyá 30% y T4: Pasto saboya 60%+cáscara de maracuyá 40%. Se utilizó el método de microensilaje (silos PVC de 3 kg de capacidad provistos de una válvula bunsen y mecanismo de extracción de efluentes) y la técnica de degradación *in vitro* con el sistema de incubación DAISY II, empleando el líquido ruminal de bovinos Brahman de 500±25 kg de peso promedio. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar con seis repeticiones. El nivel de inclusión de maracuyá mejoró el contenido de nutrientes en el ensilaje, incrementando la materia orgánica, la proteína bruta y la grasa bruta y disminuyendo las fracciones de fibra. La degradabilidad de la materia seca, materia orgánica y materia inorgánica fue superior ($p < 0.05$) con la inclusión del subproducto (T4), fue directamente proporcional en la cinética de degradación con respecto al tiempo de incubación en la mayoría de fracciones, favoreciendo la composición y degradación en ensilaje de pasto saboya.

Palabras clave: microsilos, degradabilidad, cinética, pasto saboya, cáscara de maracuyá.

Abstract

The objective of the research was to evaluate the composition and *in vitro* ruminal degradability of dry matter, organic matter, inorganic matter and crude protein of the ensilages of grass saboya with the treatments T1: grass saboya 90%+ passion fruit peel 10%; T2: grass saboya 80%+ passion fruit peel 20%; T3: grass saboya 70%+ passion fruit peel 30% and T4: grass saboya 60%+ passion fruit peel 40%, it was used the microensilage (Micro-silage PVC of 3 provided kg of capacity of a valve bunsen and mechanism of effluents extraction) method and the degradation technique *in vitro* with the incubation system DAISY II, using the liquid ruminal of bovine brahman of 500±25 kg of weight average. A Design was applied Totally at random with (DCA) six repetitions. The inclusion level of passion fruit improved the content of nutrients in the silage, increasing organic matter, crude protein and crude fat and decreasing fiber fractions. The degradability of the dry matter, organic matter and inorganic matter was higher ($p < 0.05$) with the inclusion of the byproduct (T4), was directly proportional in the kinetics of degradation with respect to the incubation time in the majority of fractions, favoring the Composition and degradation of silage grass silage.

Key words: micro-silage, digestibility, kinetics, grass saboya, passion fruit peel.

Introducción

En muchos países en vías de desarrollo el fomento de la producción animal se encuentra severamente limitada por recursos forrajeros inadecuados tanto en su disponibilidad a lo largo del año como de su manejo productivo. La escasez de alimentos, tanto en cantidad como en calidad, restringe el nivel de productividad de los animales. Una buena alternativa para alimentar el ganado en los países en desarrollo es la producción de ensilaje de buena calidad usando cultivos forrajeros (Chedly y Lee, 2001).

El ensilaje es un proceso principalmente empleado en países desarrollados; se estima que 200 millones de toneladas de materia seca son ensiladas en el mundo anualmente (Molina *et al.*, 2004). Según Nussio *et al.* (2002) citado por (Cándido *et al.*, 2007), en algunos lugares del mundo, la producción de ensilaje aporta de 10 a 25% de los alimentos para rumiantes y representa el 2% de la oferta de alimentos suplementarios, como promedio mundial. El pasto saboya es el más abundante en la Costa ecuatoriana y representa más del 80% de los pastos llamados artificiales; esta gramínea se adapta a condiciones climatológicas diversas, es resistente al pisoteo y a la sequía, tiene un elevado porcentaje de nutrientes, es apetecida por el ganado y responde bien a cualquier mejora en su manejo (Rosales *et al.*, 1981). Sin embargo presenta limitaciones para ser ensilado por lo que deben optar medidas como el uso de aditivos como cáscara de frutas tropicales (Cándido *et al.*, 2007).

Ecuador es el proveedor mundial más importante de concentrado de maracuyá o fruta de la pasión. Además, su sabor singular y aromático es reconocido a nivel internacional gracias al clima tropical que favorece la cosecha de la fruta durante todo el año (PROECUADOR, 2012). INEC-ESPAC (2013), demuestra que el país tiene plantadas 3 888 ha de maracuyá (monocultivo 81.60% y asociado 14.40%) de las cuales el 51% se encuentra en edad productiva y con una producción total de 7274 t respectivamente. La provincia de Los Ríos representa el 11.70% de la superficie plantada y produce el 8.70% del total nacional. Según Oliveira *et al.* (2002), los subproductos (cáscaras y semillas) que se producen en la industria del jugo de maracuyá son alrededor de 65 a 70% siendo en promedio la cáscara el 53% del peso de la fruta, por lo que generan un gran problema estos residuos agroindustriales. Que podrían convertirse también en productos comerciales de valor agregado por sus propiedades (PROECUADOR, 2012).

