



ALTERNATIVAS DE ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES EN EL TRÓPICO ECUATORIANO

Bolívar Montenegro Vivas



ALTERNATIVAS DE ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES EN EL TRÓPICO ECUATORIANO



Bolívar Montenegro Vivas

ALTERNATIVAS DE ALIMENTACIÓN DE
RUMIANTES EN EL TRÓPICO ECUATORIANO



ALTERNATIVAS DE ALIMENTACIÓN DE
RUMIANTES EN EL TRÓPICO ECUATORIANO

© Bolívar Montenegro Vivas
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Una obra de relevancia producto del 8va. Congreso Internacional de sociedad
tecnología e información Publicado por acuerdo con los autores.

© 2021, Editorial Grupo Compás
Guayaquil-Ecuador

Grupo Compás apoya la protección del copyright, cada uno de
sus textos han sido sometido a un proceso de evaluación por
pares externos con base en la normativa del editorial.

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el
ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre
expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente
prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o
almacenamiento total o parcial de la presente publicación,
incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de
la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico,
como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia,
sin la autorización de los titulares del copyright.

Editado en Guayaquil - Ecuador

ISBN: 978-9942-33-396-4



Cita.

Montenegro, B. (2021) ALTERNATIVAS DE ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES EN EL TRÓPICO ECUATORIANO . Editorial Grupo Compás.

Contenido

Prólogo.....	5
Introducción.....	8
Capítulo I. Generalidades de la producción de rumiantes en el trópico.	13
Introducción	13
Sistemas comerciales.....	15
Semi-intensivos	15
Intensivos	15
Sistema intensivo de ganado de carne.....	20
Descripción de los sistemas intensivos de producción de carne:	21
Componentes básicos de la dieta.....	23
Agua	23
Energía	23
Proteínas	24
Minerales.....	24
Vitaminas	25
Alimentación alternativa	26
Residuos de cosecha y agroindustriales	26
El contexto ecuatoriano en la Costa	33
Referencia Bibliográfica.....	37
Capítulo II. Composición química y cinética de degradación ruminal In Vitro del ensilado de pasto saboya (<i>Megathyrsus maximus</i>) con inclusión de residuos de frutas tropicales.	40
Resumen	40
Introducción	41
Materiales y métodos	44

Resultados y discusión	49
Conclusiones	55
Referencias Bibliográficas	56
Capítulo III. Digestibilidad in situ del ensilaje del pasto saboya (<i>panicum máximum</i>) con diferentes niveles de rechazo de piña (<i>ananascomosus</i>).....	63
Resumen	63
Introducción	64
Material y métodos.....	65
Factores en estudio	66
Tratamientos.....	66
Diseño experimental.....	66
Resultados y discusión	67
<i>Materia Seca</i>	67
Materia Orgánica.....	68
Materia Inorgánica	68
Conclusiones	69
Referencias bibliográficas	70
Capítulo IV. Composición química y cinética de degradación ruminal in situ de piña (<i>ananas comosus l.</i>) y palma aceitera (<i>elaeis sinensis jacq.</i>) (2016).	71
Introducción	71
Materiales y métodos	73
Resultados y discusión	75
Composición química de los subproductos.....	75
Cinética de degradación ruminal.....	78
Referencia bibliográfica	81

Capítulo V. Valoración In Vitro de tres residuos agrícolas amonificados para alimentación de rumiantes	84
Introducción	85
Materiales y métodos	87
Resultados y discusión	91
Conclusiones	98
Referencias bibliográficas	99
Capítulo VI. Composición química y cinética de degradación ruminal in vitro del ensilado de pasto saboya (<i>Megathyrsus maximus</i>) con niveles crecientes de inclusión de residuo de maracuyá (<i>Passiflora edulis Sims.</i>)	104
Resumen	104
Introducción	105
Materiales y métodos	110
Resultados y discusión	112
Conclusiones	117
Agradecimiento	118
Referencias bibliográficas	119

