



UNIVERSIDAD FEDERAL RURAL DEL SEMIÁRIDO
DECANO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
PROGRAMA DE POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL

SALVADOR AUGUSTO RUFINO GONZÁLEZ CHACÓN

**CARACTERIZACIÓN DEL ENSILAJE DE SORGO (*SORGHUM BICOLOR* (L.)
MOENCH) CON ADICIÓN DE CASCARA DE PIÑA.**

MOSSORÓ

2022

SALVADOR AUGUSTO RUFINO GONZÁLEZ CHACÓN

**CARACTERIZACIÓN DEL ENSILAJE DE SORGO (*SORGHUM BICOLOR (L.)
MOENCH*) CON ADICIÓN DE CASCARA DE PIÑA.)**

Tesis de grado presentada a la maestría en producción animal del programa de post grado en Producción Animal de la Universidad Federal Rural del Semiárido como requisito para obtención del título de Magister en Producción Animal.

Línea de Investigación: Producción de Rumiantes y Forragicultura.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Patrícia de Oliveira Lima.

Coorientador: Prof. Dr. Lerner Arévalo Pinedo.

Coorientador: Prof^a. Dr^a. Liz Carolina Da Silva Lagos Cortes Asis.

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

CC431 Chacon, Salvador Gonzalez.
c Caracterización del ensilaje de Sorgo (Sorghum
Bicolor (L.) Moench) con adición de cascara de
Piña. / Salvador Gonzalez Chacon. - 2022.
41 f. : il.

Orientadora: Patricia De Oliveira Lima.
Coorientador: Lerner Arevalo Pinedo.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Produção Animal, 2022.

1. subproductos. 2. conservación de forrajes.
3. fermentación. 4. rumiantes. I. De Oliveira
Lima, Patricia , orient. II. Arevalo Pinedo,
Lerner, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

**CARACTERIZACIÓN DEL ENSILAJE DE SORGO (*SORGHUM BICOLOR* (L.)
MOENCH) CON ADICIÓN DE CASCARA DE PIÑA.)**

Tesis de grado presentada a la maestría en producción animal del programa de post grado en Producción Animal de la Universidad Federal Rural del Semiárido como requisito para obtención del título de Magister en Producción Animal.

Línea de Investigación: Producción de Rumiantes y Forragicultura.

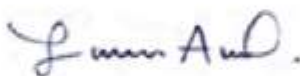
Defendido em: 15/02/2022

BANCA EXAMINADORA

**PATRICIA DE
OLIVEIRA
LIMA:76517780491**

Assinado de forma digital por
PATRICIA DE OLIVEIRA
LIMA:76517780491
Dados: 2022.02.15 21:48:52 -03'00'

Prof^a. Dra. Patrícia de Oliveira Lima
Orientadora



Prof. Dr. Lerner Arevalo Pinedo
Co-orientador

**LIZ CAROLINA DA SILVA
LAGOS CORTES
ASSIS:02544837470**

Assinado de forma digital por LIZ
CAROLINA DA SILVA LAGOS
CORTES ASSIS:02544837470
Dados: 2022.02.15 22:02:07 -03'00'

Prof^a. Dra. Liz Carolina da Silva Lagos Cortes Assis
Co-orientadora

A mi mamá María Marlene Chacón, que en el año 2021 me enseñó que con Fé nada es imposible.

Dedicatória

AGRADECIMENTOS

En primer lugar, agradezco a dios por permitirme ser su instrumento y contribuir con esta investigación a la gran obra. Agradezco a mi familia por siempre creer en mí y darme apoyo cuando lo necesite. Agradezco a mi gran amor, Dalia Francheska Márquez Añez, por estar siempre a mi lado en los buenos momentos y ser siempre luz en los momentos más difíciles. Agradezco a la OEA por permitirme ser parte de esta gran iniciativa, de igual forma al gobierno de Brasil y a todas sus instituciones por la gran bienvenida que tuve desde mi arribo a la República Federativa do Brasil.

Me siento inmensamente agradecido con la Universidad Federal Rural del Semiárido, pues fueron mi brújula y mi guía en un momento en que sentí que mi vida estaba perdiendo el rumbo, la UFERSA me recibió como un hijo más y en plena pandemia del covid19, me dio un techo. Agradezco a todos los funcionarios de UFERSA que estuvieron siempre atentos a las necesidades que surgieron en la residencia estudiantil y hago un agradecimiento muy especial al cuerpo docente, a todos mis profesores, hago una mención especial a los profesores: Prof^a. Dra. Patrícia de Oliveira Lima, que desde mi llegada al Brasil estuvo atenta a lo que necesite, al Prof. Dr. Lerner Arévalo Pinedo por todo su apoyo académico y amistad, a la Prof. Dr^a Liz Carolina Da Silva Lagos Cortes Assis por su gran apoyo académico. Agradezco a la oficina de relaciones internacionales de UFERSA y a los Profs. Drs Jean Berg Alves da Silva e Daniel Valadão Silva, por el gran apoyo en todo momento. ¡Gracias a todos!

*Vivat Academia, vivant professores.
Vivat membrum quodlibet,
semper sint in flore.*

“Tan solo por la educación puede el hombre llegar a ser hombre. El hombre no es más que lo que la educación hace de él.” KANT.

RESUMEN

La fabricación de ensilaje para la alimentación de rumiantes en tiempos de escasez, se utiliza cada día más. Los subproductos de la agroindustria se presentan como ingredientes nutritivos alternativos, brindando rentabilidad y sustentabilidad a los sistemas productivos agrícolas, generando la oportunidad de convertir ingredientes de bajo costo y generalmente desechos, en ingredientes para la alimentación animal o parte del ensilaje. En este contexto, el objetivo de esta investigación fue Caracterizar el valor nutricional y los aspectos bromatológicos del ensilaje de sorgo forrajero con diferentes niveles de inclusión del coproducto cáscara de piña. Los tratamientos fueron: SCA 0 - 100% sorgo; SCA20 - 80% sorgo + 20% cáscara de piña; SCA40 - 60% sorgo + 40% cáscara de piña; SCA60 - 40% sorgo + 60% cáscara de piña; SCA80 - 20% sorgo + 80% cáscara de piña. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con cinco tratamientos y cinco repeticiones. La cosecha del sorgo se realizó en la fase de maduración, 100 (cien) días después de la siembra, en la etapa de grano pastoso y se utilizó como coproducto la cáscara de piña, ambos picados hasta un tamaño de partícula de 1,5 cm, para proceder al ensilado. Se utilizaron como silos experimentales cubetas de polietileno con capacidad de 3,5 litros. Los silos se almacenaron verticalmente en un lugar protegido y se abrieron a los 65 días, donde se pesaron nuevamente, se homogeneizaron y se tomaron muestras para determinar los niveles de: materia seca (MS), Proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), carbohidrato soluble (CHOs), nutrientes digeribles totales (NDT), perfil fermentativo y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS). Se concluyó que el uso del tratamiento SCA80 mejoró la composición química, el perfil fermentativo y también la DIVMS del ensilaje de sorgo mezclado con cáscara de piña.

Palabras clave: Subproductos, conservación de forrajes, fermentación, rumiantes.

ABSTRACT

The manufacture of silage for feeding ruminants in times of scarcity is used more and more every day. Agribusiness by-products are presented as alternative nutritional ingredients, providing profitability and sustainability to agricultural production systems, creating the opportunity to convert low-cost and generally waste ingredients into ingredients for animal feed or part of the silage. In this context, the objective of this research was to characterize the nutritional value and bromatological aspects of forage sorghum silage with different levels of inclusion of the co-product pineapple peel. The treatments were: SCA 0 - 100% sorghum; SCA20 - 80% sorghum + 20% pineapple peel; SCA40 - 60% sorghum + 40% pineapple peel; SCA60 - 40% sorghum + 60% pineapple peel; SCA80 - 20% sorghum + 80% pineapple peel. The experimental design used was completely randomized, with five treatments and five repetitions. The sorghum harvest was carried out in the maturation phase, 100 (one hundred) days after sowing, in the pasty grain stage and pineapple peel was used as a co-product, both chopped to a particle size of 1.5 cm, to proceed to the silage. Polyethylene buckets with a capacity of 3.5 liters were used as experimental silos. The silos were stored vertically in a protected place and opened after 65 days, where they were weighed again, homogenized and samples were taken to determine the levels of: dry matter (DM), crude protein (CP), fat (F), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), soluble carbohydrate (CHOs), total digestible nutrients (TDN), fermentation profile and in vitro digestibility of dry matter (IVDDM). It was concluded that the use of the SCA80 treatment improved the chemical composition, the fermentative profile and also the IVDDM of the sorghum silage mixed with pineapple husk.

Keywords: By-products, forage conservation, fermentation, ruminants.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Parámetros utilizados para evaluar la calidad del ensilaje.....	16-17
Tabla 2.	Composición bromatológica (%) de determinados híbridos de sorgo para ensilaje.....	17
Tabla 3.	Composición nutricional del coproducto cáscara de piña %.....	23
Tabla 4.	Contenido medio de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FAD), carbohidratos solubles (CHO's) y nutrientes digestibles totales de ensilaje de sorgo adicionado con cáscara de piña.....	27
Tabla 5.	Promedio (pH), nitrógeno amoniacal (N-NH ₃), ácido acético (AA), ácido propiónico (AP), ácido butírico (AB), ácido láctico (AL), pérdidas de materia seca (DMS), pérdidas de efluentes (PE) y pérdidas de gas (PG) del ensilaje de sorgo con cáscara de piña.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

AB	Ácido butírico
AC	Ácido acético
AL	Ácido láctico
AP	Ácido propionico
CEL	Celulosa
EE	Extracto Etéreo
FDA	Fibra Detergente Ácida
FDN	Fibra Detergente Neutra
ha	Hectárea
HEM	Hemicelulosa
LIG	Lignina
MS	Materia Seca
NDT	Nutrientes digestíbles totales
N-NH ₃	Nitrógeno amoniacal
PB	Proteína Bruta
PE	Perdidas por efluentes
PG	Perdidas por gases
pH	Potencial Hidrogenico
PMS	Perdidas de materia seca

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1 El sorgo en la nutrición animal.....	14
2.3 La Piña y sus derivados en la alimentación de rumiantes	18
3. MATERIALES Y METODOS	23
3.1 Fabricación del material ensilado	23
3.2 Medición de pérdidas de ensilaje.....	23
3.3 Análisis bromatológicos.....	24
3.4 Análisis estadístico	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1 Características bromatológicas del ensilaje mixto de sorgo con diferentes niveles de inclusión de cáscara de piña.....	26
4.2 Perfil fermentativo del ensilaje de sorgo con cáscara de piña.....	31
5. CONCLUSIÓN	34
REFERENCIAS.....	34
ANEXO A - Características bromatológicas del ensilaje de sorgo con diferentes niveles de inclusión de cáscara de piña.....	41-42
ANEXO B - Perfil fermentativo del ensilaje de sorgo con cáscara de piña.....	42-43

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del sector hortofrutícola, Brasil es el tercer mayor productor de frutas del mundo, después de India y China. (ICEX 2020). Responsable del 4,6% del volumen cosechado, con una producción de 39,9 millones de toneladas y cosechas importantes de Naranja, Plátano, Sandía, Piña y Uva. (DERAL 2020). Durante el procesamiento agroindustrial de estas frutas para la elaboración de jugos, pulpas y dulces, se genera una gran cantidad de coproductos, lo que representa una pérdida de ingresos para la industria, ya que, puede ocasionar el surgimiento de problemas ambientales debido a la deposición de materiales, lo que muchas veces sucede sin ningún tipo de criterio. La mayoría de los subproductos resultantes del procesamiento de la fruta tienen un valor nutricional considerable, sin embargo, por desconocimiento o poco conocimiento, no son aprovechados y aparecen como una opción para componer la dieta de los animales. Una opción sería su inclusión en la dieta de los rumiantes, los cuales, a través de la población microbiana presente en el rumen, tienen la capacidad de convertir estos coproductos, fuentes de fibra, energía, proteína y otros compuestos nutricionales necesarios para el organismo. (SILVA et al., 2017).