La digestión de los rumiantes es un proceso complejo que involucra múltiples interacciones entre la dieta, los microorganismos ruminales y el hospedero (Rosero y Posada, 2007). Por lo que se considera de gran importancia el estudio de los materiales forrajeros y residuos agroindustriales y su combinación para la alimentación de rumiantes, principalmente por su adaptación (Sánchez *et al.*, 2012). El

conocimiento de la degradabilidad y la digestibilidad de los alimentos son fundamentales para establecer su valor nutritivo; y, por tanto, para la formulación de raciones particularmente para rumiantes (Bochi-Brum *et al.*, 1999; Giraldo *et al.*, 2007) citados por (Araiza *et al.*, 2013).

Con el análisis del contexto previo se presenta este trabajo de investigación, donde se evaluó el nivel de inclusión de cáscara de maracuyá sobre la composición y cinética de degradación del ensilaje de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.), identificando una relación positiva en estos parámetros.

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 saboya se obtuvo de una parcela establecida en el Campus Experimental “La María” de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la UTEQ. Se realizó un corte de igualación y se cosechó a los 45 días, no se realizó fertilización ni riego. El residuo de maracuyá se obtuvo en la empresa TROPIFRUTAS S.A. (Quevedo, Ecuador) y consistió en cáscaras mezcladas con cantidades inferiores de pulpa y semillas. Muestras representativas del pasto segado y el residuo de maracuyá se recogieron previamente al ensilaje para la determinación de la composición química.

El proceso de ensilaje se realizó a nivel de laboratorio en microsilos construidos con tubos de PVC de cuatro pulgadas, de 30 cm de longitud por 10 cm de diámetro, con una capacidad de almacenamiento de 3 kg de forraje en combinación con los diferentes niveles de cáscara de maracuyá. Se picó los materiales (0,5 a 1,0 cm) en una picadora de pasto (SC Cevacos Trapp ES 400) y se pesó cada uno en la relación correspondiente al nivel de inclusión de cáscara de maracuyá (10, 20, 30 y 40%), se compactó y selló con tapón de PVC con válvula tipo “Bunsen” adaptada, tornillos y cinta de embalaje, con el modelo de Pereira *et al.* (2005) y las modificaciones de extracción de efluentes de Dormond *et al.* (2011) para completar las condiciones anaeróbicas requeridas. Una vez sellados los microsilos, estos se conservaron por 35 días a temperatura ambiente, dentro de un depósito con iluminación natural 12 horas luz y 12 horas de oscuridad, sin radiación solar directa. La apertura de los silos se hizo tras 35 días de almacenamiento y se recogieron muestras representativas de los microsilos de cada uno de los tratamientos para el estudio de su composición química. Estas muestras se secaron en estufa Memmert ® a 65 °C durante 48 horas y posteriormente se trituraron en un molino Thomas Willy ® con criba de 2 mm.

En las muestras de pasto saboya, residuo de maracuyá y ensilado se determinó el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas y proteína bruta (PB), de acuerdo con los métodos de AOAC (1990), y de fibra neutro

detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD), con el procedimiento de ANKOM Technology (2008).

Se utilizó tres animales Brahman de 500±25 kg de peso vivo, castrados y fistulados en el rumen, se les extrajo líquido ruminal 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 di-básico anhidro (3.6 g/L), bicarbonato de sodio (9.8 g/L) y cloruros de sodio (47 g/L), calcio (4 g/L), potasio (57 g/L) y magnesio (6 g/L), aclimatada en baño maría a 40 °C, con un pH óptimo de 7±0.5, de no cumplir con ese requerimiento se niveló adicionando 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, el proceso de mezcla del líquido ruminal (9.6 L) y solución buffer (14.4 L) se mantiene en presencia de CO₂ para evitar pérdida de los microorganismos anaeróbicos. Para la prueba de digestibilidad *in vitro* se depositaron 0.5 g de muestra molida a 2 mm en el interior de bolsas ANKOM F-57 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 a la metodología planteada por ANKOM Technology, 2008. Se incubo el material a 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas, por cada tratamiento se prepararon seis muestras. Finalmente se retiraron las muestras para ser lavadas con agua corriente, y secadas en una estufa Memmert a 65 °C por 48 horas para los cálculos de degradabilidad *in vitro* (DIV) de la MS, MO y MI.

Para el presente estudio se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), cada unidad experimental fue conformada por una bolsita de degradabilidad F-57 (ANKOM Technology, 2014), se emplearon seis bolsitas en cada tiempo de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas) por cada tratamiento (42 bolsitas) con un total de 168 unidades, que fueron incubadas en tres sistemas de degradación *in vitro* DAISY II (ANKOM Technology, 2014). El análisis de datos se realizó mediante el ADEVA y las medias fueron separadas mediante la prueba de Tukey (P≤0,05), con la utilización del paquete estadístico (Statistical Analysis System. Versión 9.0, 2004).

La composición química del pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) y la cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) utilizados en la elaboración de ensilaje se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición química del pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) de 45 días de corte y cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims).