Prólogo

Este libro sobre alternativas de alimentación de rumiantes en el trópico ecuatoriano da una pauta para alimentar a los rumiantes y cubrir sus requerimientos nutricionales en base a subproductos de la agroindustria; agrícolas como las alternativas de alimentación que se utilizan para reemplazar en parte a los insumos tradicionales, altamente costosos como los concentrados; el recurso tierra que resulta caro para la crianza de bovinos en sistemas extensivos, además de utilizar instalaciones construidas en forma rústica, para el manejo sanitario y el pastoreo. También hace alusión a los usos y valores nutritivos de diferentes ingredientes alternativos utilizados en forma de residuos agroindustriales incluidos en las dietas. De la misma manera, se ilustran métodos para alimentarlos y se discute acerca de la nutrición aplicada.

Actualmente, en la provincia de Los Ríos, Ecuador, la cría engorde del ganado bovino, supone una alternativa de engordar bovinos, frente a la explotación del de los fell dogs industrial. Con esto se busca producir carne de alta calidad nutricional y organoléptica. Sin embargo, no se cuenta con un sistema de producción apropiado que logre su máxima explotación a bajos costos. Por tal motivo, este libro muestra cómo

llevar el manejo de rumiantes, en pastoreo con alternativas de crianza y alimentación para pequeños y medianos productores de ganado, logrando la aplicación de buenas prácticas de manejo, “amigables” con el bienestar de los animales, para evitar situaciones estresantes que afecten la ganancia de peso y conversión alimenticia en rumiantes.

El bovino de carne de la raza Brahmán, conocido por su rápido crecimiento, por su habilidad para pastorear, y con excelente rendimiento de la canal, es capaz de soportar altas temperaturas sin afectar sus indicadores productivos. La selección de las razas de carne se basa en las preferencias personales y, en algunos casos, en las preferencias del mercado y la demanda del consumidor. Todas las prácticas en el manejo, la sanidad, la provisión de equipos (abrevaderos y comederos), potreros, utilización de residuos agroindustriales para la alimentación de los bovinos, se desarrollan con mucho cuidado.

En este libro se encuentran informaciones básicas, rudimentarias pero prácticas, para la explotación de bovinos en pastoreo y sistemas semiestabulados familiares, que permitan mejorar la calidad de vida de los pequeños y medianos productores de ganado de carne y leche. Mostrando de forma ordenada, la información disponible y

exponiendo lo que está ocurriendo con la alimentación. Se incluye, además, bibliografía de investigaciones consultadas, entre las que se encuentran libros, artículos y proyectos que han hecho posible el desarrollo de este libro.

León Bolívar Montenegro Vivas

Introducción

La humanidad en el siglo XXI se enfrenta a dos grandes retos globales: el incremento de la producción alimentaria para satisfacer las necesidades nutritivas de una población cada vez más numerosa y la lucha contra el cambio climático. Teniendo en cuenta la existencia de un denominador común en ambos casos, la presión sobre los recursos naturales y el aumento de la competencia por su gestión. Por esta razón, hay que tener en cuenta que en las últimas décadas se ha alcanzado cotas de alta productividad, habiendo crecido más del triple en producción agrícola en el periodo 1969-2018 gracias a la implantación de las tecnologías de la revolución verde que contribuyeron a la expansión significativa del uso de la tierra, el agua y otros recursos naturales para fines agrícolas, así como el incremento de la productividad de los sistemas. Actualmente, la mejora del rendimiento se está frenando, por cuanto se hace difícil mantener el ritmo de crecimiento de la producción en las décadas venideras (Food and Agriculture Organization (FAO), 2018).

