

# Suplementación con ensilaje de frutas en vacas doble propósito: digestibilidad y producción láctea\*

## Supplementation with fruits silage on dual-purpose cow: digestibility and performance

CASTAÑEDA-SERRANO, ROMÁN-DAVID<sup>1</sup>; GONZÁLEZ-BERMEO, JOSÉ-FLAMINIO<sup>2</sup>; VELEZ-GIRALDO, ALEJANDRA-MARIA<sup>3</sup>

### Historial del artículo

Recibido para evaluación: 28 de Abril 2021

Aprobado para publicación: 8 de Mayo 2022

\* Título del proyecto de origen: "Suplementación con ensilados de Spondia purpuera, Artocarpus altilis, BDellucia grossularioidea en vacas lecheras del trópico bajo Colombiano" Código 650214. Financiación: Comité central de investigaciones de la Universidad del Tolima. Culminación: diciembre de 2018.

Universidad del Tolima, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Grupo de Investigación en Sistemas Agroforestales Pecuarios. Doctor en Zootecnia. Ibagué, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6935-3918>

2 Universidad del Tolima, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Grupo de Investigación en Sistemas Agroforestales Pecuarios. Médico Veterinario y Zootecnista. Magister en Ciencias Pecuarias. Ibagué, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-9333-9040>

3 Universidad del Tolima, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Grupo de Investigación en Sistemas Agroforestales Pecuarios. Médica Veterinaria y Zootecnista. Magister en Ciencias Pecuarias. Ibagué, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-6066-0834>

Correspondencia: [rcastaneda@ut.edu.co](mailto:rcastaneda@ut.edu.co)

### Cómo citar este artículo

CASTAÑEDA-SERRANO, ROMÁN-DAVID; GONZÁLEZ-BERMEO, JOSÉ-FLAMINIO; VELEZ-GIRALDO, ALEJANDRA-MARIA. Suplementación con ensilaje de frutas en vacas doble propósito: digestibilidad y producción láctea. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, v. 21, n. 1, 2023, p.51-61. Doi: <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n1.2023.1917>

## RESUMEN

En condiciones del trópico colombiano es necesario establecer estrategias de alimentación que permitan aumentar la productividad a bajo costo. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la suplementación con ensilados de totumo, mango, guayabo de monte sobre la digestibilidad *in vitro*, degradabilidad y parámetros productivos en vacas doble propósito. El estudio fue realizado en la finca La Florida, ubicada, en el municipio de Puerto Boyacá, se usaron 32 vacas (Gyr x Holstein) con peso promedio de  $460 \pm 35$  kg en primer tercio de lactación, distribuidas en cuatro (4) grupos de ocho (8) cada uno, conformados de la siguiente manera: T1: grupo control: sin ensilajes; T2: ensilaje de Guayabo de monte; T3: ensilaje de Totumo y T4: ensilaje de Mango común. Todas las vacas permanecieron en pastoreo rotacional con *Bracharia decumbens*, agua a voluntad y sal mineralizada. Se analizó el efecto del tratamiento, el tiempo y su interacción, para ello se usó el comando PROC MIXED del software SAS 9.2 (2002), la diferencias entre promedios se realizó mediante prueba de Tukey-Kramer, con nivel de significancia del 5 %. No hubo diferencias ( $p < 0,05$ ) en la producción diaria de leche entre los tratamientos evaluados, sin embargo, el porcentaje de proteína en leche fue mayor ( $p < 0,05$ ) en los tratamientos T2 y T4. EL NUL fue mayor en el T2 y menor en el T4. El consumo de ensilajes fue mayor ( $p < 0,05$ ) en el T4 y la condición corporal mostró ser mejor para los tratamientos T2 y T4, finalmente para los parámetros de degradabilidad y digestibilidad *in vitro*, los tratamientos T2, T3 y T4 obtuvieron los mayores valores respectivamente. La suplementación de vacas doble propósito con ensilajes de frutos del bosque húmedo tropical mejora la proteína de la leche y la condición corporal de las vacas. Los ensilados estudiados, poseen alta tasa de degradación y digestibilidad *In vitro*, representando una alternativa de alimentación en los rumiantes.

## PALABRAS CLAVES:

Ensilaje; Fuentes alternativas; Ganado de leche; Grasa; Guayabo de monte; Mango; Proteína; Suplementación; Totumo; Trópico.

## ABSTRACT

In the Colombian tropic, it is necessary to establish feeding strategies that increase productivity and reduce costs. This research aimed to evaluate the effect of totumo, mango, and wild guava silage on *in vitro* digestibility, degradability, and productive parameters in dual-purpose cows. This study was carried out on a farm located in the municipality of Puerto Boyacá. Thirty-two Gyr x Holstein cows (Body weight =  $460 \pm 35$  kg) in early lactation were enrolled and distributed in four groups of eight individuals: T1: control group: no silage; T2: Wild guava silage; T3: Totumo silage and T4: Mango silage. All the cows remained in a rotational grazing system with *Bracharia decumbens*, water, and a salt-based mineral supplement *ad libitum*. There were no differences ( $p > 0,05$ ) in the daily milk production. However, protein levels in milk were higher ( $p < 0,05$ ) in the T2 and T4 treatments. NUL was more elevated in T2 and lower in T4. Silage consumption was higher ( $p < 0,05$ ) in T4, and the body condition score was higher for T2 and T4. For the degradability and digestibility parameters *in vitro*, treatments T2, T3, and T4 obtained the highest values. Fruits silage supplementation on dual-purpose cows with silage fruits can increase milk protein levels and body condition score. Those silages have a high rate of degradation and *in vitro* digestibility, representing a feeding alternative for ruminants.