Contenido (%)	Pasto saboya (<i>Panicum maximum</i> Jacq.)	Cáscara de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> Sims.)
MSP	20.59	15.10
MST	95.37	98.86
MO	82.63	88.27
MI	17.37	11.73
PB	8.38	5.02
FDN	74.08	61.54
FDA	35.29	36.39

MSP: Materia seca parcial; MST: Materia seca total; MO: Materia orgánica; MI: Materia inorgánica; PB: Proteína bruta; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido.

Resultados y discusión

En la composición química del pasto saboya, el porcentaje de materia seca parcial de 20.59% fue inferior a lo reportado por Carballo *et al.* (2007), a los 43 días (24%) y superior con 8.38% a lo indicado por los mismos autores en el contenido de proteína bruta (7.40%). Las fracciones de fibra

alcanzadas, 74.08% (FDN) y 35.29% (FDA), fue superior en FDN e inferior en FDA a lo obtenido por Razz *et al.* (2004) 67.63% FDN y 48.27% FDA respectivamente, sugiriendo un menor contenido de lignina en los valores observados, ya que esta última fracción (FDA) representa la celulosa y lignina únicamente. En la composición de la cáscara de maracuyá, el porcentaje de materia seca parcial (MSP) y total (MST) obtenido fue 15.10 y 98.86, similares a lo reportado por Júnior

et al. (2006); Zeraik *et al.* (2010), quienes encontraron 13.36% y 83.33% correspondientemente. La materia orgánica 88.27% fue similar a la reportada por Pereira *et al.* (2009), 86.70%. Mientras, el contenido de materia inorgánica fue superior (11.73%) a lo señalado por Gondim *et al.* (2005) citados por Zeraik *et al.* (2010), que reportaron 5.7%, no obstante, inferior a lo indicado por Regadas *et al.* (2011) que indican 13.27%.

El contenido de proteína bruta de la cáscara de maracuyá (5.02%), fue inferior a lo reportado por Júnior *et al.* (2007), que obtuvieron 8.65%, de la misma manera, Gondim *et al.* (2005) citados por Zeraik *et al.* (2010), obtuvieron 6.7% de proteína. La composición química de los ensilajes con adición de cáscara de maracuyá con diferentes niveles (Cuadro 2.) muestra el efecto sobre el nivel de inclusión de cáscara de maracuyá. El contenido de humedad (%) fue mayor en el nivel de inclusión del 40% de cáscara de maracuyá (T4) debido al alto contenido de humedad de este subproducto, obteniendo valores de hasta el 81.32%. Inversamente proporcional el contenido de MSP (%) fue mayor en el nivel de inclusión de 10% (T1) con 21.76%. El porcentaje de MST fue similar entre los ensilajes obteniendo valores entre 91.74%, y 92.96%.

La MO (%) fue directamente proporcional, mientras, la MI (%) fue inversa al nivel de inclusión de cáscara de maracuyá, siendo superior el nivel de 40% (T4) en el contenido de MO, pero inferior en el porcentaje de MI (87.39% y 12.61%), estos resultados fueron superiores a los registrados

por Da Cruz *et al.* (2010) que no sobrepasaron de 9.40% en la materia inorgánica en ensilajes Pennisetum-maracuyá, con la inclusión de hasta el 30% de subproducto.

El contenido de PB se incrementó con la inclusión de cáscara de maracuyá, así el 40% (T4) obtuvo 7.70%. Cândido *et al.* (2007) también observaron incrementos en el contenido de proteína en ensilajes de *Pennisetum purpureum*, con la adición de cáscara de maracuyá deshidratada, entre 6.10% (sin inclusión) y 8.80% con el 14% de adición del subproducto.

El porcentaje de grasa bruta (GB) tuvo una relación directa con la inclusión del subproducto de maracuyá, obteniendo valores de 2.00 a 2.80% de acuerdo a los niveles de 10 y 40% (T1 y T4) respectivamente, resultados similares a los reportados por Da Cruz *et al.* (2010), quienes obtuvieron porcentajes de hasta 2.3% con inclusión del 30% en ensilajes de cáscara de maracuyá con pasto elefante. La proporción (%) de fibra bruta (FB) fue mayor en el nivel de 10% de inclusión (T1) con 40.10%, T4 con 39.80%, T3 con 39.20% y T2 con 38.70%, demostrando un efecto creciente en este elemento respecto al aumento del nivel de cáscara de maracuyá.

La fibra detergente neutra (FDN) reportó un descenso en relación a la inclusión de cáscara de maracuyá en el ensilaje, existiendo 63.50% en T1 y 61.60% en T4. La fibra detergente ácida (FDA) fue superior en T1 con 50%, siendo inferior a los publicados por Neiva *et al.* (2006) con valores de 78.6% sin la inclusión del subproducto, hasta 70.3% con el 14% de

Cuadro 2. Composición química de los ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims)