La estacionalidad de la producción de frutas tropicales, junto con la necesidad de encontrar una alternativa sustentable para el aprovechamiento de sus residuos y reducir su efecto contaminante, son limitantes que permiten su uso en forma de ensilaje para la alimentación animal. Las investigaciones muestran que, en niveles adecuados, los subproductos de frutas pueden reemplazar alimentos incluso concentrados tradicionales, como el maíz y la harina de soya (GÚZMAN et al., 2012). Sin embargo, el uso de subproductos de frutas en la alimentación animal depende de varios factores: limitaciones nutricionales, ya que se caracterizan por tener un alto contenido en componentes de la fracción fibrosa, bajo contenido de compuestos nitrogenados, en consecuencia, bajo consumo voluntario. En este sentido, la importancia de conocer el valor nutricional de estos alimentos como ingredientes permitirá un uso más racional de los mismos en la dieta de los rumiantes (SIMOES DA CRUZ et al., 2013), además de poder ser incorporados en técnicas de conservación de forrajes, como ensilaje, para mejorar el valor nutritivo de materiales como el sorgo.

Según Lima (2014), el sorgo se puede utilizar tanto para la producción de cereales, como para pastos en verde o forrajes conservados en forma de ensilaje o heno. Es un cultivo que produce ensilajes con buenas características fermentativas y se destaca por tener una adecuada concentración de carbohidratos solubles, indispensables para la fermentación láctica. Después del maíz, es el cultivo anual más importante para la producción de ensilaje, económicamente

viable (alta producción por unidad de área), tiene buen valor energético y contenido proteico promedio en torno al 8% (VALADADES, et al. 2006).

Según Lima (2014), otra característica importante del sorgo es una buena adaptación a diferentes condiciones de clima y suelo. El ensilaje de sorgo tiene una importancia estratégica, ya que cuando se produce con base en los principios básicos para obtener un ensilaje de buena calidad, tiene un valor nutricional comparable al del ensilaje de maíz y con la principal ventaja de menores costos de producción, ya que la productividad del sorgo es superior a la del maíz.

En este sentido, planificar el aprovechamiento de los alimentos de manera integral es un movimiento que ha ido cobrando fuerza en el ámbito industrial, aprovechando partes de los alimentos consideradas no comestibles como materia prima para nuevas preparaciones, la medida es sostenible frente al desperdicio alimentario en el país, suman beneficios nutricionales y ambientales, estimulando el crecimiento económico, debido al menor costo de compra de alimentos y la posibilidad de generar nuevos empleos (GALINDO, 2014).

Evaluando el tema y la necesidad de producir alimentos de calidad para los rumiantes, el objetivo de este estudio fue evaluar científicamente el valor nutricional de la preparación de ensilaje de sorgo forrajero con la inclusión de cáscara de piña, así como evaluar el perfil fermentativo de los ensilajes.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 El sorgo en la nutrición animal

Según el INTA (2011), el sorgo es una gramínea de origen tropical que se ha ido adaptando, mediante mejoramiento genético, a una gran diversidad de ambientes, siendo considerado uno de los cultivos clave en la seguridad alimentaria mundial. Además, el sorgo cuenta con una estrategia de latencia que le permite suspender el crecimiento hasta que se restablezcan las condiciones favorables. Por otro lado, sus posibles usos para la alimentación del ganado son muy variados, pudiendo utilizarse como rebrote de verano, subpastoreo directo o tardío, como reserva en forma de silo de granos húmedos y planta entera o como concentrado. Como todas las especies destinadas a la producción de forraje, el sorgo necesita establecerse en condiciones edafoclimáticas adecuadas a su estado, donde es absolutamente necesario respetar los requerimientos de temperatura, tiempo de siembra y preparación del suelo. Además, es necesario definir el híbrido apropiado para el área de siembra y desarrollar prácticas de cosecha respetando las restricciones para consumo animal. (DEMANET y CANALES, 2020).

El ensilaje de sorgo es una reserva que proporciona un gran volumen de forraje in natura, pero tiene un aporte limitado de proteína y en muchos casos también de energía. El híbrido a

elegir para hacer el ensilaje debe ser del tipo sorgo dulce, ensilaje BMR o ensilaje de doble propósito, para obtener un buen equilibrio entre cantidad y calidad de forraje (INTA, 2011). Cuando se cosecha con grano lechoso (29% MS), su composición muestra alrededor de 10% CHO's y 50% FDN en MS, y después de 30 días de fermentación el ensilaje puede tener todavía un valor de 10% CHO's en MS. (MULBACH, 2002).

La ventaja de esta alternativa en relación a la producción de maíz para ensilaje es la menor necesidad de agua y mayor tolerancia a condiciones de estrés. La calidad y la producción se mantienen estables durante el período de cosecha y existe un buen equilibrio entre el contenido de azúcar en el tallo y la productividad del grano. Al comparar el sorgo con el maíz, parece que ambos logran rendimientos de materia seca similares, pero difieren en la calidad nutricional. La mayor diferencia se encuentra en el valor energético, concretamente, en el contenido de almidón, que en el sorgo no supera el 18% en el corte de ensilado, mientras que el maíz alcanza fácilmente valores superiores al 30%. (DEMANET y CANALES, 2020).

El sorgo es un cultivo estacional y la única forma de conservar la planta entera para la alimentación del ganado es mediante el ensilado. Para tener éxito en el ensilaje y obtener un producto de alta calidad, se deben comprender las características de la planta, como la digestibilidad, ya que algunas partes de la planta que son poco digeribles reducen el valor nutricional total. Muchas de estas partes tienen un alto contenido de componentes de la pared celular, principalmente lignina, que predomina en el tallo. Por lo tanto, reducir la proporción de tallo de caña aumenta la digestibilidad, por lo que se prefieren las variedades enanas. (ASHBELL y WEINGBERG, 2001.)

Según el INTA, 2011. El ensilaje de sorgo, desde el punto de vista nutricional, tiene limitaciones en cuanto al contenido proteico. En este sentido, su uso eficiente, en el caso de un (ternero destetado) debe darse con algún suplemento proteico, ya que los valores proteicos del ensilado del 6 al 8%, en general, no cubren el alto requerimiento proteico que esta categoría se presenta como consecuencia de la formación de tejido óseo y muscular. Para el engorde, la situación es diferente (animales que superan los 260 - 280 kg de peso vivo), al invertirse las necesidades, la energía para la formación de tejido adiposo pasa a ser prioritaria, mientras que el aporte proteico también es necesario, aunque en menos que el primer caso. Teniendo en cuenta el requerimiento energético de esta categoría y dependiendo del valor energético del ensilaje (2,4 - 2,6 Mcal EM/kgMS), puede ser necesario incorporar algún concentrado energético, "grano".

En el caso de la vaca, el sorgo puede tener diferentes impactos en la nutrición dependiendo del momento fisiológico en el que se encuentre el rumen. Si pensamos en el sorgo

como único alimento de esta categoría, podríamos señalar uno diferido, para otoño/invierno e incluso en parto/lactancia, donde necesariamente debemos complementar la base diferida con proteína y energía debido a los altos requerimientos de esta fase durante el período posterior al destete y hasta el momento mencionado, el ensilado por sí solo puede ser un buen alimento para el mantenimiento de la preñes. Esto siempre que la vaca esté en buena condición corporal, es decir, condición corporal no inferior a 3 (escala de 1 a 5).

Según López Ovando (2018) el momento óptimo de forraje puede variar, pero lo normal es utilizar forrajes con 65-70% de humedad de cultivo, o 30-35% de MS. El momento ideal para el corte es cuando el grano está lechoso-pastoso, cuando hay mayor cantidad de carbohidratos útiles en el proceso de ensilado (CHEVEZ SANABRIA y ESPINOZA TREMINIO, 2010). Además del estado del grano, el estado fenológico de la planta es un indicador muy importante para determinar el tiempo límite. (SÁNCHEZ PEÑA y ZELEDÓN CHAVARRIA, 2019).

Según el INTA (2011), comparando diferentes etapas de corte del sorgo (E7, E8, E9), se encontró que en la etapa E9, la madurez fisiológica del grano, es donde se encuentran los mejores valores de MS y FAD siendo 28.29% y 31,10 % respectivamente. A medida que aumenta el contenido de agua de la planta, los valores de FAD disminuirán. El tamaño de corte correcto es de aproximadamente 15 mm, con el grano dividido entre 7 y 12 % de partículas mayores de 25 a 25 mm, pero nunca mayores de 80 mm. Una molienda menor de 8 mm tiene un índice de aprobación ruminal muy alto, lo que puede provocar una falta de eficiencia en el uso de los nutrientes. Además, es necesario disponer de una cantidad de partículas superior a 25 mm, es importante en situaciones en las que los animales sólo consumen este recurso (fibra eficaz), evitando posibles problemas de acidosis.

Tabla 1. Parámetros utilizados para evaluar la calidad del ensilaje:

Parámetros	Muy buena	Buena	Media	Mala
MS (%)	30 a 35	25 a 30	20 a 25	< 20
pH	3,8	3,8 a 4,2	4,2 a 4,6	> 4,6
DIVMS (%)	> 65	50 a 65	40 a 50	< 40
Ácido láctico (%)	5	3 a 5	2 a 3	< 2,0
Ácido acético (%)	2	2 a 2,5	> 2,5	-
Ácido butírico (%)	0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 0,4	> 0,2

Adaptado por NOGUEIRA (1995).

Tabla 2. Composición química (%) de ciertos híbridos de sorgo para ensilaje.

Híbridos	Parâmetros			
	MS	PB	FDN	FDA
BRS 610	22,86c	6,97b	50,28ab	41,48 ^a
CMS 762	27,71b	7,78a	48,45b	40,06 ^a
BR 506	24,82c	4,85c	37,29c	38,75 ^a
BR 700	31,51 ^a	7,34ab	53,05a	33,82c

Fonte: Valadares Filho et al. (2006).

2.2 Productos alternativos en la alimentación de rumiantes

Según Núñez y Marcos (2019), se presenta la formulación de dietas a base de coproductos agroindustriales (especies forrajeras de árboles y arbustos y residuos de cosechas agrícolas post-cosecha), para la alimentación de rumiantes como una alternativa viable para mejorar la producción, uso y manejo de dietas en la alimentación de rumiantes, reduciendo la formación de gases de efecto invernadero. Los datos preliminares indican que el comercio de las principales frutas tropicales alcanzó un nuevo máximo de 7,7 millones de toneladas en 2019, lo que representó un aumento del 6,4 %, o 465 000 toneladas, con respecto al año anterior (FAO, 2020a). La piña ocupó el segundo lugar en la producción mundial gracias a la robusta demanda internacional, atendida principalmente por Costa Rica, el mayor productor y exportador mundial de piña, y el importante consumo interno de Brasil, el segundo mayor productor (FAO, 2020b).

En este orden de ideas, Pereira (2018), dice que luego de procesar la fruta para la elaboración de nuevos productos, como jugos y dulces, se obtiene cerca del 40% de los residuos de frutas como maracuyá, acerola, mango y marañón. Estos residuos suelen desecharse, pero pueden utilizarse como fuentes de nutrientes alternativos, aumentando el valor nutritivo de la dieta. Para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales en la alimentación animal es necesario conocer su valor nutritivo además de determinar la factibilidad de su inclusión como fuentes alternativas de alimentación, además de cuantificar la respuesta animal en términos de palatabilidad, desempeño productivo y económico. La incorporación de estos coproductos en la dieta de los animales es escasa, principalmente por el desconocimiento de su composición química y los niveles adecuados de utilización en la elaboración de dietas para animales

principalmente en rumiantes, así como por sus ventajas económicas e impacto biológico en la producción animal (BERTIPAGLIA et al., 2000).