## KEYWORDS:

Alternative sources; Dairy cattle; Fat; Mango; Protein; Silage; Supplementation; Totumo; Tropic; Wild Guava.

## INTRODUCCIÓN

La alimentación en los sistemas de producción de ganadería juega un papel esencial en el rendimiento y productividad, puesto que tiene como objetivos satisfacer la demanda nutricional de los animales, asegurando la función e integridad ruminal, disminuir el costo de las raciones y hacer un uso correcto de los recursos (Mulliniks *et al.*, 2020). Sin embargo, lograr esos objetivos bajo las condiciones del trópico colombiano ha sido un gran desafío debido principalmente a las condiciones de sequía donde escasea la producción y calidad del forraje, por otro lado, el alto costo de las materias primas o concentrados para la suplementación que hace inviable su utilización (Mendonza and Acosta, 2019). Entre tanto, la conservación de alimentos mediante la técnica de ensilaje puede ser una opción viable y económica para la alimentación durante la época de sequía (Kaewpila *et al.*, 2020; Colin-Navarro *et al.*, 2021). En el trópico colombiano existen varios árboles que proporcionan frutos ricos en carbohidratos, los cuales empíricamente han sido utilizados por algunos productores para la alimentación de los animales (Botero and De la Ossa, 2011), por ejemplo, el mango es una fruta jugosa, fuente de micronutrientes, vitaminas y otros fitoquímicos (Parvez, 2016), el totumo como lo indica Suleiman (2019) puede llegar a ser una fuente económica de proteína para rumiantes, finalmente el guayabo de monte se ha considerado una fruta con una buena composición nutricional tanto para humanos como para animales (Martins *et al.*, 2016). No obstante, es necesario estudiar el potencial de esos frutos a través de estudios que determinen la calidad nutricional y el efecto de la suplementación con estos sobre el desempeño de los animales, ya que los trabajos alrededor de este tema son escasos.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con ensilados guayabo de monte (*Bellucia grossularioides*) de totumo (*Crescentia cujete*) y mango (*Mangifera indica*), sobre la degradabilidad y digestibilidad *in vitro*, parámetros productivos y calidad de la leche en vacas doble propósito en condiciones de bosque húmedo tropical.

## MÉTODO

### Consideraciones éticas

El experimento se desarrolló teniendo en cuenta la normativa bioética para experimentación animal contemplada por la Universidad del Tolima (acuerdo del consejo académico número 0171 del 29 de octubre de 2008).

### Localización

El trabajo se realizó en la finca la Florida del municipio de Puerto Boyacá, cuenta con una temperatura promedio de 32 °C, humedad relativa del 70 %, altitud de 188 msnm y precipitaciones superiores a 1.800 mm (Holdridge, 1967).

### Animales y tratamientos

Se utilizaron 32 vacas multíparas doble propósito en primer tercio de lactación, cruces F1 Gyr x Holstein), con peso promedio de 460±35 kg distribuidas en cuatro (4) tratamientos, cada uno con ocho (8) repeticiones; para la clasificación por grupos se tuvieron en cuenta factores como días en lactancia (DEL), condición corporal y número de partos. Todas las vacas permanecieron en un sistema de pastoreo rotacional con *Brachiaria decumbens*, agua a voluntad y sal mineralizada. Teniendo en cuenta el manejo tradicional de la finca se propuso suministrar los tratamientos a la hora del ordeño.

Las vacas tuvieron un periodo de adaptación de 21 días, periodo en el cual lograron el consumo propuesto en el experimento, donde se ofreció la dieta ad libitum permitiendo de esta forma determinar la cantidad de alimento rechazado. En el periodo de recolección de datos, las vacas fueron ordeñadas mediante ordeño mecánico en el horario habitual de la finca a las 4:00 a.m. en un solo ordeño, utilizando el sistema de amamantamiento restringido. Las vacas recibieron el tratamiento correspondiente en un comedero individual provisto en el puesto de ordeño y posteriormente todas eran llevadas al potrero en un solo grupo, en tanque que el experimento tuvo una duración de 90 días incluyendo el período de adaptación. A continuación, se describe los tratamientos:

**Tratamiento 1 (T1)** Control: dieta basal de *Brachiaria decumbens* sin suplementación de ensilaje

**Tratamiento 2 (T2):** Dieta Basal + suplementación con 5 kg/d de ensilaje de Guayabo de monte (*Bellucia grossularioides*)

**Tratamiento 3 (T3):** Dieta basal + suplementación con 5 kg/d de ensilaje de Totumo (*Crescentia cujete*)

**Tratamiento 4 (T4):** Dieta Basal + suplementación con 5 kg/d de ensilado de Mango común (*Mangifera indica*).

## Elaboración de ensilajes

Los frutos fueron colectados en la finca para obtener el ensilaje sólido, luego de ser picados y almacenados en canecas de 55 galones selladas herméticamente. Este material fue preservado por 4 semanas (Botero y De La Ossa 2011). Se tomaron muestras de 1 kg (en base húmeda) de las materias primas antes de ensilar y después del proceso de ensilado para la evaluación bromatológica. Los análisis de materia seca, materia orgánica, cenizas, proteína cruda y extracto etéreo fueron determinados según los métodos establecidos por la AOAC (2019); la fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se obtuvo por medio del protocolo propuesto por Van Soest *et al.* (1991) (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Composición bromatológica de la dieta basal y de los ensilajes de frutas.