Contenido (%)	T1	T2	T3	T4	*Desvest
	Ensilaje PS 90% + CM 10%	Ensilaje PS 80% + CM 20%	Ensilaje PS 70% + CM 30%	Ensilaje PS 60% + CM 40%	
HUM	78.24	79.46	80.07	81.32	1.28
MSP	21.76	20.54	19.93	18.68	1.28
MST	91.74	92.66	92.96	92.32	0.52
MO	85.50	86.75	87.22	87.39	0.85
MI	14.50	13.25	12.78	12.61	0.85
PB	6.70	6.80	7.20	7.70	0.45
GB	2.00	2.10	2.40	2.80	0.36
FB	40.10	38.70	39.20	39.80	0.59
FDN	63.50	62.80	61.90	61.60	0.87
FDA	50.00	49.00	49.10	49.10	0.47
LIG	7.00	7.00	7.50	7.10	0.24
Ca	0.28	0.26	0.25	0.29	0.02
P	0.25	0.23	0.22	0.22	0.01

PS: Pasto saboya; CM: Cáscara de maracuyá; *DESVEST: Desviación estándar; HUM: Humedad; MSP: Materia seca parcial; MST: Materia seca total; MO: Materia orgánica; MI: Materia inorgánica; PB: Proteína bruta; GB: Grasa bruta; FB: Fibra bruta; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido; LIG: Lignina; Ca: Calcio; P: Fósforo.

cáscara de maracuyá. Esta tendencia podría explicarse por las diferencias en el contenido de estas fracciones independientes en cada componente del ensilaje (Cuadro 2.), pues, el pasto presenta altos valores de FDN (74.08%) frente a 61.54% en la cáscara de maracuyá.

El contenido de lignina (LIG) (%) es determinante para medir la calidad de un alimento, ésta representa uno de los factores que afectan la fermentación microbiana en el rumen (McDonald *et al.*, 2006). De acuerdo a Junior *et al.* (2006), obtuvieron el 7%, 7.10%, 7.50% y 9.45% de lignina en los ensilajes con niveles de inclusión de 10%, 20%, 30% y 40% de subproducto de maracuyá.

El nivel de inclusión del 40%, reportó el mayor contenido de calcio (0.29). Mientras, en la proporción de fósforo, se obtuvo (0.25) con el nivel de inclusión del 10% seguido del 20% (0.23), 30 y 40% (0.22), considerándose que los contenidos de estos minerales en la cáscara de maracuyá es 0.22 y 0.24% para Ca y P (Júnior *et al.*, 2006), mientras, Verdecia *et al.* (2008). reportó el pasto de 45 días con 0.34 y 0.29% para Ca y P, respectivamente.

Degradabilidad *in vitro* de la materia seca

La composición química de un alimento es solamente indicativa de su contenido de nutrientes, mas no, de su disponibilidad para el animal, por tanto, es necesario contar con datos de digestibilidad (Shimada, 2003). La degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), indica indirectamente cuánto alimento quedará retenido en el tracto gastro-intestinal (en rumen e intestinos) para ser digerido y, por consiguiente, no aparece en las excretas del animal (Gallardo y Gaggiotti, 2004). Para obtener adecuadas estimativas de los parámetros de degradación, se requiere realizar incubaciones a diferentes intervalos (horas) (Rosero y Posada, 2007). Se encontraron diferencias ($p < 0.05$), en el porcentaje de degradabilidad

in vitro de la materia seca (DIVMS) de los ensilajes en los intervalos de incubación de 0, 3 y 6 horas, siendo superior en el nivel de inclusión del 40% (T4) (Cuadro 3).

En el periodo de incubación de 12 y 24 horas no se encontró diferencias ($p > 0.05$) en la DIVMS entre los niveles de inclusión de cáscara de maracuyá, la inclusión del 20% (T2) reportaron los promedios más altos. En el periodo de incubación de 48 y 72 horas, la DISMS fue proporcional al incremento de la inclusión de cáscara de maracuyá obteniendo los mayores porcentajes ($p < 0.05$) con el 40% de inclusión (T4), la misma tendencia fue observada por Medina (2015), no obstante, los resultados fueron superiores a los encontrados en este trabajo con valores de hasta 60.22% a las 72 horas.

Esta tendencia determinada, puede deberse a la alta degradabilidad de la cáscara de maracuyá. Así, Viera *et al.* (1999), encontraron degradabilidades a las 48 y 72 horas de 80%. En otros trabajos, con inclusión de este subproducto con niveles de 10 y 30% indican el 57.83% y 56.92% de digestibilidad, respectivamente (Azevêdo *et al.*, 2011), por su parte Neiva *et al.* (2006) reportaron 42.90 a 46.80% de digestibilidad con niveles de 0 a 14% de cáscara de maracuyá en ensilajes de *Pennisetum*. En la Figura 1, se presenta las curvas de degradación de los ensilajes en cada tiempo de degradación, se demuestra la superioridad del ensilaje con el 40% de degradación (T4) en los periodos de 48 y 72 horas.

En la Figura 2, se indica el efecto de los niveles de inclusión de la cáscara de maracuyá sobre la degradación de la materia seca (DIVMS), a las 0 horas de incubación se observa un efecto lineal, el coeficiente de determinación indica que el 87.4% de la variación de la DIVMS depende del aumento del subproducto de maracuyá.