Según el Cyted (2016), una de las demandas hacia las que convergen los sectores productivo, económico y ambiental es la posibilidad de utilizar hortalizas y frutas frescas, consideradas no estándar por la normativa comercial, como insumos para nuevos sistemas productivos. Actualmente, los productos descartados por no cumplir con el estándar se desechan con mayor frecuencia y los vertederos aumentan. La necesidad de utilizar estos productos es indiscutible, no solo desde el punto de vista económico para el productor, sino también desde el punto de vista ambiental, si se calculara la huella hídrica o de carbono de los productos que se desechan, sería una obligación hacer, por tanto, su uso en sistemas de producción alternativos. En este tipo de ensilaje se deben respetar los mismos principios que se aplican para hacer un buen ensilaje de forrajes verdes. Es fundamental asegurarse de que el ensilaje esté bien cerrado para crear un ambiente anaeróbico; es igualmente importante asegurar una buena fermentación que produzca suficiente ácido orgánico natural para inhibir el crecimiento de microorganismos dañinos el ensilaje que fermente bien y alcance rápidamente un valor de pH bajo inhibirá el desarrollo de toda actividad biológica. De esta forma, se garantiza la conservación del material ensilado con la mínima pérdida de nutrientes y evitando cambios nocivos en la composición química del sustrato. (CHENDLY y LEE, 2001)

2.3 La Piña y sus derivados en la alimentación de rumiantes

Las diferentes especies de piña son originarias de América del Sur, más concretamente de un vasto cuadrilátero que abarca Brasil, el norte de Argentina y Paraguay (cuencas de los ríos Paraná y Paraguay). Esta zona no excluye una mayor diseminación de especies silvestres, que pueden llegar a Venezuela. El intercambio entre las tribus de los frutos más interesantes para el consumo pudo haber favorecido su progresiva difusión hacia la América peninsular y el Caribe. El momento de su descubrimiento por parte del mundo occidental se remonta a la segunda expedición de Cristóbal Colón a América, cuando desembarcó en una de las islas del Caribe (INFOCOMM, 2018). El cultivo de la piña genera una cantidad importante de subproductos por hectárea que se pueden conservar y utilizar para alimentar a los rumiantes. Los subproductos del cultivo de la piña tienen una composición nutricional similar a los forrajes utilizados en los sistemas ganaderos y que pueden ser conservados mediante la técnica del ensilaje para su posterior aprovechamiento (LÓPEZ et al., 2014).

La piña es parte de la familia de las bromelias y los tipos cultivados pertenecen al género *Ananas* que incluye varias especies, incluida *Ananas comosus*, que se explota con fines

comerciales. Las principales variedades se clasifican en cinco grupos según sus hábitos de crecimiento, forma del fruto, características de la pulpa y morfología de la hoja y se han extendido por todo el mundo en función de su capacidad de adaptación a las condiciones climáticas locales: Cayena, Española, Queen, Pernambuco y Perolera (INFOCOMM, 2018).

Las piñas son muy sensibles a las inundaciones, lo que puede dificultar su crecimiento y producción. Por tanto, unas buenas condiciones de aireación y drenaje del suelo son requisitos básicos para su cultivo, favoreciendo el desarrollo del sistema radicular de la planta, normalmente frágil y concentrado en los primeros 15 cm a 20 cm del suelo. Además de comprometer directamente el desarrollo de la piña, las malas condiciones de drenaje también favorecen la pudrición de la raíz y la muerte de la planta, provocada por hongos del género *Phytophthora* (REINHARDT et al., 2000).

Es importante identificar las enfermedades presentes en el cultivo mediante el monitoreo fitosanitario para una buena decisión de manejo. El seguimiento se realiza mediante un recorrido de campo, en el que se examina el 10% de las plantas. Las pistas pueden ser aleatorias, en zigzag, en forma de X, en forma de W o sistemáticas. Lo recomendado en un cultivo de piña es la vía sistemática. Dependiendo de la incidencia de la enfermedad, la frecuencia de seguimiento puede ser semanal o quincenal. Este procedimiento asegura que cada 2, 3 o 4 meses (dependiendo del área de cultivo) se cubra toda el área sembrada. En cada monitoreo se aleatorizan uno o dos canteros por bloque, se realiza una inspección visual dentro del cultivo, se revisan síntomas relacionados con enfermedades que puedan presentarse y se registra en el formato de seguimiento fitosanitario el número de plantas afectadas por cantero/bloque (RÍOS et al., 2019).

Además del consumo, la piña puede ser procesada para extraer jugo, fruta en almíbar o en lata, entre otros; presentando un aprovechamiento promedio del 30 al 40% del procesamiento de la fruta. La piña está bastante presente en las regiones norte, noreste y sureste, constituida por la cáscara, corona, raíces y astillas, además de la pulpa si se extrae el jugo (SIMOES DA CRUZ et al., 2013).

El ensilaje de coproductos es una técnica sencilla y eficaz; Es un procedimiento adecuado y eficiente al alcance de los productores y familias rurales para mejorar el aprovechamiento de sus recursos externos. Los residuos de frutas tienen un gran potencial, con un alto contenido de azúcar. El ensilaje es el método más adecuado para su conservación, con el objetivo de garantizar una buena fermentación, mejorando la calidad (CHEDLY y LEE, 2001).

Al utilizar subproductos de piña frescos y ensilar con inclusión de subproductos de piña (Rodrigues y Peixoto. 1990), obtuvieron coeficientes de digestibilidad FDA y FDN de 73.6 y 81.3%, respectivamente. Oliveira et al. (2002), estudiando las características nutricionales de ensilajes de pasto elefante con niveles de inclusión de residuos de cultivo secos de piña, encontraron que los residuos de piña podrían mejorar su calidad nutricional cuando el contenido de MS del ensilaje es del 15,6% al 28,9% con la adición del 20% del residuo. En cuanto al contenido de PB, no hubo gran variación en este porcentaje, oscilando entre 8,4% y 9,5% cuando se utilizó el nivel máximo de inclusión. Para los valores FDA y NDF encontraron una reducción de 48,4 a 37,1% y de 73,3 a 63,9%, respectivamente.

Elizondo e Campos (2014), realizó un análisis bromatológico del ensilaje de cáscara de piña y el resultado con los siguientes parámetros: pH= 3.30; ME%= 13,83; PC%=7,51; CENIZAS%= 4,02; FDN%=50,49; FDA%=31,86; ON%=12,45; CEL%=19,41; %HEM= 18,63.

Rodrigues y Peixoto (1990), evaluaron las formas de conservación de los residuos (al aire libre, ensilaje y heno), la composición química en el experimento con 2 niveles de residuos en ensilajes mixtos y en forma de heno, en el comportamiento y digestibilidad de los ovinos. El aporte promedio de materia seca de los ensilajes varió de 80.5 a 95.83 g/UTM, ganancia de peso diaria de 0.173 a 200 g, conversión alimenticia de 5.2 kg MS/kg de ganancia de peso. Los coeficientes promedio de digestibilidad aparente fueron 63.80; 63,14; 58,40; 67.60 y 56.85% para materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido, respectivamente. El residuo de piña mostró similitud en composición química, en las formas de conservación estudiadas. El sustrato incrementó el contenido de materia seca y proteína cruda de los ensilajes, proporcionando ensilajes de buena calidad. Según ellos, el residuo de piña presentó un buen desempeño en la nutrición de los ovinos y representa una alternativa viable para la alimentación de los ovinos en la región semiárida en las formas de conservación evaluadas.

Oliveira Filho et al. (2002), se profundizaron en el tema del ensilaje del subproducto de la piña, esta vez mezclado con pasto elefante, deduciendo lo siguiente: 15% y 20% de inclusión como subproducto del procesamiento de la piña. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. A los 30 días se abrieron los silos (100 x 340,0 mm) y se determinó el contenido de materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FAD), hemicelulosa (HC) y pH de los ensilajes. La adición del subproducto piña disminuyó los niveles de FDN y FDA y aumentó los niveles de HC y PB, principalmente al nivel del 20% de la adición de subproductos. Se observó que los tratamientos de 15% y 20%

alcanzaron niveles cercanos al mínimo de 30% MS. La adición del subproducto no modificó los valores de pH en los ensilajes de pasto elefante. Se concluye que la adición de subproducto de piña mejora el valor nutritivo del ensilaje de pasto elefante y mejora la calidad del material del ensilaje, manteniendo la calidad de fermentación del ensilaje, ya que los valores de pH se encuentran en el rango de 3.8. 4.2, que tiene un ensilado bien fermentado.

La composición nutricional de la cáscara de piña ensilada con cantidades crecientes de urea y heno para uso potencial en la alimentación de novillos y de los otros rumiantes (Elizondo e Campos, 2014). El diseño experimental fue en bloques con tres repeticiones y seis tratamientos en un esquema factorial 2 x 3. El primer factor correspondió a dos niveles de inclusión de urea (0 y 1%) y el segundo a tres niveles de inclusión de heno transvala (*Digitaria decumbens* Stent., Cv. Transvala) (0, 2 y 4%), lo que resultó en seis tratamientos, a saber: 1: Cáscara de piña + 0% urea + 0% heno, 2: Cáscara de piña + 0% urea + 2% heno, 3: cáscara de piña + 0% urea + 4% heno, 4: cáscara de piña + 1% urea + 0% heno, 5: cáscara de piña + 1% urea + 2% heno, 6: cáscara de piña + 1% urea + 4% heno. La cáscara de piña fresca con o sin aditivos (heno y/o urea) tiene características favorables para ser ensilada. Cuando se agrega heno, la concentración de materia seca aumenta significativamente.

La piña es una fruta comercialmente importante cultivada en países asiáticos y africanos. El residuo de piña (PFR) representa más del 65% de las frutas procesadas y su eliminación es un problema importante debido al alto contenido de humedad y azúcar que lo predispone al crecimiento y deterioro con hongos (Nisarani Kollurappa, et al. 2015). Adoptaron la técnica del ensilaje para resolver este problema se evaluó, junto al valor alimenticio del ensilaje PFR. Se observó que al día 15 el pH del ensilaje PFR fue de 4,2 a 4,3 y el contenido de ácido láctico fue de 6 a 8% (MS base). El valor nutricional en términos de energía y minerales fue superior al del maíz forrajero verde. La prueba de alimentación en dos grupos de ovejas con 10 en cada grupo alimentadas con una ración mixta total (TMR) que comprende 62 % PFR/ensilaje de maíz y 48 % de mezcla concentrada (base MS) durante un período de 75 días no mostró efectos adversos sobre los nutrientes.

Los autores señalan que, el rendimiento general fue similar al de las ovejas alimentadas con TMR con ensilaje de forraje de maíz verde. La alimentación con ensilaje PFR que reemplazó al forraje híbrido verde napier en dos grupos de vacas con ocho en cada grupo mostró una mejora en la producción diaria promedio de leche de 3,0 litros por vaca y el contenido de grasa en 0,6 U alimentadas con ensilaje PFR basado en TMR en comparación a vacas alimentadas con napier híbrido TMR a base de forrajes verdes. En ambos estudios (ovinos o bovinos), no hubo evidencia de trastornos metabólicos o relacionados con la salud que indicaran

que el ensilado PFR se utilizó de manera efectiva. Los desechos de piña que se desperdiciaban anteriormente se convirtieron con éxito en ensilaje y se descubrió que eran una alternativa valiosa al forraje verde convencional. El ensilaje PFR no solo mejoró la economía de alimentación, sino que también ayudó a superar el problema de la eliminación.