Tratamientos	MS%	PC%	FDN %	FDA%	MM%	EE%	CNF%
T1	34,3	6,5	78,6	49,93	6,6	2,2	6,0
T3	18,1	4,4	27,6	22,24	4,5	1,8	61,7
T4	21,5	5,2	13,7	11,12	8,1	1,4	71,6
T2	14,3	4,4	10,9	10,84	7,8	2,1	74,8

MS: Materia seca; PC: Proteína cruda; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido; EE: extracto etéreo; CNF: carbohidratos no fibrosos.  
T1: Control sin suplementación (Dieta basal: Ensilaje *Brachiaria decumbens*; T2: Ensilaje *Bellucia grossularioides*; T3: Ensilaje *Crescentia cujete*; T4: Ensilaje *Mangifera indica*

## VARIABLES EVALUADAS

A continuación, se describe la metodología aplicada para cada variable del estudio.

**Consumo de los ensilajes.** Debido a la imposibilidad de evaluar el consumo de materia seca en pastoreo y a que todas las vacas permanecían en el mismo potrero, solo se evaluó el consumo de materia seca de cada uno de los ensilajes diariamente, teniendo en cuenta la cantidad de ensilaje ofrecido y la cantidad de rechazo al final del día.

**Producción y composición de la leche.** La producción de leche se evaluó diariamente. Cada 7 días se colectaron muestras de 50 mL de leche, las cuales fueron mezcladas con bronopol-B-14 como preservante. Las muestras fueron refrigeradas y enviadas al laboratorio de microbiología pecuaria y salud animal del C.I Tibaitatá de Agrosavia para el análisis de Sólidos totales (Método secado con aire forzado a 100 °C), grasa total (Método de Gerber) y proteína (método de kjeldah).

**Perfil bioquímico en leche (beta-hidroxibutirato (βHB), Nitrógeno ureico en leche (NUL)).** Cada 7 días se colectaron muestras de 50 mL de leche, que fueron centrifugadas a 2.500 rpm por 12 minutos. Se separó y almacenó el suero a -20 °C, posteriormente fueron enviadas al Laboratorio de Diagnóstico veterinario de la Universidad del Tolima para el análisis de beta-hidroxibutirato (βHB) y NUL de acuerdo con Plata-Reyes *et al.* (2018)

**Condición corporal.** Se realizó la evaluación de la condición corporal (CC) cada siete días utilizando la escala de 1 a 5 con intervalos de 0,25 puntos de acuerdo con la metodología establecida por Ferguson *et al.* (1994).

**Cinética de degradación y digestibilidad *In vitro*.** La determinación de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de los diferentes tratamientos, se realizó a partir de la técnica descrita por Tilley and Terry (1963) adaptada al rumen artificial (DAISY II®). El líquido ruminal se obtuvo de un novillo de raza Girolando previamente canulado mantenido en pastoreo. La cinética de degradación se determinó de forma paralela a la DIVMS usando DAISY II®, teniendo como tiempos de incubación para cada una de las dietas las horas 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 84 y 96 horas. Los parámetros de la degradación ruminal de la materia seca (MS) *in vitro* se calcularon utilizando la ecuación descrita por Orskov and McDonald (1979) donde:  $p$ = velocidad de degradación en el tiempo  $t$ ;  $a$ = fracción soluble en agua;  $b$ = fracción de agua insoluble, potencialmente degradable;  $c$ = velocidad de degradación de la fracción  $b$ ;  $t$ = tiempo de incubación.

$$P = a + b(e^{-ct}) \quad (\text{Ec. 1})$$

La degradabilidad efectiva (DE) de la MS se calculó usando la siguiente ecuación (Ecuación 2) donde  $a$ = fracción soluble en agua;  $b$ = fracción de agua insoluble, potencialmente degradable;  $c$ = velocidad de degradación de la fracción  $b$ ;  $t$ = tiempo de incubación;  $k$ = la tasa de pasaje ruminal.

$$DE = a + (b \times c / c + k) \quad (\text{Ec. 2})$$

## Diseño experimental y análisis estadístico

El efecto de los diferentes tratamientos experimentales sobre cada una de las variables evaluadas fue evaluado utilizando un diseño completamente al azar. El análisis examinó el efecto del tratamiento, el tiempo y su interacción, para ello se usó el comando PROC MIXED del software SAS 9.2 (2002). La diferencia entre promedios se analizó mediante prueba de Tukey-Kramer, con nivel de significancia del 5 %.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_i + \phi_{ij}$$

Donde  $Y_{ij}$  es la observación de la  $j$ -ésima u.e. del  $i$ -ésimo tratamiento,  $\mu_i$  es la media del  $i$ -ésimo tratamiento,  $\phi_{ij}$  es el error experimental de la unidad  $ij$ .