Un efecto similar se obtuvo a las 72 horas de incubación *in vitro* (Figura 3.) en este periodo la variación de la DIVMS dependió un 99.9% del nivel de inclusión de cáscara.

Cuadro 3. Degradabilidad *in vitro* de la materia seca de ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.)

Tiempo incubación (horas)	T1	T2	T3	T4	EEM	CV	P<
	Ensilaje PS 90% + CM 10%	Ensilaje PS 80% + CM 20%	Ensilaje PS 70% + CM 30%	Ensilaje PS 60% + CM 40%			
0	12.19 b	13.23 ab	13.96 a	13.98 a	0.22	6.59	0.006
3	12.98 b	15.29 a	14.59 a	15.42 a	0.18	4.95	<.0001
6	13.96 b	15.57 a	15.75 a	15.98 a	0.14	3.6	<.0001
12	20.25 a	21.30 a	18.89 a	19.92 a	0.65	13.01	0.474
24	33.07 a	37.22 a	35.72 a	35.12 a	0.66	7.46	0.084
48	40.61 b	44.06 ab	43.53 ab	45.39 a	0.66	5.38	0.015
72	46.34 a	47.25 ab	48.29 ab	49.20 a	0.38	3.14	0.02

PS: Pasto saboya; CM: Cáscara de maracuyá; EEM: Error Estándar de la Media; P<: Probabilidad; CV: Coeficiente de Variación. Medias con una letra común, no son significativamente diferentes (Tukey, $p > 0.05$)

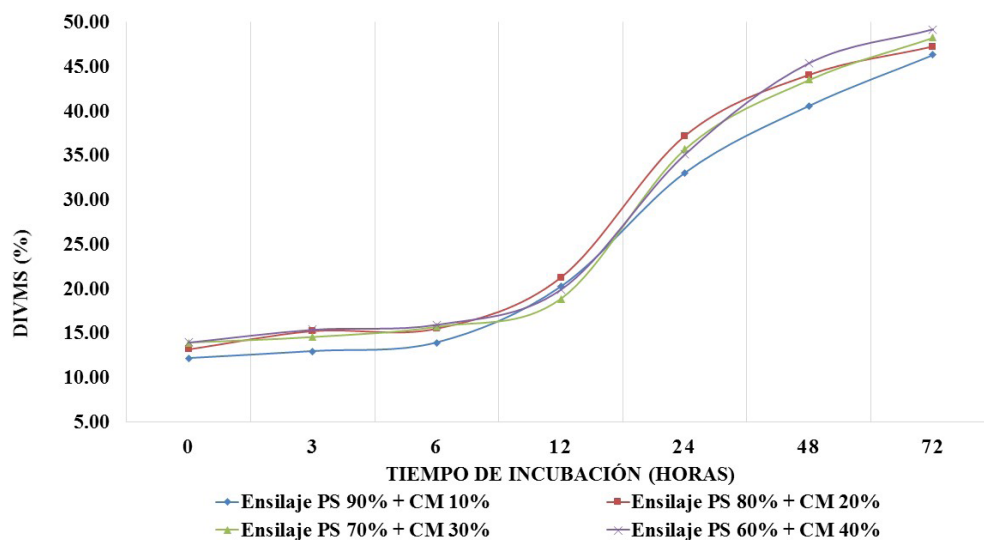


Figura 1. Degradabilidad *in vitro* de la materia seca de ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.)

Degradabilidad *in vitro* de la materia orgánica

La materia orgánica representa el contenido relativo de nutrientes que desaparecen después del proceso de calcinado (Shimada, 2003), en esta fracción se encuentran los carbohidratos (solubles y estructurales), grasas y proteínas. La degradabilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) de los ensilajes de pasto saboya con inclusión de niveles de cáscara de maracuyá (Cuadro 4). Se encontraron diferencias ($p < 0.05$) en la DIVMO en todos los periodos de incubación, siendo superior el ensilaje con el nivel de inclusión del

40% de cáscara de maracuyá (T4). En el último periodo de incubación (72 horas) se obtuvo 45.04 a 49.25% para T1 y T4 respectivamente, los resultados fueron inferiores a los reportados por Medina (2015) con valores de 53.51 a 59.46% a las 72 horas, con niveles de inclusión de 20 y 40% de cáscara de maracuyá. De igual manera, Azevêdo *et al.* (2011) indican degradabilidades de 52.69 a 60.22%, con inclusión de 10 y 30% de cáscara de maracuyá en su estudio con ensilajes de *Pennisetum*.