En la investigación nutricional con ensilaje de residuos de piña. El objetivo que perseguían era determinar el efecto de la alimentación con ensilaje residual de piña (PWS) como fuente de forraje para reemplazar el ensilaje de pasto Napier (NGS) sobre la ingesta de nutrientes, el estado energético y el crecimiento del ganado local en Myanmar (Yin Yin Kyawt, et al., 2020). Los investigadores asignaron al azar el número creciente de ganado en Myanmar en dos grupos, que se ajustan por tamaño, sexo y peso corporal. Los tratamientos fueron control (70% NGS + 30% concentrado) y PWS (45% NGS + 25% PWS + 30% concentrado). Este experimento duró 6 semanas, incluida la adaptación y la ingesta de alimentos, el estado energético y el rango de peso corporal medido. Como resultado, observaron que los mayores consumos ($p < 0,05$) de materia seca, proteína bruta, carbohidratos no fibrosos, fibra detergente neutra y balance energético se observan en el grupo PSW. El peso corporal inicial y final de ambos grupos no fue diferente ($p > 0,05$), el rango de peso corporal en el rango medio diario fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en el grupo PSW que en el grupo control. Un alimento PWS como fuente de forraje con el 25 % de la dieta mejoró la ingesta de nutrientes, el balance energético y/o la ganancia de peso corporal en ganado en crecimiento ubicado en Myanmar. Los autores concluyen que PWS podría usarse como fuente de reemplazo de forraje NGS en Myanmar logrando un mejor desempeño productivo.

Tabla 3. Composición nutricional del coproducto cáscara de piña %

Parte de la planta	Composición nutricional (%MS)						
	MS	PB	FDN	FDA	NDT	CEL	Hcel
Observaciones	175	177	150	148	50	42	53
Cascara	26,6	6,9	54,8	20,8	59,2	10,1	5,8

Adaptado por. LOPEZ. M, et al. 2014

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Fabricación del material ensilado

El presente experimento fue realizado en un área perteneciente a una pequeña propiedad rural ubicada en la BR 364 en el municipio de Rio Branco-Acre. El clima en esta zona es cálido y húmedo, de tipo amazónico (ACRE, 2006).

En el experimento se evaluaron diferentes niveles de inclusión de (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) con alto potencial forrajero y cáscara de piña, teniendo por tratamientos: SCA 0. 100% sorgo; SCA20. 80% sorgo + 20% cascara de piña; SCA40. 60% sorgo + 40% cascara de piña; SCA60. 40% sorgo + 60% cascara de piña; SCA80. 20% sorgo + 80% cascara de piña. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con cinco tratamientos y cinco repeticiones, totalizando 25 muestras.

La cosecha de las plantas de sorgo se realizó en la fase de maduración del grano lechoso/pastoso a los 100 (cien) días de la siembra, la cáscara de la piña se recolectó como material industrial, residuos de cáscara de piña, picados ambos a 1,5 cm, para proceder al ensilaje. La evaluación del tamaño medio de partícula se realizó de acuerdo con la metodología de cribado “PennState Particle Size Separator”, propuesta por (Lammers, et al., 1996).

Como silos experimentales (unidades experimentales) se utilizarán 25 baldes de polietileno con una capacidad de 3,5 litros. Inmediatamente después de la preparación de los tratamientos, se colocaron las respectivas mezclas dentro de cada silo y se compactaron hasta la densidad de 500 kg de ensilaje/m³. Los silos se cerraron con tapas herméticamente selladas precedidas con una bolsa de plástico, fueron pesadas, almacenadas verticalmente en un lugar protegido y abiertas solo después de 65 días de almacenamiento.

3.2 Medición de pérdidas de ensilaje

Antes de la apertura, los silos se pesaron nuevamente para medir las pérdidas de materia seca post-fermentativa (PTMS), calculadas como la diferencia entre los pesos de las masas obtenidas al llenar y abrir los silos multiplicado por los respectivos contenidos de MS. Finalmente, las pérdidas se convierten a un porcentaje de la masa inicial. Las pérdidas de materia seca por efluentes (PE) y pérdidas por gases (PG) se cuantificarán mediante las ecuaciones 1, 2 y 3 propuestas por (MAGALHAES et al., 2012):

$$PTMS = \frac{[(PCen - Pen) * Msen] - [(PCab - Pab) * MSab] \times 100}{[(PCen - Pen) * Msen]}$$

(1)

Donde:

PMS = Pérdidas totales de materia seca (%);

PCen = Peso del tubo lleno (Kg);

Pen = Peso del conjunto (tubo + tapa + arena seca) y ensilaje (Kg);

MSen = MS del contenido del ensilaje (%);

PCab = Peso del tubo lleno al abrirlo (Kg);

Pab = Peso del conjunto (tubo + tapa + arena húmeda) al abrirlo (Kg);

MSab = MS del contenido ensilado al abrirlo (% MS).

$$PE = \frac{P_{ef} \times 1000}{MVi}$$

(2)

Donde:

PE = Producción de efluentes (Kg / t de materia verde);

P_{ef} = peso del efluente (peso del conjunto vacío después de su abertura – peso del conjunto vacío antes del llenado);

MVi = Materia verde del ensilado (Kg).

$$PG = \frac{[(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pen) * MSab] \times 100}{[(PCen - Pen) * MSen]}$$

(3)

Donde:

G = Pérdidas de gas en% DM;

PCen = Peso del tubo lleno (Kg);

Pen = Peso del conjunto (tubo + tapa + arena seca) y ensilaje (Kg);

MSen = MS del contenido del ensilaje (%);

PCab = Peso del tubo lleno al abrirlo (Kg);

MSab = MS del contenido ensilado al abrirlo (% MS).

3.3 Análisis bromatológicos

Las masas retiradas de cada silo se homogeneizaron, separándose en 25 partes, para su análisis de composición química. El contenido de materia seca (MS), se analizó mediante la técnica de estufa de ventilación forzada, en cuanto a proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE) y fibra bruta (FB) se realizó según AOAC (2012). Los componentes de la parte fibrosa, como

fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FAD), fueron estimados por el método del permanganato y evaluados según Van Soest (1967), para el análisis de FDN, sulfito de sodio y L- amilasa añadida. El contenido de celulosa (CEL), hemicelulosa (HEM), lignina (LIG) y carbohidratos solubles (CHOS) según Johnson et al. (1966). Otra fracción de ensilaje se colocó en una prensa manual para extracción de jugo y determinación inmediata de pH (medición en directa en vaso).

Para la determinación de ácidos orgánicos, acético (AA), propiónico (AP), butírico (AB) y láctico (AL), mediante cromatografía de gases según Erwin et al (1961), parte del jugo extraído de del ensilaje se fijó a 0,2 ml de ácido fórmico con 1,0 ml de caldo de ensilaje y se congeló. Se utilizó otra parte del jugo y se fijó 1,0 ml de ácido sulfúrico; 1 N por 2,0 ml de jugo congelado y ensilado para la determinación de nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$) por espectrofotometría (Foldager, 1977).

También se realizó una prueba de digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS) de los ensilajes según la técnica descrita por Tilley y Terry (1963), adaptada al Rumen Artificial, desarrollada por ANKOM, según lo descrito por Holden (1999). Para la recolección del contenido ruminal se utilizó un bovino Holstein, con un peso promedio de 700 kg, equipado con una cánula ruminal. Inmediatamente se pesaron 0,25 g de cada muestra de ensilaje, se molieron en un tamiz de 1 mm, se colocaron en filtros ANKOM y se colocaron en un matraz Erlenmeyer con solución tampón. Luego se agregaron 400 mL de líquido ruminal homogeneizado y filtrado, cerrado con tapas provistas de válvula para escape de gases en condiciones anaerobias y mantenido con gas CO_2 al momento de la homogeneización. La DIVMS se calculó por la cantidad incubada y el residuo que quedó después de la incubación, utilizando la fórmula: $DIVMS = (MS \text{ del alimento inicial} - MS \text{ del alimento residual} \times 100 / MS \text{ del alimento inicial})$.

Los nutrientes digestibles totales (NDT) se calcularon de acuerdo con la metodología del Nutrient Research Council (NRC, 2000). Todos los análisis de laboratorio de composición química, digestión in vitro de nutrientes y perfil de fermentación de ensilajes de sorgo con diferentes niveles de inclusión de cáscara de piña se realizaron en el Laboratorio de Nutrición y Producción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de São Paulo (Campus de Pirassununga-SP).

3.4 Análisis estadístico

Los datos recolectados fueron tabulados y sometidos a análisis de varianza, prueba de Tukey al 5% de probabilidad, además de análisis de regresión, todo realizado con el programa estadístico Sisvar® versión 5.6.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Características bromatológicas del ensilaje mixto de sorgo con diferentes niveles de inclusión de cáscara de piña.

Tabla 4 - Contenidos promedio de materia seca (MS), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FAD), carbohidratos solubles (CHOs), Celulosa (CEL), Hemicelulosa (HEM), Lignina (LIG), Nutrientes Digestibles Totales (NDT) y Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca (DIVMS), de ensilaje de sorgo con cáscara de piña.

Variables	Niveles de adición de cascara de piña					Probabilidad		CV%	R ²
	0%	20%	40%	60%	80%	L	Q		
MS (%)	30,38	32,46	32,85	33,62	34,56	0,0021	ns	1,23	0,92
PB (%)	6,07	7,91	8,53	8,96	9,33	0,0181	ns	3,01	0,81
EE (%)	2,19	2,76	2,83	2,84	2,96	0,0001	ns	2,35	0,93
FDN (%)	50,12	48,86	47,55	47,13	47,10	0,0218	ns	1,05	0,90
FDA (%)	43,18	40,13	40,04	39,23	39,13	Ns	ns	5,10	0,98
CHOs (%)	14,25	14,35	14,40	14,42	14,43	0,0019	ns	2,27	0,95
CEL (%)	33,40	33,55	33,73	33,80	33,87	0,0001	ns	5,64	0,91
HEM (%)	14,70	14,89	14,99	15,03	15,10	0,0302	ns	3,06	0,94
LIG (%)	6,69	6,89	7,05	7,19	7,33	0,0010	ns	7,02	0,93
NDT (%)	56,88	57,76	57,84	57,87	57,92	0,0001	ns	0,93	0,99
DIVMS (%)	54,03	54,15	54,22	54,40	54,43	0,0078	ns	3,10	0,89

Leyenda: L = Probabilidad lineal; Q = probabilidad cuadrática; CV = Coeficiente de variación; R² = Coeficiente de determinación y ns = no significativo.

La inclusión de cáscara de piña generó aumento linealmente ($p < 0.05$) entre tratamientos, alcanzando 34.56% MS en el nivel más alto de inclusión de SCA80. Según Nogueira (1995), el parámetro MS obtenido califica el ensilaje de sorgo con cáscara de piña como “muy bueno”, obteniendo % MS entre 30 y 35%. (OLIVEIRA FILHO, G. S, et al., 2002) observaron que los tratamientos de 15% y 20% de ensilaje de residuos industriales de piña con pasto elefante, obtuvieron cerca de un mínimo de 30% de MS. El resultado se puede comparar con el obtenido en esta investigación.