## RESULTADOS

### Producción y composición de la leche

La producción (L/vaca/día), sólidos totales, porcentaje de grasa y β-hidroxibutirato no presentaron diferencias ( $p > 0,05$ ) entre los diferentes tratamientos, sin embargo, se observaron diferencias ( $p < 0,05$ ) con relación a los contenidos de proteína y NUL. Se evidenciaron mayores porcentajes de proteína en los tratamientos T2 y T3 y para el NUL el T2 mostró la más alta concentración (Cuadro 2). El consumo de materia seca de los ensilajes el tratamiento T4 fue mayor, seguido del T3 y finalmente del T2 respectivamente (Cuadro 3), estos resultados pueden estar relacionados al contenido de FDN de cada uno de los tratamientos, pues como se ha indicado, el consumo va a depender del volumen estructural de la dieta y por tanto del contenido de fibra detergente

neutro (FDN) (Haisan and Oba, 2020). Los resultados de producción de leche, sólidos totales y porcentaje de grasa en la leche se pueden atribuir al bajo aporte de materia seca (MS) de cada uno de los ensilajes (Cuadro 1); en términos de materia seca, la suplementación diaria de ensilado fue de 0,73 kg/d para el T2 (*Bellucia grossularioides*), 0,89 kg/d para el T3 (*Crescentia cujete*) y 0,63 kg/d para el T4 (*Mangifera indica*), lo cual, en promedio, equivale a una suplementación del 0,15 % del peso vivo en materia seca, por lo tanto, se puede inferir que la producción diaria de leche, sólidos totales y porcentaje de grasa en la leche no fueron alteradas debido a la baja suplementación. Estos datos son similares a los obtenidos por Mojica *et al.* (2009) que alimentaron vacas Holstein con pasto kikuyo y ensilaje de avena y no evidenciaron diferencias en la producción cuando se suplementaron con el ensilaje. El parámetro de grasa en la leche ha sido relacionado a las concentraciones de fibra en la ración, ya que la fibra constituye la mayor fuente de energía siendo los precursores de los tres componentes más importantes de la leche: lactosa, grasa y proteína y a la digestibilidad de esta (Zschiesche *et al.*, 2020). Es de resaltar que en este estudio el aporte de fibra fue dado, en su mayor parte, por el pastoreo de los animales en los potreros con *Brachiaria decumbens*, no obstante, al suplementar las vacas con tratamientos experimentales, se detectó una tendencia ( $p=0,053$ ) en el aumento en la grasa de la leche especialmente en tratamiento T3.

**Cuadro 2.** Efecto de los ensilajes de frutas sobre la producción y composición de la leche

Variables	Tratamientos				EEM	P-Valor
	T1	T2	T3	T4		
Producción (L/día)	5,62	5,64	5,22	6,00	0,44	0,664
Sólidos totales (%)	12,47	13,01	12,58	13,20	0,38	0,489
Proteína (%)	2,92a	3,47b	3,33ab	3,51b	0,12	<0,05
Grasa (%)	3,17	3,93	3,65	4,15	0,25	0,054
NUL (mg/dl)	12,06a	15,70b	12,03a	10,53c	1,25	<0,05
βHB (mm/L)	0,5	0,3	0,4	0,3	0,1	0,709

<sup>a,b,c</sup> Comparaciones dentro de una misma columna, medias con diferente letra son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ ). EEM: Error estándar de la media.  
 T1: Control sin suplementación (Dieta basal: *Brachiaria decumbens*; T2: *Bellucia grossularioides*; T3: *Crescentia cujete*; T4: *Mangifera indica*.)

La principal fuente para la formación de proteína láctea es la proteína ingerida por el animal (Castillo-Umaña *et al.*, 2020), sin embargo, un aumento en el consumo de energía, paralelamente se incrementa la proteína láctea debido a los cambios ligados a la fermentación ruminal, a un mayor flujo de proteína bacteriana desde el rumen al intestino o a un aumento en los nutrientes digestibles de absorción intestinal (Pereira *et al.*, 2021); aunque en este trabajo no se determinó la energía aportada por los ensilados, los resultados de la DIVMS y la composición de CNF en los ensilajes permiten inferir que estos ensilajes poseen un alto valor energético. No obstante, se ha citado, por ejemplo, que los subproductos de mango pueden ser utilizados como suplementación en la ganadería por su alto valor energético y podrían reemplazar parcialmente las concentraciones de energía en dietas para rumiantes (Marcos *et al.*, 2020), por otra parte, a las semillas de totumo se les atribuye el 64,6 % del ácido oleico, un ácido graso insaturado, que es una buena fuente de energía (Alarcon, 2017). Un comportamiento similar ocurrió al suministrar ensilaje de pulpa de manzana en vacas de raza Frisón Negro donde el aumento de la proteína láctea fue atribuido a una mayor disponibilidad de energía en la dieta, así mismo Karlsson *et al.* (2019) reemplazaron glicerol por salvado de trigo y observaron un aumento de proteína en la leche debido a un mayor aporte energético en la dieta.

En relación con el NUL, se evidenciaron diferencias entre los tratamientos, aunque por debajo de los estándares obtenidos por (Barragán-Hernández *et al.*, 2020) donde trabajaron con residuos de palma africana lo que explica que la dieta podría estar excediendo su proteína soluble o degradable en relación con la disponibilidad de carbohidratos fermentables. Por el contrario, donde los valores son menores como en el estudio realizado con los ensilados (T2, T3, T4) indicaría una mejor relación del balance y sincronización entre la energía y proteína que ingresan al rumen (Zhang *et al.*, 2020). En este sentido, los animales que recibieron una dieta energética proveniente del tratamiento a base de ensilaje *Mangifera indica*, mostraron un menor nivel de nitrógeno ureico

en leche, indicando un mayor aporte de energía (Haisan and Oba., 2020). Respecto a los niveles de betahidroxibutirato (BHB), no se encontraron diferencias, arrojando parámetros normales para cada uno de los tratamientos evaluados, considerándose aceptables de 0,1 a 0,6 mmol /L (Guevara *et al.*, 2016).