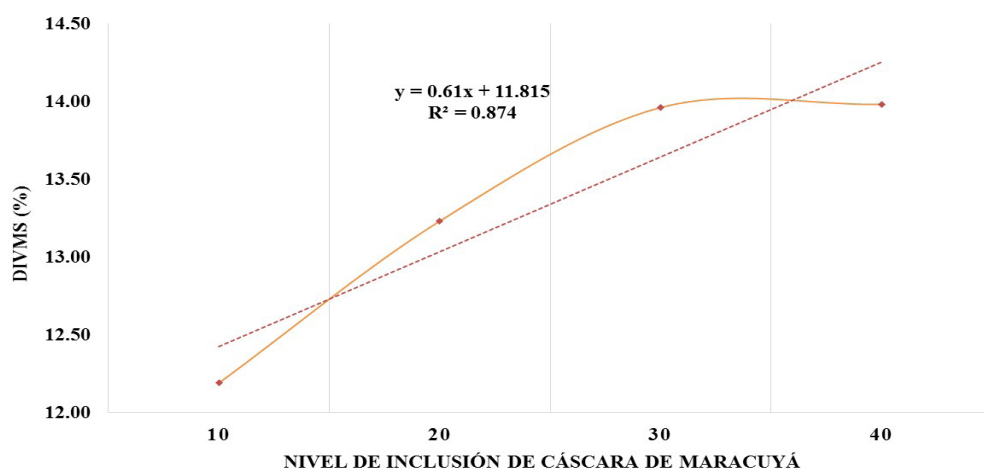


Figura 2. DIVMS de ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) a las 0 horas de incubación

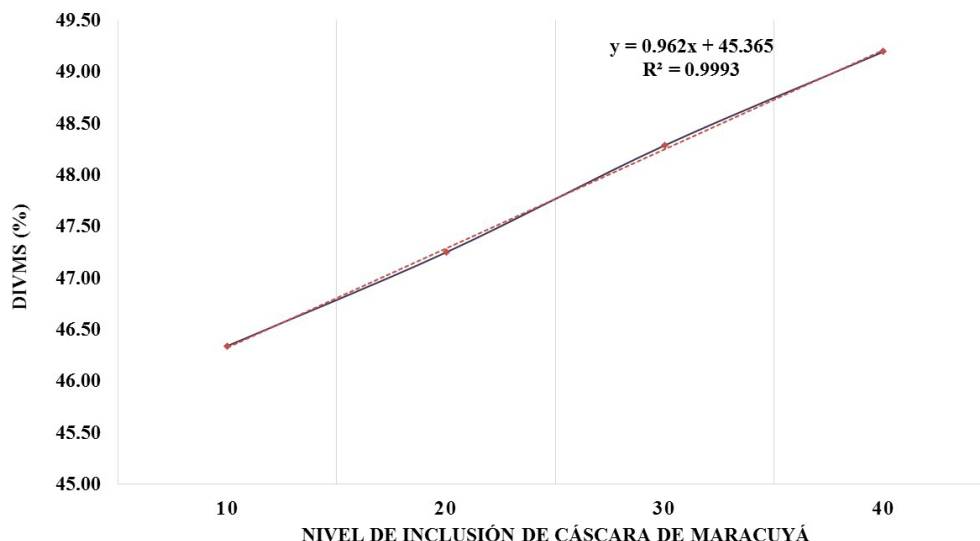


Figura 3. DIVMS de ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) a las 72 horas de incubación.

Esta discrepancia puede explicarse, debido a la diferencia de la degradabilidad entre las técnicas que han sido reportados por Varel *et al.* (1995); Torres *et al.* (2009); Navarro *et al.* (2011), quienes indican una superioridad en los resultados obtenidos *in situ* en comparación con los *in vitro*, en diferentes materiales.

Degradabilidad *in vitro* de la materia inorgánica

La materia inorgánica es un indicativo inespecífico de la proporción mineral de un alimento, pues no discrimina un elemento en común, se determina por calcinación (Shimada, 2003). La degradabilidad *in vitro* de la materia inorgánica

(DIVMI) aumentó conforme los niveles de inclusión de cáscara de maracuyá se incrementaron ($p < 0.05$) obteniendo a las 72 h (81.69%), resultados superiores a los obtenidos por Medina (2015), quien evaluó la degradabilidad de la inclusión de este subproducto en ensilajes de pasto saboya mediante la técnica *in situ* a las 72 horas con 65.52%. Los resultados de la DIVMI (Cuadro 5.) indican que la degradación de esta fracción fue mayor en el ensilaje con nivel de inclusión de 40% de cáscara de maracuyá (T4) en todos los intervalos de incubación *in vitro*. Los niveles de inclusión de cáscara de maracuyá, permiten cambios en la degradación de la fracción inorgánica del ensilaje.

Cuadro 4. Degradabilidad *in vitro* de la materia orgánica de ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.)

Tiempo incubación (horas)	T1 Ensilaje PS 90% + CM 10%	T2 Ensilaje PS 80% + CM 20%	T3 Ensilaje PS 70% + CM 30%	T4 Ensilaje PS 60% + CM 40%	EEM	CV	P<
0	5.09 d	6.29 c	7.44 b	8.64 a	0.10	6.25	<.0001
3	9.31 d	10.02 c	10.74 b	11.39 a	0.05	2.06	<.0001
6	11.98 d	12.66 c	13.12 b	13.70 a	0.05	1.53	<.0001
12	14.43 d	15.27 c	16.52 b	18.76 a	0.11	2.81	<.0001
24	25.34 d	29.76 c	32.72 b	36.14 a	0.42	5.46	<.0001
48	38.97 d	40.79 c	42.25 b	43.29 a	0.13	1.26	<.0001
72	45.04 c	46.51 b	47.45 b	49.25 a	0.20	1.73	<.0001

Medias con una letra común, no son significativamente diferentes (Tukey, $p > 0.05$)

Cuadro 5. Degradabilidad *in vitro* de la materia inorgánica de ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.)