La Organización de agricultura y alimentos (FAO) estima que, para cubrir la demanda en el año 2050, la agricultura mundial tendrá que producir casi un 50% más de alimentos, forraje y biocombustible

(FAO, 2017). De ahí, que se haga necesaria la inversión en investigación y desarrollo, así como en innovación y formación, que permitan la implementación de técnicas innovadoras que apuesten tanto por la agricultura climáticamente inteligente como la mejora de la gestión de procesos para la optimización de toda la biomasa disponible en nuestros sistemas productivos, todo ello bajo criterios de eficiencia bajo una perspectiva de sostenibilidad integral en cuanto a la gestión y uso racional de los recursos naturales.

El Plan Toda una Vida 2017 -2021 considera los objetivos país, con dos vertientes estrechamente ligadas: Mitigación del cambio climático mediante el tratamiento de residuos de la industria agroalimentaria y su utilización como alimentos para el ganado; ambas marcadas como líneas prioritarias en el país como herramientas clave de competitividad territorial y sostenibilidad.

Por otra parte, la dificultad de acceso al dólar, y la creciente subida de precios de las diferentes materias primas, utilizadas habitualmente en alimentación animal, provoca una crisis de financiera en el sector, por lo que es y será prioritario seguir desarrollando nuevas alternativas productivas que disminuyan el costo de la ración.

La tecnología por desarrollar en un futuro, a partir del conocimiento que se genera en la investigación, será la puesta en marcha de un sistema de transformación de residuos agroalimentarios altamente contaminantes en productos alimenticios de calidad moderada y bajo coste para el ganado, lo que supone dar solución a la problemática ambiental de los residuos a la vez que se favorece la viabilidad real de la producción ganadera y la soberanía alimentaria de acuerdo con la Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria del Ecuador.

Las nuevas tendencias de investigación apuntan en el sentido de evitar la sobreproducción protegida, el deterioro ambiental y el abandono del medio rural. La puesta en marcha de la reforma sectorial obliga, a corto plazo, a compatibilizar la producción agrícola y ganadera con la capacidad productiva del entorno, salvaguardando el medio natural frente a la sobre explotación de recursos.

En Ecuador la disponibilidad de recursos naturales para el sostenimiento de la ganadería en épocas de carencia (sequías prolongadas de seis meses) y ante el incremento de la producción ganadera es insuficiente; debido fundamentalmente a las

características climáticas de la región. Esta situación provoca que la producción de alimentos para el ganado no resulte suficiente para cubrir la demanda de los diferentes sectores ganaderos durante todo el año. Por otra parte, la producción de alimentos para el ganado entra en competencia directa con la producción de alimentos para la población humana a la vez que existe un elevado nivel de dependencia de la importación de materias primas para la alimentación animal, factores que limitan el desarrollo de la ganadería y disminuyen su competitividad. De hecho, la ganadería acaba de iniciar una crisis de rentabilidad debido al incremento de la productividad asociado a la subida de precios de las diferentes materias primas utilizadas en alimentación animal.

Por otra parte, la actividad agraria y agroalimentaria en la zona de la región costa, y en provincias como Los Ríos y Manabí, genera gran cantidad de subproductos y residuos. Estos residuos, además de contaminar el medio ambiente, no tienen *a priori* un valor económico y su eliminación es un proceso costoso que se traduce en un incremento en el precio final de los productos tropicales y disminuye la competitividad al sector. En la actualidad se han encontrado algunas utilidades a estos subproductos, como la elaboración de humus, la

obtención de pasta de papel, la producción de carbón activo o la transformación en biometano por digestión anaerobia. No obstante, estos procesos requieren un elevado volumen de subproductos y siguen siendo costosos, por lo que la cantidad de residuos que quedan pendientes de reciclar es muy elevada.

Una de las soluciones más interesantes para el reciclaje de subproductos agroalimentarios es su transformación en alimentos para el ganado. Este proceso permitiría la eliminación de gran cantidad de residuos vegetales, pasando a convertirse de un problema costoso a un recurso aprovechable; es decir una nueva materia prima de otro proceso productivo. Asimismo, su utilización reduce el coste de la alimentación animal y el nivel de dependencia de insumos externos, lo que se traduce en un incremento la rentabilidad final del sector ganadero.