### Consumo y condición corporal

El consumo de materia seca fue mayor ( $p < 0,05$ ) en el T3 seguido por T2 y T4. Por otro lado, las vacas que tuvieron una condición corporal más alta ( $p < 0,05$ ) cuando fueron suplementadas con T4 y el T3 (Cuadro 3). Las vacas suplementadas con el ensilado del tratamiento T4 fueron las que obtuvieron una mejor condición corporal, esto podría estar relacionado con el consumo que tuvieron con respecto a los otros tratamientos evaluados, comportamiento similar al estudio realizado por Guevara *et al.* (2016) al evaluar el efecto de la suplementación de ensilaje de maíz y sorgo como complemento a una pastura en vacas lactantes F1 Holstein x Gyr, observaron ganancias de peso en los animales alimentados con los respectivos ensilajes frente al tratamiento control que solo fueron alimentadas con la pastura, que presentaban una menor condición corporal, atribuyendo este resultado al menor consumo de alimento debido a la baja calidad composicional de la dieta y el exceso de fibra. Adicionalmente, se podría explicar que las vacas que no fueron suplementadas tuvieron un reclutamiento de las reservas corporales con el fin de sustituir las deficiencias nutricionales.

**Cuadro 3.** Consumo de ensilaje de frutas y efecto en la condición corporal

Variables	Tratamientos				EEM	P- Valor
	T1	T2	T3	T4		
Consumo de materia seca (kg/día)	0	0,73b	0,89a	0,63c	0,02	<0,05
Condición corporal (1-5)	3,44c	3,74bc	3,82ab	4,13a	0,09	<0,05
<sup>a,b,c</sup> Comparaciones dentro de una misma columna, medias con diferente letra son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ ). EEM: Error estándar de la media. CMS: (Consumo de materia seca); CC T1: Control sin suplementación (Dieta basal: <i>Brachiaria decumbens</i> ; T2: <i>Bellucia grossularioides</i> ; T3: <i>Crescentia cujete</i> ; T4: <i>Mangifera indica</i> .						

### Cinética de degradación y Digestibilidad *in vitro*

La degradabilidad *in vitro* de la materia seca del ensilaje de *Crescentia cujete* (T3) fue superior en comparación del ensilaje de *Mangifera indica* (T4) y *Bellucia grossularioides* (T2) a medida que pasaron las horas, presentándose únicamente diferencias ( $p < 0,05$ ) en las 36, 48 y 96 horas de incubación. En cuanto a la digestibilidad (DIVMS), no se observaron diferencias entre los tratamientos T3 y T4, sin embargo, T2 obtuvo una DIVMS entre 23 y 20 % inferior ( $p < 0,05$ ) cuando comparados con T3 y T4 respectivamente (Cuadro 4). Uno de los valores relacionados con el parámetro de digestibilidad es la fibra detergente ácida (FDA) en los alimentos, un mayor porcentaje de FDA está asociado a baja digestibilidad en el alimento (Supratman *et al.*, 2020). No obstante, el ensilado de *Bellucia grossularioides* mostró mayor porcentaje de FDA que se relacionó con el menor porcentaje de digestibilidad *in vitro* (DIVMS %) comparado con los demás ensilados evaluados. El ensilaje de *Crescentia cujete* y *Mangifera indica* fueron los que tuvieron una mayor digestibilidad *in vitro* (Cuadro 4) y menor porcentaje de FDA. Asimismo, (Supratman *et al.*, 2020) reportaron ensilaje de piña con una digestibilidad *In vitro* (DIVMS %) de 73,10 % y un FDA de 32,10 % que al incluirle pulpa de cítricos deshidratada en forma de aditivo el porcentaje de FDA disminuyó, provocando un aumento en la digestibilidad *in vitro*, mientras que Sanchez-Santillan *et al.* (2020) estudiando el ensilaje de *Mangifera indica*, obtuvieron una mejor digestibilidad *in vitro* superior al 70 % utilizando melaza, urea y heno de pasto pangola.

**Cuadro 4.** Degradabilidad de la materia seca y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de los frutos ensilados

Tiempo de incubación (h)	% Degradación			EEM	P-Valor
	T2	T3	T4		
3	69,21	71,08	70,35	3,98	0,946
6	70,40	77,27	71,92	3,98	0,456
12	73,75	78,40	76,25	4,35	0,754
24	76,94	80,29	82,76	3,52	0,517
36	77,06a	86,44b	89,69b	1,51	<0,05
48	80,81a	90,75b	89,21 <sup>a</sup>	2,14	<0,05
72	84,50	93,29	90,71	3,15	0,163
84	85,87	94,49	91,91	3,89	0,303
96	85,84a	88,49ab	92,67b	1,52	<0,05
DIVMS %	64,41a	87,06b	84,31b	0,60	<0,05

<sup>a,b,c</sup> Comparaciones dentro de una misma columna, medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (P < 0;05). EEM: Error estándar de la media.  
T2: *Bellucia grossularioides*. T3: *Crescentia cujete*. T4: *Mangifera indica*

Las fracciones a (%), b (%) y c (%/h) no mostraron diferencias ( $p>0,05$ ) entre tratamientos (Cuadro 5). Sin embargo, para los cuatro tratamientos, la fracción soluble en agua (a) fue alta, siendo la del T2 la más soluble en agua y lo mismo ocurrió con la fracción insoluble en agua (b) que se relacionan con los resultados de la fracción a. La degradación potencial fue el único parámetro que presentó diferencias significativas ( $p>0,05$ ), donde el T2 tuvo mayor degradación.