A medida que se incrementó el porcentaje de cáscara de piña en el material de ensilaje, hubo un incremento lineal ($p < 0.05$) entre tratamientos. El tratamiento con mayor cantidad de PB fue SCA80 con 9.33% y la adición de cáscara de piña incrementó la proteína en el material ensilado. (HOLANDA. A, et al., 2009) obtuvieron resultados similares en ensilaje de pasto

elefante con la adición de coproducto de piña deshidratada, con niveles de inclusión de 0 a 14% de coproducto tuvo un incremento de PB de 4.77%, al 5.97% con un nivel máximo de inclusión de 14% de subproducto, demostrando que la adición de subproductos de piña en el ensilaje de forraje mejora la cantidad de PB en el ensilaje final. (DIAZ. B, et al., 2013) concluyen que: El bioensilaje fabricado a partir de residuos industriales “o el valor nutritivo de dos materiales de baja calidad se mejora aumentando las proteínas y haciéndolas más digeribles para el ganado bovino u ovino”.

En cuanto a la concentración de energía obtenida, los materiales ensilados presentaron solo una diferencia lineal ($p < 0.05$) entre el tratamiento SCA0 que no incluye cáscara de piña y los demás tratamientos, siendo la diferencia entre el tratamiento SCA0 y SCA20 de 0.57 puntos porcentuales, aumentando solo hasta 0.77 puntos porcentuales de diferencia con el tratamiento SCA80, lo que sugiere que la inclusión de cascara de piña en el ensilaje aumento la concentración de energía linealmente. (GOMES. M, et al., 2009) realizaron una investigación evaluando ensilaje de orujo de piña industrial con diferentes niveles de inclusión forrajera para la alimentación de ovinos, alcanzando un %EE de 3.2% en el tratamiento en el que incluyo 60% de piña industrial. y 2% de EE en el tratamiento que incluyó 40% de desechos industriales de piña, lo que nuevamente demuestra que a medida que aumenta el nivel de inclusión de desechos industriales de piña, aumenta el EE.

Como se observa en la Tabla 1, los valores de NDT estuvieron entre 56.88% en el tratamiento SCA0 y 57.76% en el tratamiento SCA20, marcando una diferencia lineal entre el tratamiento que no incluyó cáscara de piña y los demás tratamientos, a medida que se añadió más cascara de piña al ensilaje, el valor de NDT aumento linealmente. (LOPEZ. M, et al., 2014) obtuvieron valores de NDT entre 60.6% y 64.9% en ensilaje de rastrojo de piña, superando levemente a los alcanzados en nuestra investigación, ellos agregan que los resultados obtenidos en este trabajo para el contenido de NTD en ensilaje de rastrojos de piña, sin aditivos, es superior al de las gramíneas comúnmente utilizadas en la producción de rumiantes en el trópico; Finalmente, los autores destacan que al analizar los requerimientos de NDT en la ración total de diferentes especies de rumiantes, en estados fisiológicos específicos, se advierte que el ámbito de acción de los ensilajes de rastrojo de piña con o sin aditivos puede ser una fuente de forraje adecuado para la mayoría de los casos de las especies analizadas, debido a su concentración de NDT y su bajo contenido en FND. Este resultado valida e incentiva el uso de ensilaje de sorgo con diferentes niveles de inclusión de cascara de piña en la alimentación de rumiantes, ya que los valores de NDT y NDF obtenidos también se encuentran en un rango positivo, lo único que podría limitar su uso en la ración diaria es de bajo contenido de PC.

En cuanto al parámetro FDN, hubo una disminución en el porcentaje a medida que se aumentó el nivel de inclusión de cáscara de piña, como se puede apreciar en la tabla 1; hubo diferencia lineal ($p < 0.05$), entre los tratamientos SCA0 y los demás tratamientos disminuyendo el % FDN linealmente. Los autores (NUNES DO PRADO. I, et al., 2003) en su experiencia con la sustitución del ensilaje de desecho industrial de piña por ensilaje de maíz, obtuvieron un resultado similar con 64,70% de FDN del ensilaje de desecho industrial de piña. (GOMES. M, et al., 2009) obtuvieron resultados muy similares a los obtenidos en nuestra investigación, con porcentajes de FDN entre 41,5 y 55,8%; Esto cobra sentido cuando observamos que los tratamientos de estos autores implican el uso de residuos industriales de piña junto con dos materias primas de origen forrajero para la elaboración de ensilajes, lo que acerca esta experiencia de investigación a la nuestra y puede afirmar que la mezcla de residuos industriales de piña junto con los recursos forrajeros reducen considerablemente la cantidad de FND, según (RAMÍREZ. E, et al., 1999) Los forrajes con alto contenido de fibra llenan el rumen más rápidamente, afectando la capacidad de consumo y demandando mayor cantidad de alimento, por lo tanto, se debe tratar de llegar a bajas concentraciones de este componente para incrementar la calidad, los autores dicen que la FDN debe variar entre 36 y 50%.

En el caso de la FDA, el ensilaje de cáscara de piña con inclusión de sorgo obtuvo una diferencia lineal decreciente, el tratamiento SCA0 que no tuvo inclusión de coproducto de piña obtuvo el valor más marcando diferencia con los tratamientos que incluyeron cáscara de piña en el material ensilado. La inclusión de cáscara de piña disminuyó la FDA en al menos un 3,05%. Según (RAMÍREZ. E, et al., 1999) la FDA es un indicador del contenido de celulosa, lignina y pectina de la fracción de fibra de los forrajes (OLIVEIRA FILHO, G. S, et al., 2002) obtuvo valores superiores, alcanzando la FDA en ensilaje de pasto elefante con residuo industrial de piña entre 48,36% y 37,08%. De acuerdo con todos los autores mencionados, los valores de FDA y FND son favorables, y la inclusión del corproducto de piña mejoro la calidad del ensilaje fabricado, ya que, estos valores disminuyen a medida que es adicionada la cascara de piña en todos los tratamientos realizados.

Como se puede observar en la Tabla 1; el ensilaje de sorgo con inclusión de cáscara de piña, el valor de (CHO_sT) tuvo un comportamiento similar en todos los tratamientos, lo que demuestra que, a pesar de alcanzar un nivel de inclusión del 80% del coproducto no hubo variaciones, manteniendo la cantidad de (CHO_sT). (LOPEZ. M, et al., 2014) explican que, a medida que hay una tendencia a aumentar el contenido de PB, el (CHO_sT) disminuye. A su vez (ROGÉRIO, et al., 2007) obtuvo un porcentaje de 14,07% en el (CHO_sT) de los residuos de piña utilizados en su investigación, estos valores pueden compararse con los valores obtenidos

en esta investigación; sin embargo, y en general, contrastan con lo reportado por (LOPEZ. M, et al., 2014) debido a que, hubo un incremento lineal del % PC entre los tratamientos y los (CHOs) no disminuyeron, sino que fueron muy similares.

En cuanto al contenido de CEL, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, destacándose que el porcentaje se mantuvo entre 33,40% y 33,87%, respectivamente. Este resultado fue similar al reportado por (LOPEZ et al., 2009) de 32.20% CEL en material de ensilado con rastrojo de piña. Por otro lado (ELIZONDO y CAMPOS, 2014) obtuvieron en su análisis bromatológico del ensilado de cáscara de piña 19.41% de CEL lo que marca una diferencia con relación al resultado reportado en nuestra investigación, este resultado puede deberse a la diferencia entre los frutos, ya que se producen en ubicaciones geográficas totalmente diferentes.

El análisis bromatológico del ensilaje de sorgo con inclusión de cascara de piña arrojó un porcentaje entre 14,70% y 15,10% de HEM, a mayor cantidad de cascara de piña hubo un aumento lineal de HEM entre tratamientos. (ELIZONDO Y CAMPOS, 2014) obtuvieron un resultado superior con 18.63% HEM en su ensilado de cáscara de piña, a su vez (LOPEZ. M, et al., 2009) reportaron 21% HEM.

El contenido de LIG mostró un aumento lineal entre los tratamientos SCA 0 y SCA60 y SCA80, a medida que se incluyó la cáscara de piña, la concentración de LIG fue mayor. Sin embargo (ELIZONDO y CAMPOS, 2014) reportan un contenido de lignina en su ensilaje de cáscara de piña de 12.45%, superior al obtenido en esta investigación.

Como se puede observar en el Cuadro 1, a medida que aumentó el porcentaje de inclusión de cáscara de piña, la DIVMS no aumentó significativamente. Los valores obtenidos entre tratamientos oscilaron entre 54,03% para el tratamiento SCA0 hasta 54,43% para el SCA80 de forma lineal, por lo que se puede entender que la inclusión de este coproducto y su mezcla con sorgo no afecta su digestibilidad. (LOPEZ, et al., 2014) reporta en su investigación un DIVMS de 67.32% en ensilaje de coproducto de piña, de igual manera (LOPEZ et al., 2009). Reportan 74.88% de DIVMS en el ensilaje del coproducto piña, valores significativamente superiores a los obtenidos en nuestra investigación con la inclusión de cáscara de piña. (NOGUEIRA, 1995) en su evaluación caracteriza los ensilajes con un porcentaje de DIVDMS entre 50% y 65% como de "buena" calidad.

4.2 Perfil fermentativo del ensilaje de sorgo con cáscara de piña

Tabla 5 - Promedio de (pH), nitrógeno amoniacal (N-NH₃), ácido acético (AA), ácido propiónico (AP), ácido butírico (AB), ácido láctico (AL), pérdidas de materia seca (DMS),

pérdidas por efluentes (PE) y pérdidas de gas (PG) del ensilaje de sorgo con aditivos de cáscara de piña.

Variables	Niveles de adición de cáscara de piña					Probabilidad		CV%	R ²
	0%	20%	40%	60%	80%	L	Q		
pH	3,61	3,54	3,51	3,67	3,66	0,0021	ns	2,53	0,98
N-NH ₃ (%)	4,58	4,88	6,07	6,85	7,31	0,0031	0,0001	7,31	0,99
AA	3,76	3,83	3,87	3,90	3,92	0,0024	ns	5,86	0,93
AP	2,04	2,11	2,14	2,15	2,24	0,7812	0,0001	6,43	0,96
AB	0,75	0,71	0,67	0,12	0,07	ns	ns	2,52	0,95
AL	3,61	3,66	3,86	4,25	4,67	0,0083	ns	4,07	0,97
PMS (%)	2,45	2,97	2,10	3,21	3,71	0,0025	0,0001	7,71	0,99
PE (%)	4,34	3,41	2,23	2,40	3,10	0,0001	ns	3,82	0,96
PG (%)	0,92	0,87	0,92	1,07	1,02	0,0072	ns	5,63	0,98

Leyenda: L = Probabilidad lineal; Q = probabilidad cuadrática; CV = Coeficiente de variación; R² = Coeficiente de determinación y ns = no significativo.

Según Stefanie et al. (2001) las bacterias epifitas del ácido láctico (BAC) fermentan los carbohidratos solubles (CHO) en la fracción húmeda del forraje, produciendo ácido láctico y en menor medida, ácido acético. A medida que se generan estos ácidos, el pH del material de ensilado cae a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen el deterioro. En el caso del ensilaje de cáscara de piña con sorgo forrajero, el tratamiento SCA 40 obtuvo pH 3.51, mientras que el tratamiento SCA 60 obtuvo pH 3.67, siendo el tratamiento con menor acidez. La diferencia entre los resultados no fue significativa y muestra que la cantidad de cáscara de piña agregada al material ensilado no cambió el nivel de pH. (GOMES. M, et al., 2009) obtuvieron resultados similares, en sus tratamientos de ensilajes experimentales T4 y T3 compuestos por orujo de piña + pasto heno + heno de manicoba en diferentes proporciones, con pH 3,5 en T4 y pH 3,9 en T3 , en este estudio se determinó que todos los tratamientos demostraron ser viables para la alimentación de pequeños rumiantes en la región semiárida, por lo que al contrastar estos resultados de pH con los nuestros se puede afirmar que el ensilado de sorgo con coproducto de piña puede ser utilizado en la alimentación de rumiantes y su pH está dentro de los parámetros normales. Stefanie et al. (2001) afirma que *Clostridium botulinum* causa botulismo y puede ser fatal para el ganado. Afortunadamente, *C. botulinum* tiene una baja tolerancia a los medios ácidos, por lo tanto, no crece en ensilajes bien fermentados. Los niveles de pH obtenidos en todos los tratamientos aseguraron una buena fermentación en el material ensilado.