Capítulo I. Generalidades de la producción de rumiantes en el trópico.

Introducción

La producción de rumiantes en el trópico húmedo se concentra en una actividad netamente implementada a través de un sistema de crianza extensiva de estos con sistemas de alimentación a base de pastoreo, lo que demuestra que con ese tipo de dieta no se cubre los requerimientos nutricionales de las distintas categorías fisiológicas, por lo que, tanto los índices productivos y reproductivos son relativamente bajos, además que las condiciones climáticas son extremas tanto en la época lluviosa a causa de las inundaciones, como en la seca que determina la escases de alimento por la falta de lluvias, lo que conlleva a una ganancia de peso y conversión alimenticia que no es competitiva con los sistemas de crianza intensivos. Sin embargo, este sistema extensivo es el predominante, con una producción de pasto saboya de más un millón de hectáreas, lo que implica que con el suministro de subproductos de la agricultura y de la agroindustria en condiciones ya estudiadas en previos trabajos de investigación se mejorarían los índices productivos y reproductivos de los rumiantes.

Tabla 1: Exportaciones de carne vacuna de los líderes mundiales

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
India	1.881	2.082	1.806	1.764	1.825	1.850
Brasil	1.849	1.909	1.705	1.698	1.760	1.825
Australia	1.593	1.851	1.854	1.480	1.450	1.525
Estados Unidos	1.174	1.167	1.028	1.159	1.285	1.320
Nueva Zelandia	529	579	639	587	570	570
Canada	333	380	398	443	475	475
UE	244	301	303	344	400	420
Uruguay	340	350	373	421	432	420
Paraguay	326	389	381	389	380	380
Argentina	186	197	186	216	280	350
Mexico	166	194	228	258	280	295
Otros	618	598	644	663	654	626
Total	9.239	9.997	9.545	9.422	9.791	10.056

Fuente: USDA – Informe del 12 de octubre de 2018 – en miles de toneladas equivalentes con huesos.

Volviendo al informe del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), los exportadores líderes que siguen en aumento para el año 2018 son México, Australia y la Unión Europea con 5%, Brasil con 4%, EE. UU. con 3% y la India con 1%. A su vez, Nueva Zelandia, Canadá y Paraguay no mostrarán cambios. Sólo Uruguay, de entre los principales 11 exportadores, marcará una caída de 3%.

Con estos números recién elaborados y distribuidos, Argentina terminará 2017 y 2018 en el décimo lugar entre los exportadores, luego de haber ocupado el onceavo puesto en 2016. Además, acerca su nivel de embarques a los de Paraguay y Uruguay (8 y 16% menores, respectivamente) cuando hasta 2015 estos países duplicaban a las exportaciones argentinas, en una situación anómala.

Con relación a la demanda internacional, el USDA pronostica que China, principal importador, aumentará sus compras 11% en 2018. En un orden más general, indica que la producción mundial de carne vacuna crecerá 2% en 2018, llegando a 62,6 millones de toneladas y las exportaciones totales se incrementarán 3%, hasta 10,1 millones, lo que significa que se comercializará el 16% de la producción total, (Herrera, 2019).

Sistemas comerciales

Semi-intensivos

Son sistemas en los que el ganado está sometido a cualquier combinación de métodos de cría extensivo e intensivo, o bien simultáneamente o bien de forma alternada, según cambien las condiciones climáticas y el estado fisiológico del ganado, (OIE, 2012).

Intensivos

Son sistemas en los que el ganado está confinado y depende por completo del hombre para satisfacer las necesidades diarias básicas tales como alimento, refugio y agua, (OIE, 2012).

El sistema intensivo es un gran sistema en que tradicionalmente se ha dividido la explotación del ganado. Supone una forma de explotación

animal altamente tecnificada, dirigida no ya al aprovechamiento de los recursos naturales de otra forma improductivos, como en el caso del régimen extensivo, sino por el contrario, a situar al ganado en condiciones tales que permitan obtener de él altos rendimientos productivos en el menor tiempo posible.