**Cuadro 5.** Parámetros de degradación ruminal de los ensilajes de frutas

Parámetros	Tratamiento			EEM	P- valor
	T2	T3	T4		
a (%)	72,80	60,26	69,41	4,39	0,169
b (%)	17,58	23,59	18,67	4,55	0,626
c (%/h)	0,170	0,084	0,077	0,05	0,203
DP	90,38a	83,86b	88,09ab	1,08	0,006
DE (K=0,02)	86,83	78,23	78,77	5,51	0,068
DE (K=0,05)	84,60	73,84	74,85	3,25	0,082
DE (K=0,08)	83,27	71,31	73,26	3,54	0,085

<sup>a,b,c</sup> Comparaciones dentro de una misma columna, medias con diferente letra son estadísticamente diferentes (P < 0;05). EEM: Error estándar de la media.  
T2: *Bellucia grossularioides*. T3: *Crescentia cujete*.  
T4: *Mangifera indica*  
a (%) = fracción soluble en agua; b (%) = fracción insoluble en agua, pero potencialmente degradable; c (%/h) = tasa de degradación da fracción a; DP = degradación potencial; DE= degradación efectiva

La degradabilidad *In vitro* de los tres ensilajes evaluados fue aumentando a medida que pasaban las horas de incubación, sin embargo, al comparar los tres tratamientos, T3 fue el que tuvo una mayor degradación durante las horas de incubación, seguido de T4, resultados que pueden ser atribuidos al contenido de carbohidratos solubles que ha reportado tener los frutos del *Mangifera indica* y *Crescentia cujete*, ya que, a mayor cantidad de carbohidratos solubles en la dieta, mayor disponibilidad para los microorganismos ruminales (Yuste *et al.*, 2020). La degradación potencial de todos los ensilajes evaluados fue alta (83,8–90,4 %) asociado a la alta digestibilidad que presentaron los tres tratamientos experimentales (Cuadro 4) demuestra el potencial de los ensilajes del estudio como alimento alternativo para los rumiantes. Resultados, similares fueron reportados por Araiza *et al.* (2013) con ensilaje de maíz – manzana con una degradación potencial del 85,6 %.

## CONCLUSIONES

La suplementación con ensilajes de *Bellucia grossularioides*, *Crescentia cujete* y *Mangifera indica* en vacas de doble propósito, mejora el porcentaje de proteína y tiende a mejorar la grasa en la leche. Por otro lado, el ensilaje de *Crescentia cujete* mejora el consumo de materia seca. Por otro lado, la suplementación con los ensilajes evaluados mejora la condición corporal de las vacas. Entretanto, la degradabilidad y digestibilidad *in vitro*, de los tres ensilajes estudiados mostraron ser altamente digestibles y degradables a medida que pasaban las horas evaluadas. Los resultados de este estudio permiten inferir que la utilización de ensilajes de frutos de *Bellucia grossularioides*, *Crescentia cujete* y *Mangifera indica* en la alimentación de vacas doble propósito en el bosque húmedo tropical es una alternativa viable y recomendable. Futuros estudios deben ser realizados con inclusiones más altas de los ensilajes del estudio y en combinación con otros alimentos o aditivos para ensilajes.

## REFERENCIAS

- ARAIZA-ROSALES, ELIA; DELGADO-LICON, EFREN; CARRETE-CARREÓN, FRANCISCO O.; MEDRANO-ROLDÁN, HIRAM; SOLÍS-SOTO, AQUILES; MURILLO-ORTIZ, MANUEL; HAUBI-SEGURA, CARLOS. Degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad *in vitro* de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza *in situ*. *Avances en Investigación Agropecuaria*, v. 17, n. 2, 2013, p. 79-96. <https://www.redalyc.org/pdf/837/83726339007.pdf>
- BARRAGÁN-HERNÁNDEZ, WILSON-ANDRÉS; MESTRA-VARGAS, LORENA-INÉS; PORTILLA-PINZON, DANILO; MEJÍA-LUQUEZ, JORGE-ARMANDO; HENRIQUEZ-CRESPO, RICARDO-JOSÉ. Effect of African palm byproducts on cow milk production and quality in the south of the Department of Atlántico, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, v. 21, no. 2, 2020, p. 1-15. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num2\\_art:1132](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num2_art:1132)
- BOTERO, LUZ M.; DE LA OSSA-VELAZQUEZ, JAIME. Consumo suplementario de ensilaje salino de frutos maduros de Totumo (*Crescentia cujete*) en ganado vacuno de doble propósito. *Zootecnia Tropical*, v. 29, no. 3, 2011, p. 293-300. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692011000300005](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692011000300005)
- BOTERO, L.M.; DE LA OSSA, V. Consumo suplementario de ensilaje salino de frutos maduros de Totumo (*Crescentia cujete*) en ganado vacuno de doble propósito. *Zootecnia Tropical*, v. 29, no. 3, 2011, p. 293-300. <http://ve.scielo.org/pdf/zt/v29n3/art05.pdf>
- CASTILLO-UMAÑA, MIGUEL; BALOCCHI, OSCAR; PULIDO, RUBÉN-GUILLERMO; SEPÚLVEDA-VARAS, PILAR; PACHECO, DAVID; MUETZEL, STEFAN; BERTHIAUME, ROBERT; KEIM, JUAN-PABLO. Milk production responses and rumen fermentation of dairy cows supplemented with summer brassicas. *Animal*, v. 14, no. 8, 2020, p. 1684-1692. <https://doi.org/10.1017/S175173112000021X>
- COLÍN-NAVARRO, VIANEY; LÓPEZ-GONZÁLEZ, FELIPE; MORALES-ALMARÁZ, ERNESTO; GONZÁLEZ-ALCÁNTARA, FELIPE-DE JESÚS; ESTRADA-FLORES, JULIETA-GERTRUDIS; ARRIAGA-JORDÁN, CARLOS-MANUEL. Fatty acid profile in milk of cows fed triticale silage in small-scale dairy systems in the highlands of central Mexico. *Journal of Applied Animal Research*, v. 49, n. 1, 2021, p. 75-82. <https://doi.org/10.1080/09712119.2021.1884082>
- FERGUSON, JAMES D.; GALLIGAN, DAVID T.; THOMSEN, NEAL. Principal descriptors of body condition score in holstein cows. *Journal of Dairy Science*, v. 77, n. 9, 1994, p. 2695-2703. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77212-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77212-X)
- GUEVARA S., CARMEN; PATIÑO, P., RENE; MEJÍA M., CARLOS. Respuesta productiva de vacas lactantes F1 Holstein x Gyr recibiendo ensilajes de maíz o sorgo como suplemento alimenticio en época seca. *Revista Colombiana de Ciencias Animales-RECIA*, v. 8, n. 1, 2016, p. 319-324. <https://doi.org/10.24188/recia.v8.n0.2016.387>