Según Demanet (2018), la relación que se debe lograr en un ensilaje entre nitrógeno amoniacal y nitrógeno total (N/NH₃) debe ser inferior al 5%, la presencia de amoníaco en un nivel superior superior al 5% indica un desarrollo de la flora proteolítica butírica y un aumento del contenido de nitrógeno soluble que, entre otras consecuencias, reduce el consumo de los

animales al consumir este tipo de ensilaje. N-NH₃ es indicativo de la cantidad de proteína degradada en la fase de fermentación. En el caso del ensilaje de sorgo con adición de cáscara de piña se observó un incremento cuadrático con diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las variables. La variable con mayor % N-NH₃ fue SCA80 con 7.31% mientras que CSA0 obtuvo % N-NH₃ de 4.58%, lo que sugiere que la adición de cáscara de piña aumenta considerablemente la cantidad de N-NH₃ en el ensilaje. (MORENO, 1977) Dice que concentraciones inferiores al 11% de nitrógeno amoniacal total se clasifican como ensilajes aceptables, mientras que los ensilajes de baja calidad se relacionan con valores superiores al 15% de N-NH₃ total. (LOPEZ, 2008) reporta que concentraciones de nitrógeno amoniacal entre 5% y 8% en relación al nitrógeno total garantizan un buen proceso de fermentación, por lo tanto, un ensilado de excelente calidad. Teniendo en cuenta lo señalado por otros autores, podemos garantizar que el nitrógeno amoniacal de todos los tratamientos es aceptable.

En cuanto a los valores obtenidos de ácido acético en el ensilaje de sorgo con cáscara de piña, hubo un incremento lineal entre los tratamientos, siendo SCA0 el tratamiento con menor porcentaje con 3.76% y SCA80 el mayor con 3,92%. Según (FRANÇA et al., 2011). Altos niveles de AA pueden interferir con la fermentación láctica, esto corresponde principalmente a las acciones más prolongadas de las enterobacterias y bacterias heterofermentativas del ácido láctico, aunque, en menor medida, también son producidos por clostridios. Por lo tanto, los ensilajes bien conservados deben tener niveles muy bajos de ácido acético. Roth y Undersander (1995), clasifican los ensilajes con menos de 4% de ácido acético como de calidad media. Es importante destacar que, a pesar de tener un aumento lineal en el porcentaje de ácido acético en el material ensilado, en el tratamiento con más inclusión de cáscara de piña no supero el 4%, lo que garantiza que la calidad del producto ensilado no disminuirá con la inclusión del coproducto.

Como se puede observar en la tabla 2, el ácido propiónico tuvo un incremento lineal, pero la diferencia entre tratamientos no fue significativa. Según Roth y Undersander (1995), la presencia de ácido propiónico por encima del límite establecido significa degradación del ácido láctico por bacterias butíricas y esto puede perjudicar el ensilaje preparado. En el caso de esta investigación los valores de los cinco tratamientos estuvieron entre 2.04 % SCA0 y 2.24 % en el tratamiento SCA80, este nivel de cantidad % AP supera el límite propuesto por los autores anteriormente mencionados, para un ensilaje de calidad óptima, el valor obtenido se sitúa entre los valores que son atribuidos al ensilaje de calidad media.

En cuanto al ácido butírico (%AB), se puede observar en la tabla 2 que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. A medida que se incrementó la cantidad de

cáscara de piña para la mezcla de ensilaje, disminuyó el %AB, hasta llegar a 0.07% en el SCA80. El tratamiento con mayor % AB fue SCA0 sin la inclusión de cáscara de piña. El autor ROTH y UNDERSANDER, (1995) afirmaron que un ensilaje óptimo debe contener un % de ácido butírico inferior al 0,10%. Así mismo, esta información es reafirmada por el autor (NOGUEIRA, 1995) quien indica que los ensilajes de buena calidad están por debajo de 0.10% AB, como este parámetro es importante para medir la calidad del ensilaje, se puede observar una disminución del mismo a medida que fue incrementada cáscara de piña, sugiriendo que la inclusión del coproducto mejora la calidad del ensilaje.

En relación al ácido láctico (%AL) en los tratamientos analizados, se observa un crecimiento lineal en la tabla 5 ($p < 0.05$). El valor mínimo lo tuvo el tratamiento SCA0 con 3.61%, mientras que el valor más alto se observó en el tratamiento SCA80 con 4.67%. Parafraseando a los autores (FRANÇA et al., 2011), todos los ácidos producidos durante el proceso de fermentación contribuyen a la reducción del pH del ensilado, el ácido láctico tiene un mayor nivel de importancia en el proceso, ya que presenta un componente de disociación mayor que los demás. Según Roth y Undersander (1995), los ensilajes con valores de ácido láctico entre 4% y 6% se consideran de “calidad óptima”. El autor Nogueira (1995), afirma que los ensilajes entre 3% y 5% de ácido láctico se consideran de buena calidad, lo que sugiere que el ensilaje elaborado y analizado en esta investigación, tiene mejor calidad a medida que aumenta el nivel de inclusión de cascara de piña.

Cabe destacar el comportamiento de los ácidos butírico y láctico, la proyección del ácido butírico tiene una tendencia decreciente con valores que van desde buenos hasta excelentes niveles; en cuanto al ácido láctico, muestra claramente una tendencia lineal creciente con valores que también van desde niveles buenos hasta niveles óptimos. Estas proyecciones muestran que la calidad del ensilaje se optimiza a medida que se agrega más coproducto de cáscara de piña al ensilaje de sorgo.

Según Ramos et al. (2021) los principales factores de pérdidas de materia seca (PMS) son la MS de las especies vegetales a ensilar, factores ambientales como temperatura y lluvia, transporte de masa ensilada, tiempo de almacenamiento, la presencia de oxígeno y las pérdidas en la fermentación que dependen principalmente de las especies microbianas dominantes y de los sustratos fermentados. Entre ellas se encuentran las bacterias heterofermentadoras del ácido láctico, que fermentan glucósidos y producen dióxido de carbono, reduciendo el contenido de materia seca y energía bruta del ensilaje. En cuanto a las PMS, se puede observar una diferencia cuadrática entre los tratamientos SCA40 que obtuvieron un %PMS de 2.10%, contra los tratamientos SCA60 y SCA80 que obtuvieron %PMS de 3.21% y 3.71% respectivamente. En

general, los tratamientos muestran un comportamiento lineal creciente y las menores pérdidas las obtuvo el tratamiento SCA40. Estos resultados pueden compararse con los obtenidos por los autores (PINEDO. L, et al., 2020) quienes evaluaron ensilaje de pasto elefante adicionado con subproducto de cupuaçu y obtuvieron %PMS entre 1,69% y 6,18%.

Parafraseando a los autores Ramos et al. (2021) el volumen de producción de efluentes varía de acuerdo a la cantidad de materia seca, tipo de silo, longitud de corte, calidad de planta forrajera, tamaño de partícula y presencia de aditivos. Asimismo, dicen que, para minimizar las pérdidas de efluentes, es importante que el contenido de materia seca sea el correcto, es decir, al momento de ensilar la planta debe tener un promedio de 35% MS. La presencia de humedad aumenta la producción de efluentes, y el proceso de ensilaje, desde la forma de cosecha, procesamiento, etapa de maduración de la planta, entre otros, contribuyen a la producción de efluentes. En la Tabla 3 se puede observar que las pérdidas de efluentes tuvieron un efecto lineal significativo, el tratamiento con mayor pérdida de efluentes fue SCA0 con 4.34% PE mientras que el de menor pérdida de efluentes fue SCA40 con 2.23% PE. La baja pérdida de efluentes es señal de que la calidad del ensilaje es buena, estos resultados se pueden corroborar observando los contenidos de MS en la tabla 4.

En cuanto a la pérdida de gases se puede observar un comportamiento lineal en la tabla 5, los tratamientos SCA0 y SCA40 presentaron el valor más bajo de pérdidas por gases (PG) ambos con 0.92%, mientras que el que presentó el valor más alto de PG fue el SCA60 con 1.07%. Los autores Pinedo et al. (2020) obtuvieron resultados similares en su estudio realizado con pasto elefante adicionado con subproducto de cupuaçu y señalan que estos valores son bajos. Según Ramos et al. (2021) la principal pérdida que se genera en el proceso de ensilado es a través de la producción de dióxido de carbono, consecuencia del ambiente anaeróbico y de la fermentación que realizan los microorganismos sobre azúcares y ácidos orgánicos. La cuantificación de la pérdida de gases es importante para verificar el proceso de fermentación y perfilar la acción de los microorganismos en el interior del silo.

El comportamiento de las tres variables fue lineal, sin embargo, se puede observar que el tratamiento SCA40 presentó menor cantidad de efluentes y pérdidas de materia seca que los demás tratamientos.

5. CONCLUSIÓN

Luego de realizar la caracterización del ensilaje de sorgo con inclusión de cáscara de piña, se observó que la inclusión del coproducto hasta 80% mejoró la calidad nutricional del ensilaje elaborado a medida que se incrementó su uso en la mezcla.

REFERENCIAS

ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Acre. Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre Fase II: documento síntese – Escala 1:250.000**. Rio Branco: SEMA, p. 356.2006.

DA SILVA, A, et al. Uso de coprodutos da indústria de frutas na nutrição de ruminantes. **UDESC**. Ed, 198 ano 9. 2017. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/ceo/id_cpmenu/1043/rural_198_15198248809345_1043.pdf

BERTIPAGLIA, et al. Degradación *in situ* de materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutra de ensilajes de maíz y residuos de la extracción de jugo de maracuyá. **Acta Scientiarum**, v.22, n.3, p. 765-769. 2000. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000097&pid=S1516-3598200300030002400003&lng=en

CAÑAS, R. Alimentación y Nutrición Animal. **Colección en Agricultura Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile**, p 12- 14. 1995.

C. WONG. El papel del ensilaje en la producción de rumiantes en los trópicos húmedos. 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**. FAO. Roma. 2001. Disponível em: <http://www.fao.org/3/X8486S/x8486s00.htm#Contents>

CHEVEZ SANABRIA & ESPINOZA TREMINO. Efecto de cuatro densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de biomasa seca del sorgo forrajero variedad INTA forrajero en el periodo comprendido 2008 – 2009. **[Tesis]. Nicaragua: Universidad Autónoma de Nicaragua**, p 51. 2010.

CYTED. Aprovechamiento de subproductos y valorización de recursos autóctonos: interrelación investigación-producción-desarrollo y sociedad. **Programa Iberoamericano Ciencia Y Tecnología Para El Desarrollo**. Argentina. 2016. Disponível em: <http://www.cytcd.org/sites/default/files/Aprovechamiento%20de%20subproductos%20y%20valorizacion%20de%20recursos%20autoctonos-%20interrelacion%20investigacion%20-%20produccion%20-%20desarrollo%20y%20sociedad.pdf>

DE BOEVER, et al. Prediction of the feeding value of grass silages by chemical parameters, *in vitro* digestibility and nearinfrared reflectance spectroscopy. **Anim. Feed Sci. Technol.** 60, p 103–115. 1996.