Tiempo incubación (horas)	T1 Ensilaje PS 90% + CM 10%	T2 Ensilaje PS 80% + CM 20%	T3 Ensilaje PS 70% + CM 30%	T4 Ensilaje PS 60% + CM 40%	EEM	CV	P<
0	17.48 c	21.89 b	26.01 a	27.11 a	0.39	6.68	<.0001
3	29.55 d	31.70 c	34.11 b	36.16 a	0.17	2.08	<.0001
6	38.35 d	39.82 c	41.31 b	42.83 a	0.14	1.34	<.0001
12	43.70 d	45.26 c	46.97 b	48.49 a	0.11	0.96	<.0001
24	49.98 d	50.91 c	52.50 b	54.26 a	0.12	0.94	<.0001
48	55.21 d	56.23 c	58.09 b	60.79 a	0.14	0.96	<.0001
72	62.69 d	66.62 c	73.95 b	81.69 a	0.48	2.72	<.0001

Medias con una letra común, no son significativamente diferentes (Tukey, $p > 0.05$)

Conclusiones

El nivel de inclusión de 40% de cáscara de maracuyá mejoró el contenido de nutrientes en el ensilaje, incrementando la materia orgánica, la proteína bruta y la grasa bruta y disminuyendo las fracciones de fibra, así mismo, la degradabilidad de la materia seca, materia orgánica y materia inorgánica. Por tanto, el incremento del nivel de inclusión de cáscara de maracuyá fue directamente proporcional en la cinética de degradación, favoreciendo la inclusión del subproducto respecto al tiempo de incubación, en la mayoría de fracciones.

Bibliografía

- adicionados con melaza. Avances en Investigación Agropecuaria, 17(2), 79-96.
- Azevêdo, J., Filho, S., Pina, D., Detmann, E., Valadares, R., Pereira, L., Silva, L. (2011). Consumo, digestibilidad total, producción de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com subprodutos de frutas para ruminantes. Revista Brasileira de Zootecnia, 40(5), 1052-1060.
- Cândido, M., Neiva, J., Rodriguez, N., & Ferreira, A. (2007). Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado do maracujá. Revista Brasileira de Zootecnia, 36(5), 1489-1494.
- Carballo, A., Betacourt, M., & Florio, J. (2007). Efecto de la melaza, estado fisiológico del pasto y tamaño del material cosechado sobre el ensilado de pasto guinea (*Panicum maximum*, Jacq.). Ciencias, 15(1), 35-46.
- Chedly, K., & Lee, S. (2001). Ensilaje de subproductos agrícolas como opción para los pequeños campesinos. In FAO, & L. 'tMannetje (Ed.), Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos: Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos 1 septiembre a 15 diciembre 1999 (pp. 87-97). FAO.
- Da Cruz, B., Dos Santos, C., Pires, A., Rocha, J., Dos Santos, S., & Bastos, M. (2010). Composição bromatológica da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de casca desidratada de maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. flavicarpa). Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 5(3), 434-440.
- Dormond, H., Rojas, A., Boschini, C., Mora, G., & Sibaja, G. (2011). Evaluación preliminar de la cáscara de banano maduro como material de ensilaje, en combinación con pasto king grass (*Pennisetum purpureum*). InterSedes, 12(23), 17-31.
- ANKOM Technology. (2008). *In vitro* true digestibility with DAISY II incubator. Recuperado el 16 de Noviembre de 2014, de 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. Recuperado el 18 de Noviembre de 2014, de www.ankom.com: <https://ankom.com/media/documents/ANKOM%20Daisy%20Incubator%20Info.pdf>
- AOAC. (1990). Official Methods of Analysis (13ra ed.). Washington, EUA: Association of Official Analytical Chemists.
- Araiza, E., Delgado, E., Carreón, F., Medrano, H., Solís, A., Murillo, M., & Haubi, C. (2013). Degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad *in vitro* de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana

- Gallardo, M., & Gaggiotti, M. (2004). Examen a los índices: Diagnóstico de la calidad los forrajes conservados y cómo interpretar los análisis. Obtenido de www.produccion-animal.com.ar
- Giraldo, L., Gutiérrez, L., & Rúa, C. (2007). Comparación de dos técnicas *in vitro* e *in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 20, 269-279.
- INEC-ESPAC. (2013). Maracujá Fruta fresca, Superficie, Resumen General. Recuperado el 18 de Noviembre de 2014, de Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua: <http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/main.html>
- Júnior, A., Filho, J., Tiesenhausen, I., Freitas, R., Filho, C., & Nogueira, D. (2007). Efeito de diferentes aditivos sobre a qualidade fermentativa da silagem de residuo de maracujá amarelo. *Ciênc. agrotec.*, 31(5), 1519-1524.
- Júnior, J., Costa, J., Neiva, J., & Rodríguez, N. (2006). Caracterização físico-química de subprodutos obtidos doprocessamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. *Revista Ciência Agronômica*, 37(1), 70-76.
- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalf, J., & Morgan, C. (2006). *Nutrición Animal* (Sexta ed.). (R. Sanz, Trans.) Zaragoza, España: ACRIBIA S.A.
- Medina, M. (2015). Degradabilidad ruminal *in situ* de ensilajes de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracujá. Tesis Magister en Producción Animal. Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo, Ecuador.
- Molina, A., Roa, L., Alzate, S., de León, J., & Arango, A. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Red Revista Lasallista de Investigación*, 1(1), 66-71.
- Navarro, C., Díaz, J., Roa, M., & Cuellar, E. (2011). Comparación de la técnica de digestibilidad *in vitro* con la *in situ* de diez forrajes en bovinos rumino-fistulados en el piedemonte llanero del Meta. *Rev. Sist. Prod. Agroecol.* 2(2), 2-24.
- Neiva, J., Nunes, F., Cândido, M., Rodriguez, N., & Lôbo, R. (2006). Valor nutritivo de silagens de capim-elefante enriquecidas com subproduto do processamento do maracujá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(4), 1845-1851.
- Oliveira, L., Nascimento, M., Borges, S., Ribeiro, P., & Ruback, V. (2002). Aproveitamento alternativo da casca do maracujá- amarelo (*Passiflora edulis*, *F. Flavicarpa*) para produção de doce em calda. *Cien. Tecnol. Aliment.*, 22(3), 259-262.
- Pereira, E., Filho, J., Freitas, E., Neiva, J., & Cândido, M. (2009). Valor energético de subproductos da agroindústria brasileira. *Archivos de zootecnia*, 58(223), 455-459.
- Pereira, L., Gonçalves, L., Tomich, T., Borges, I., & Rodríguez, N. (2005). Silos experimentais para avaliação da silagem de três genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.). *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 57(5), 690-696.
- PROEcuador. (2012). Análisis Sectorial de Frutas No Tradicionales. Recuperado el 17 de Noviembre de 2014, de Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones: http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/11/PROEC_AS2012_FRUTAS.pdf
- Razz, R., Clavero, T., & Vergara, J. (2004). Cinética de degradación *In situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 14(5), 424-430.
- Regadas, J., Pereira, E., Pimentel, P., De Olivera, T., Ferreira, M., & Maia, I. (2011). Degradation kinetics and assessment of the prediction equation of indigestible fraction of neutral detergent fiber from agroindustrial byproducts. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(9), 1997-2004.
- Rosales, G., Huttel, C., & Encalada, V. (1981). Estudio sobre productividad del pasto saboya en la Costa ecuatoriana. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Departamento de Investigaciones Socioeconómicas. Quito-Ecuador: MAG.
- Rosero, R., & Posada, S. (2007). Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20, 174-182.
- Sánchez, A., Estupiñan, K., & Torres, E. (2012). Métodos de conservación de residuos de cosecha para la alimentación de rumiantes en el Litoral ecuatoriano. (D. S.A., Ed.) Quevedo, Los Ríos, Ecuador: UTEQ-SENESCYT.
- Shimada, A. (2003). *Nutrición Animal* (Primera ed.). México: Trillas S.A.
- Statistical Analysis System. Versión 9.0. (2004). User's guide. Cary, Estados Unidos.
- Torres, G., Arbaiza, T., Carcelén, F., & Lucas, O. (2009). Comparación de las técnicas *in situ*, *in vitro* y enzimática (celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. *Rev Inv Vet Perú*, 20(1), 5-9.
- Varel, V., & Kreikemeier, K. (1995). Comparison of *in vitro* an *in situ* digestibility methods. *J. Anim. Sci.*, 73, 578-582.
- Verdecia, D., Ramírez, J., Leonard, I., Pacual, Y., & López, Y. (2008). Rendimiento y componentes del valor nutritivo del *Panicum maximum* cv. Tanzania. *REDVET Revista Electrónica de Veterinaria*, 9(5), 1-9.
- Viera, C., Vasquez, H., & Silva, J. (1999). Composição Químico-Bromatológica e Degradabilidade *In Situ* da Matéria Seca, Proteína Bruta e Fibra em Detergente Neutro da Casca do Fruto de Três Variedades de Maracujá (*Passiflora* spp). *Rev. bras. zootec.*, 28(5), 1148-1158.

Barrera-Álvarez *et al.*, 2017

Zeraik, M., Pereira, C., Zuin, V., & Yariwake, J. (2010).
Maracujá: um alimento funcional? *Revista Brasileira
de Farmacognosia*, 20(3), 459-471.