- HAISAN, JEIFER; OBA, MASAHITO. The effects of feeding a high-fiber or high-starch pellet at two daily allocations on feed intake patterns, rumen fermentation, and milk production of mid-lactation dairy cows. *Journal of dairy science*, v. 103, no. 7, 2020, p. 6135-6144.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2019-17698>
- HOLDRIDGE. Sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge. *Ecología basada en zonas de vidas*. San José, (Costa Rica): 1967. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=m3Vm2TCjM\\_MC&oi=fnd&pg=PR9&dq=HOLDRIDGE,+L.+Sistema+de+clasificación+de+zonas+de+vida+de+Holdridge.+Ecolog%C3%ADa+basada+en+zonas+de+vidas.+1967,+San+Jos%C3%A9,+CR.&ots=oOceWzYIFM&sig=Szi-WX\\_9ppx66EtpsHP5IHesfVHs#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=m3Vm2TCjM_MC&oi=fnd&pg=PR9&dq=HOLDRIDGE,+L.+Sistema+de+clasificación+de+zonas+de+vida+de+Holdridge.+Ecolog%C3%ADa+basada+en+zonas+de+vidas.+1967,+San+Jos%C3%A9,+CR.&ots=oOceWzYIFM&sig=Szi-WX_9ppx66EtpsHP5IHesfVHs#v=onepage&q&f=false)
- KAEWPILA, CHATCHAI; KHOTA, WAROON; GUNUN, PONGSATORN; KESORN, PIYAWIT; CHERDTHONG, ANUSORN. Strategic Addition of Different Additives to Improve Silage Fermentation, Aerobic Stability and In Vitro Digestibility of Napier Grasses at Late Maturity Stage. *Agriculture*, v. 10, no. 7, 2020, p. 1-13.  
<https://doi.org/10.3390/agriculture10070262>
- KARLSSON, JOHANNA; RAMIN, MOHAMMAD; KASS, MARKO; LINDBERG, MIKAELA; HOLTENIUS, KJELL. Effects of replacing wheat starch with glycerol on methane emissions, milk production, and feed efficiency in dairy cows fed grass silage-based diets. *Journal of dairy science*, v. 102, n. 9, 2019, p. 7927-7935.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2018-15629>
- MARCOS, CARLOS-NAVARRO; CARRO, MARÍA-DOLORES; FERNÁNDEZ-YEPES, JULIA E.; ARBESU, LESLY; MOLINA-ALCAIDE, EDUARDA. Utilization of Avocado and Mango Fruit Wastes in Multi-Nutrient Blocks for Goats Feeding: In Vitro Evaluation. *Animals*, v. 10, n. 12, 2020, p. 2279.  
<https://doi.org/10.3390/ani10122279>
- MENDOZA, ALEJANDRO; ACOSTA, YAMANDU. Suplementación de vacas a pastoreo con ensilado de grano húmedo de maíz o concentrado comercial. *Veterinaria*, v. 56, no. 214, 2020, p. 1-6.  
[http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-48092020000201301&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-48092020000201301&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- MOJICA R., JOSE-EDWIN; CASTRO R., EDWIN; LEÓN C., JOSE-MAURICIO; CÁRDENAS R., EDGAR-ALBERTO; PABON R., MARTHA-LUCIA; CARULLA F., JUAN-EVANGELISTA. Efecto de la oferta de pasto kikuyo y ensilaje de avena sobre la producción y calidad composicional de la leche bovina. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, v. 10, n.1, 2009, p. 81-90.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449945026008>
- MULLINIKS, JOHN-TRAVIS; BEARD, JOSLYN K.; KING, TASHA M. Invited review: effects of selection for milk production on cow-calf productivity and profitability in beef production systems. *Applied Animal Science*, v. 36, n. 1, 2020, p. 70-77.  
<https://doi.org/10.15232/aas.2019-01883>
- MARTINS, BORGES; ARMIATO, PIMENTA. Antimicrobial and phytotoxicity activities of aqueous crude extract from the Amazonian ethnomedicinal plant *Bellucia grossularioides* (L.) Triana. *Journal of Medicinal Plants Research*, v.10, n. 10, 2016, p. 130-138.  
<https://doi.org/10.5897/JMPR2015.6007>
- ØRSKOV, EGIL-ROBERT; MCDONALD, IAN W. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage". *The Journal of Agricultural Science*, v. 92, n. 2, 1979, p. 499–503.  
<https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>
- PEREIRA-NEVES, MARCOS; MORAIS-JÚNIOR, NILSON-NUNES; CAPUTO-OLIVEIRA, RAFAEL; SALVATI-DE SOUZA, GUSTAVO-GONÇALVES; NOGUEIRA-PEREIRA; RENATA-APOCALYPSE. Methionine precursor effects on lactation performance of dairy cows fed raw or heated soybeans. *Journal of Dairy Science*, v. 104, n. 3, 2021, p. 2996-3007.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2020-18696>
- PLATA-REYES, DALIA-ANDREA; MORALES-ALMARAZ, ERNESTO; MARTÍNEZ-GARCÍA, CARLOS-GALDINO; FLORES-CALVETE, GONZALO; LÓPEZ-GONZÁLEZ, FELIPE; PROSPERO-BERNAL, FERNANDO; VALDEZ-RUIZ, CLAUDIA-LETICIA; ZAMORA-JUÁREZ, YESSICA; ARRIAGA-JORDÁN, CARLOS-