DEMANET. R. “Nitrogeno amoniacal en ensilajes”. **Plan lechero WATT’S N° 8**. Disponible em: <https://www.watts.cl/docs/default-source/charlas-a-productores/nitrogeno-amoniaco-en-ensilajes.pdf?sfvrsn=4>

DEMANET & CANALES. 2020. Manual cultivo del sorgo forrajero. **Universidad de La Frontera**. Chile. Disponible en: <http://www.watts.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-cultivo-del-sorgo-forrajero-versi%C3%B3n-final-01-09-2020.pdf?status=Temp&sfvrsn=0.6040716198441742>

DERAL. PROGNÓSTICO 2020. Departamento de Economía Rural. **Gobierno do estado, secretaria da agricultura e do abastecimento**. Paraná, 2020. Disponible em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura_2020.pdf

DÍAZ, B. et al. Eficiencia alimentaria y económica de tres tipos de bioensilajes de residuos agroindustriales en bovinos de carne. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, vol. 47, núm. 2, p. 143-150 Instituto de Ciencia Animal La Habana, Cuba. 2013. Disponible em: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193028751006.pdf>

REINHARDT. D, et al. ABACAXI. Produção. Aspectos Técnicos. **Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**. Brasília – DF. 2000. Disponible em: <http://www.frutvasf.univasf.edu.br/images/abacaxi.pdf>

RAMÍREZ. E, et al. Silaje de Maíz y Sorgo Granífero. Act. Téc. N° 2. Marca Líquida, nov./99: p 23-28. **Sitio argentino de Productions animal**. Argentina. 1999. Disponible em: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/20-la_importancia_de_la_calidad_del_forraje_y_el_silaje.pdf

FAO. **Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación**. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Roma. 2011.

FAO. **Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación**. Pérdida y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. 2014.

FAO. The future of food and agriculture. **Alternative pathways to 2050**. Rome. 2018. Disponible em: <http://www.fao.org/3/I8429EN/i8429en.pdf>

FAO. Transformar la alimentación y la agricultura para alcanzar los ODS. 20 acciones interconectadas para guiar a los encargados de adoptar decisiones. **Organización de las naciones unidas para la alimentación**. Roma. 2019. Disponible em: <http://www.fao.org/3/I9900es/i9900es.pdf>

FAO. 2020a. **Las principales frutas tropicales Análisis del mercado 2018**. Roma. Disponible em: <http://www.fao.org/3/ca5692es/CA5692ES.pdf>

FAO. 2020b. **Análisis del mercado de las principales frutas tropicales de 2019**. Rome. Disponible em: <http://www.fao.org/3/cb0834es/CB0834ES.pdf>

FRANÇA, et al. Características fermentativas da silagem de híbridos de sorgo sob doses de

nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 12, n. 3, jul./set. 2011 Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/view/540>.

F.Y. CHIN & A.B. IDRIS. Actividades sobre ensilaje del Departamento de Servicios Veterinarios, Malasia. **Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos**. FAO. Roma. 2002. Disponível em: <http://www.fao.org/3/X8486S/x8486s00.htm#Contents>

GALINDO, C. O. Análise sensorial de produtos elaborados à base de partes não convencionais de frutas. **Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica do Paraná – UTFPR**. 2014. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5247/1/LD_COALM_2014_1_04.pdf.

Guzmán, O. et al. Características químicas del ensilado de residuos de mango (*Mangifera indica* L.) destinado a la alimentación animal. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**. Vol. 46, núm. 4, p 369-374. Instituto de Ciencia Animal La Habana. 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193027579005.pdf>

ICEX. El mercado de frutas y hortalizas en Brasil. **Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en São Paulo**. P 5. 2020. Disponível em: http://www.ivace.es/Internacional_Informes-Publicaciones/Pa%C3%ADses/Brasil/Brasilfrutasverdurasiiicex2020.pdf

INFOCOMM. **Conferencia de las naciones unidas sobre comercio y desarrollo**. New york. EEUU. 2018. Disponível em: https://unctad.org/es/system/files/official-document/INFOCOMM_cp09_Pineapple_es.pdf

INTA. Manual de sorgo, Proyecto Regional Desarrollo de una Agricultura Sustentable en los Territorios del CERBAS. **Publicaciones regionales Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria**. 2011. Argentina. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_de_sorgo_renglon_191.pdf

NUNES DO PRADO, I, et al. Níveis de substituição da silagem de milho pela silagem de resíduo industrial de abacaxi sobre o desempenho de bovinos confinados. **Revista Brasileira de zootecnia**. Brasil. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbz/a/xpkJ4rJHDjm43CK9VX9MPts/?lang=pt#>

ELIZONDO, J & CAMPOS, C. Características nutricionales de la cascara de piña ensilada con cantidades crecientes de urea y heno. **Universidad de Costa Rica. Nutrición Animal Tropical**. Costa Rica. 2014. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet- CaracteristicasNutricionalesDeLaCascaraDePinaEnsil-5166298.pdf>

KAYOULLI CHEDLY & STEPHEN LEE. Ensilaje de subproductos agrícolas como opción para los pequeños campesinos. 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**. FAO. Roma. 2001. Disponível em: <http://www.fao.org/3/X8486S/x8486s00.htm#Contents>

NÚÑEZ O & RODRIGUEZ M. Subproductos agrícolas, una alternativa en la alimentación de

rumiantes ante el cambio climático. **Journal of the Selva Andina Animal Science**. Bolivia. 2019. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/268403117.pdf>

PINEDO. L, et al. Bromatological and fermentative parameters of elephant grass silage mixed with cupuaçu by-product. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. e630997665. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.7665. 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7665>. Acesso em: 5 nov. 2021.

RÍOS. L, et al. Manual técnico para la producción de semilla de piña (Ananas comosus L. Merrill) variedad MD2. **Editorial AGROSAVIA**. Mosquera, Colombia. 2019. Disponível em: <http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/39/33/507-1?inline=1>

LOPEZ. M. 2008. Valoración nutricional de los rastrojos de piña (Ananas comosus) como una alternativa forrajera de bajo costo para la alimentación del ganado. **Tesis presentada para optar por el título de Licenciado en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio**. Costa Rica. 2008. Disponível em: <http://www.zootecnia.ucr.ac.cr/images/tesis/pdfs/lopez-herrera-michael.pdf>

LOPEZ. M, et al. Características fermentativas y nutricionales del ensilaje de rastrojo de piña. (Ananas comosus). **Agronomía Costarricense**. vol. 33, núm. p 1-15. Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica. 2009. Disponível em: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v33n01-001.pdf

LOPEZ. M, et al. Meta-Análisis de los subproductos de piña (Ananas comosus) para la alimentación animal. Escuela de Zootecnia. **Centro de Investigación en Nutrición Animal**. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 2014. Disponível em: http://www.mag.go.cr/rev_meso/v25n02_383.pdf

GOMES. M, et al. Conservação e utilização do resíduo de abacaxi na alimentação de ovinos no Curimatá Ocidental da Paraíba. **Tecnol & Ciên. Agropec**. João Pessoa, v.3, n.3, p 55-62. 2009. Disponível em: https://revistatca.pb.gov.br/edicoes/volume-03-2009/volume-3-numero-3-setembro-2009/tca10_residuo_abacaxi.pdf

MORENO, A. H. 1977. Evaluación de ensilajes de pasto Panamá (Saccharum sinense), para la alimentación de vacas de doble propósito. **Tesis MSc. Universidad de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza**. Turrialba. Costa Rica. p 98. 1977.

MUHLBACH. P. Ensilaje: producción con control de pérdidas. En: **LOBATO, JFP; BARCELOS, JOJ; HESSLER, AM (Eds.) Producción de ganado de carne**. Porto Alegre: Pontificia Universidad Católica. p 97-120. 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000111&pid=S1516-3598200700070002000012&lng=en

OLIVEIRA FILHO, et al. Avaliação do valor nutritivo de silagens de capim elefante (Pennisetum purpureum) com diferentes níveis de subproduto do abacaxi (Ananas comosus L., Merr.). **Em: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 39, Anais. Recife. 2002.

Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/903917>

ONU. Objetivo 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. **Publicaciones de las naciones unidas**. Nueva York. 2018. Disponível em: <https://www.un.org/es/chronicle/article/objetivo-12-garantizar-modalidades-de-consumo-y-produccion-sostenibles-un-requisito-esencial-para-el>

RAMOS BLP, et al. Losses in the silagem process: A brief review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 5, p. e8910514660, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i5.14660. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14660>. Acesso em: 5 nov. 2021.

RODRIGUES & PEIXOTO, R.R. Composição bromatológica, digestibilidade e balanço de nitrogênio de resíduos da indústria de abacaxi ensilado. **Em: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 27. p 93. Campinas. 1990. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000117&pid=S1516-3598200900020000200017&lng=pt

ROGÉRIO, et al. Valor nutritivo do resíduo da indústria processadora de abacaxi (Ananas comosus) em dietas para ovinos. Consumo, digestibilidade aparente e balanços energético e nitrogenado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 59(3), p 773 – 781. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/4RwK877zFC47xMbzkKpZjNB/?lang=pt#ModalTabletab01>

SÁNCHEZ PEÑA & ZELEDÓN CHAVARRIA. Efecto del estadio de desarrollo y tamaño de partícula de picado sobre la composición química del ensilaje de sorgo Sureño [Tesis]. **Universidad Agrícola Panamericana, Zamorano**. p 18. Honduras. 2019.

S. SIMOES DA CRUZ, et al. Resíduo das frutas na alimentação de ruminantes. Artigo 222 - Volume 10 - Número 06 – p 2909-2931. **IFES-PA**. 2013. Disponível em: https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/Artigo222.pdf.

STEFANIE J.W.H, et al. Introducción a la Conferencia sobre el Uso del Ensilaje en el Trópico. **Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos**. FAO. Roma. 2001. Disponível em: <http://www.fao.org/3/X8486S/x8486s00.htm#Contents>

WAQUIL. J. **Seminario internacional sobre el cultivo del Sorgo**. Sorgo para el futuro. p 116-122. Cali, Colombia. 1991. Disponível em: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/SorgoenBrasil%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/SorgoenBrasil%20(2).pdf)

YIN YIN KYAWT, et al. A alimentação com silagem de resíduos de abacaxi como fonte de volumoso melhorou a ingestão de nutrientes, o status de energia e o desempenho de crescimento do gado local em crescimento em Mianmar. **J Adv Vet Anim Res**. 7 (3): p 436–441. Mianmar.

ANEXO A - Características químicas del ensilaje mixto de sorgo con diferentes niveles de inclusión de cáscara de piña.