- MANUEL. Milk production and fatty acid profile of dairy cows grazing four grass species pastures during the rainy season in small-scale dairy systems in the highlands of Mexico. *Tropical animal health and production*, v. 50, n. 8, 2018, p. 1797-1805.  
<https://doi.org/10.1007/s11250-018-1621-8> .
- PARVEZ. Pharmacological activities of mango (*Mangifera Indica*): A review. *Journal of Pharmacognosy and phytochemistry*, v. 5, n. 3, 2016, p. 1.  
<https://www.phytojournal.com/archives/2016/vol5issue3/PartA/5-2-21-518.pdf>
- SANCHEZ-SANTILLAN, PAULINO; HERRERA-PEREZ, JERONIMO; TORRES-SALADO, NICOLAS; ALMARAZ-BUENDIA, ISAAC; REYES-VÁZQUEZ, IVÁN; ROJAS-GARCIA, ADELAIDO-RAFAEL; GÓMEZ-TRINIDAD, MARCELINO; CONTRERAS-RAMÍREZ, EDGAR-OCTAVIO; MALDONADO-PERALTA, MARÍA-DE LOS ÁNGELES; MAGADAN-OLMEDO, FILIBERTO. Chemical composition, and in vitro fermentation of ripe mango silage with molasses. *Agroforestry Systems*, v. 94, 2019, 1511–1519.  
<https://doi.org/10.1007/s10457-019-00442-z>
- SUPRATMAN, HERY; RIFQI-ISMIRAJ, MUHAMMAD; MAYASARI, NOVI. Effects of probiotic supplementation to diets on apparent fibre digestibility in Indonesian thin-tailed rams. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A—Animal Science*, v. 69, n. 4, 2020, p. 233-238.  
<https://doi.org/10.1080/09064702.2020.1807594>
- SULEIMAN, BOLANIE. Effects of fermentation on the nutritional status of *Crescentia cujete* L. seed and its potentiality as aqua feedstuff. *Animal Research International*, v. 16, n.1, 2019, p. 3207-3212.  
<https://www.ajol.info/index.php/ari/article/view/186608>
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*, v, 18, n. 2, 1963, p. 104–11.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>.
- UNITED STATES OF AMERICA. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*. 21a ed. Gaithersburg (USA): 2019.
- VAN SOEST, PETER J.; ROBERTSON, JAMES B.; LEWIS, BETTYA. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, v. 74, n. 10, 1991, p 3583–3597.  
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- YUSTE, SUSANA; ZOUGARENE, ZAHIA; DE LA FUENTE, GABRIEL; FONDEVILA, MANUEL; DE LA VEGA, ANTONIO. Effects of partial substitution of barley with maize and sugar beet pulp on growth performance, rumen fermentation and microbial diversity shift of beef calves during transition from a milk and pasture regimen to a high-concentrate diet. *Livestock Science*, v. 238, 2020, p.104071.  
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104071>
- ZHANG, JUN; ZHENG, NAN; SHEN, WEIJUN; ZHAO, SHENGGUO; WANG, JIAQI. Synchrony degree of dietary energy and nitrogen release influences microbial community, fermentation, and protein synthesis in a rumen simulation system. *Microorganisms*, v. 8, n. 2, 2020, p. 231.  
<https://doi.org/10.3390/microorganisms8020231>
- ZSCHIESCHE, MARLEEN; MENSCHING, ANDRÉ; REZA, SHARIFI; HUMMEL, JÜRGEN. The Milk Fat-to-Protein Ratio as Indicator for Ruminal pH Parameters in Dairy Cows: A Meta-Analysis. *Dairy*, v. 1, n, 3, 2020, p. 259-268.  
<https://doi.org/10.3390/dairy1030017>