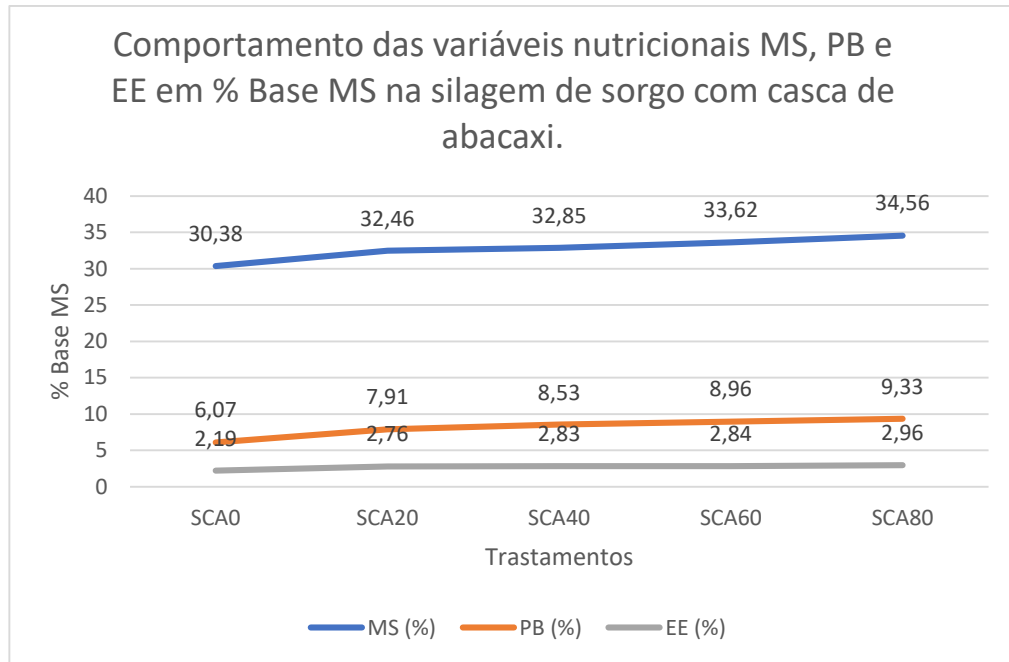


Gráfico 1 Comportamento das variáveis %MS %PB e %EE

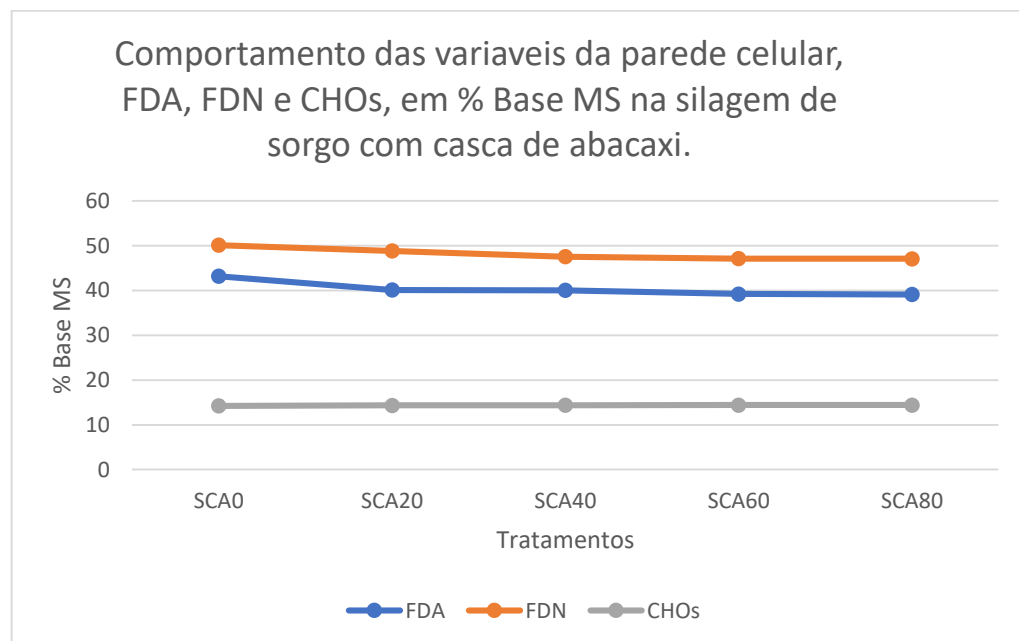


Gráfico 2 Comportamento das variáveis %FDA %FDN e %CHOs

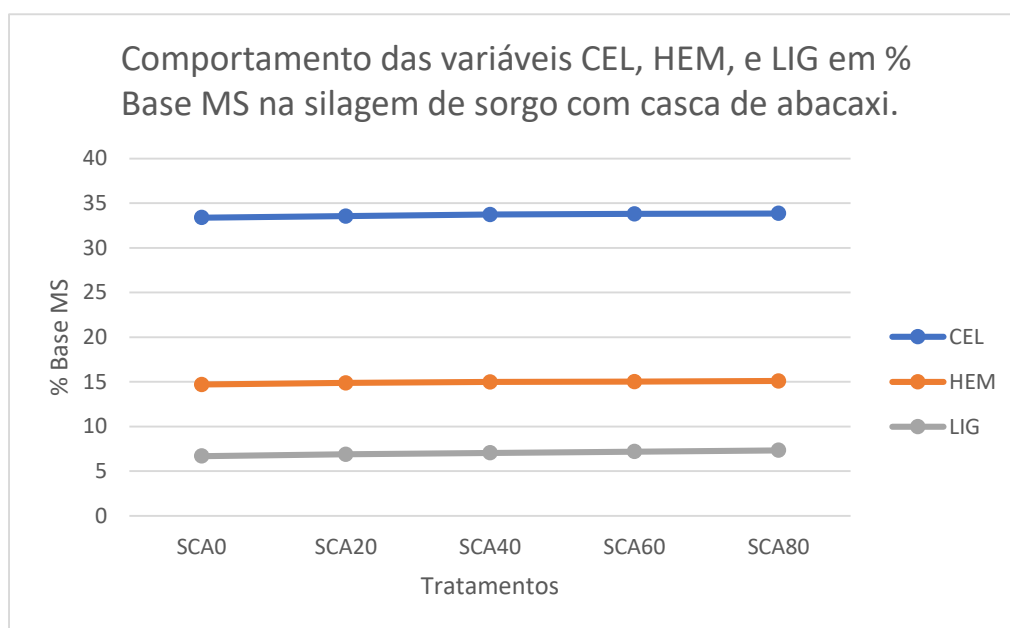


Gráfico 3 Comportamento das variáveis %CEL %HEM e %LIG

ANEXO B - Perfil de fermentación del ensilaje de sorgo con cáscara de piña

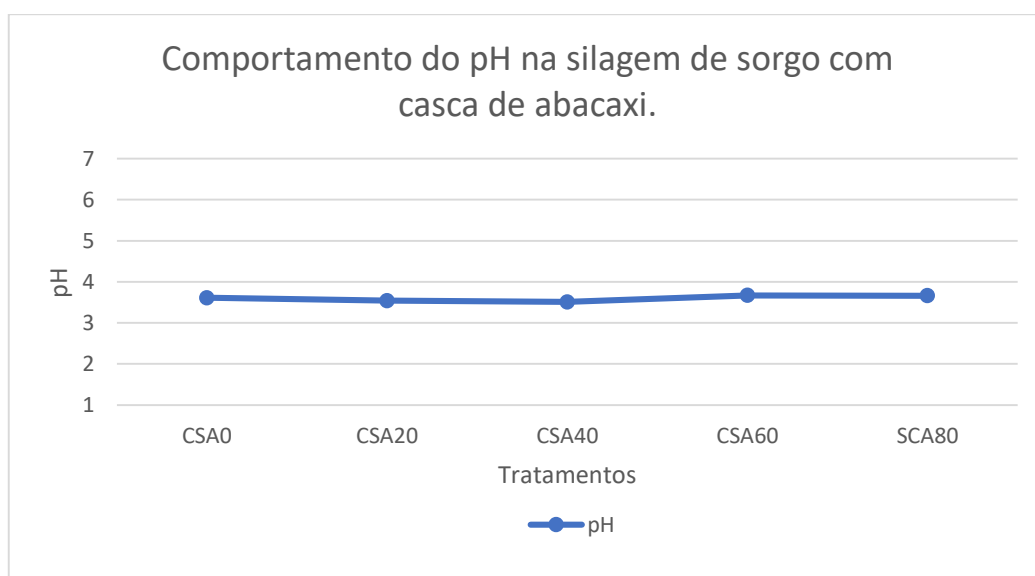


Gráfico 4 Comportamento do pH na silagem de sorgo com casca de abacaxi.

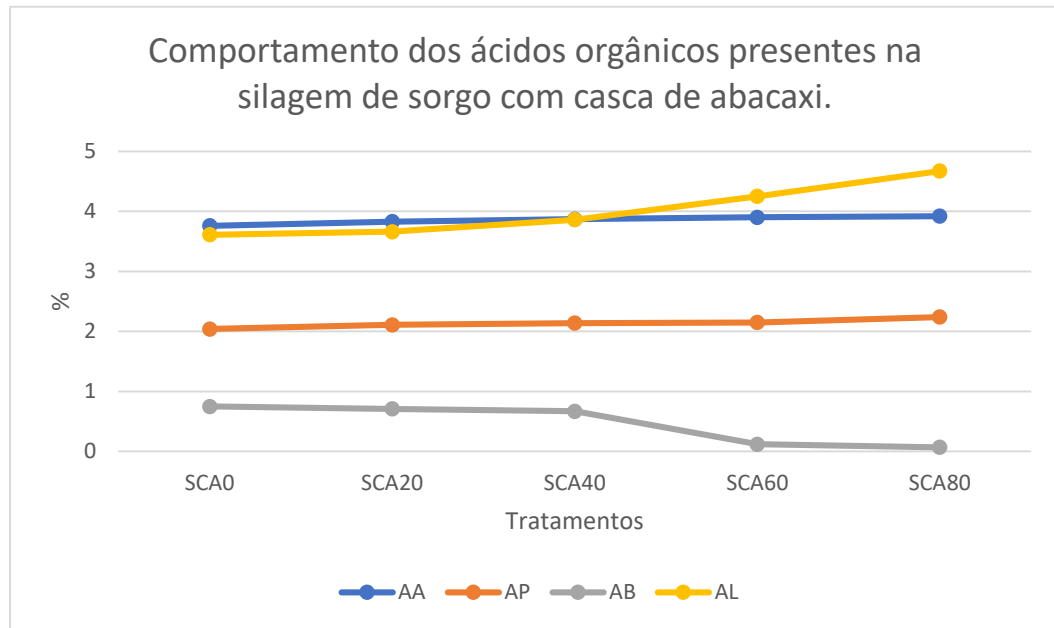


Gráfico 5 Comportamento dos ácidos graxos voláteis presentes na silagem de sorgo com casca de abacaxi.

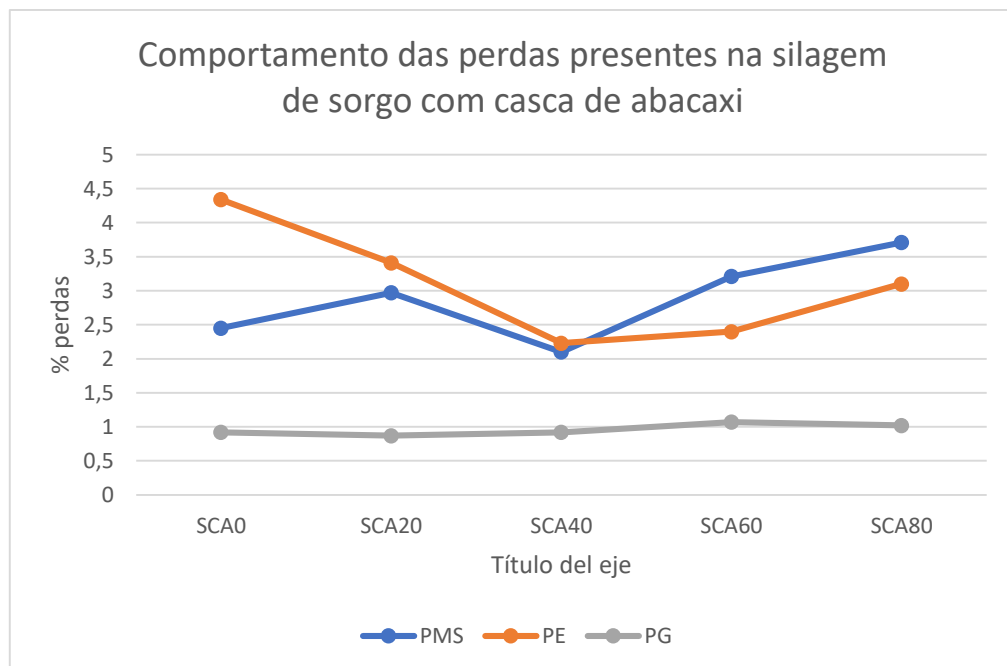


Gráfico 6 Comportamento das perdas presentes na silagem de sorgo com casca de abacaxi.