Obviamente, el fenómeno de la explotación intensiva no ha surgido espontáneamente, sino al compás del desarrollo de una serie de conocimientos científicos y de avances tecnológicos, de entre los que destacaríamos los referentes a la genética, nutrición y alimentación, higiene y sanidad y construcciones y utillaje ganadero, los cuales han permitido, por un lado que el animal exprese sus máximas posibilidades productivas, y por otro lado, la racionalización óptima de todas las labores de manejo (Sotillo & Vijil Maeso, 1978).

Aparicio (1961), señala, una serie de factores que concurren en la explotación intensiva:

- **Relativos al terreno:** superficies apropiadas al número de animales que se pretenden explotar y existencia de zonas regables o, al menos con gran capacidad forrajera, etc.
- **Referentes al ganado:** biotipos constitucionales, gran capacidad de transformación, alto índice de fecundidad, etc.

- **Factores complementarios:** climatología óptima, edificaciones adecuadas, ciclos alimenticios ininterrumpidos y equilibrados, estado sanitario óptimo, canales efectivos de comercialización, (Aparicio, 1961)

En resumen, se trata de tres aspectos que permiten definir la explotación intensiva como aquella que, abordada con un criterio empresarial, se caracteriza por un control completo sobre los animales seleccionados para una determinada aptitud, aportando los medios necesarios como alimentación, mano de obra, instalaciones, etc. para posibilitar la maximización de las producciones. (Aparicio, 1961)

En la explotación intensiva el factor trabajo tiene una influencia decisiva. La mano de obra exige una cualificación muy superior a la de las explotaciones extensivas debido a la mayor complejidad técnica de los medios que maneja.

Por otro lado, este tipo de explotación necesita otro tipo de mano de obra que no siempre tiene reflejo contable directo, ya que se trata de la labor de dirección y gestión que, al margen de caracterizar al propio régimen intensivo, influye sobre la rentabilidad de tres formas distintas:

1. Disminuyendo los costes de producción, combinando adecuadamente los factores productivos.
2. Revalorizando los productos, a través de la obtención de la calidad comercial que exige el consumidor.
3. Integrando la explotación bajo la forma empresarial más idónea (cooperativa, integración, etc.), (Aparicio, 1961)

Pero quizás sea el capital el factor productivo más característico y de mayor influencia en la explotación intensiva. Así, tanto el capital fijo, como el circulante, son la base que conforma el carácter empresarial que define a este tipo de explotación, (Sotillo & Vijil, 1978).

En el capital fijo cabe incluir edificios, instalaciones, maquinaria, equipo y animales. Su influencia sobre la productividad se ejerce de las siguientes maneras:

- Aumentando el rendimiento de los animales, a través de la producción que ejercen estos alojamientos.
- Reduciendo la mano de obra necesaria al facilitar el manejo y por tanto minimizar el trabajo ejercido por unidad de producción.

- Mejorando el estado sanitario del ganado, al permitir un control más estricto de los animales, (Sotillo & Vijil Maeso, 1978).

Un aspecto muy importante dentro del sistema intensivo hace referencia a las características de las construcciones ganaderas y que según Vera y Vega (1979) ha de cubrir los siguientes objetivos:

- Fisiológicamente ha de ser adecuada al tipo de animales considerados ya las producciones que de ellos se esperen.
- Laboralmente, ha de ser conveniente para aminorar el trabajo humano y facilitar su sustitución por el grado de mecanización más apropiado.
- Constructivamente ha de reunir ciertas condiciones en cuanto a técnica, seguridad, solidez y conservación, durante el tiempo de amortización previamente calculado. (Sotillo & Vijil, 1978)

Mientras que hace unos años existía la tendencia a construir para toda la vida, en la actualidad se busca sólo una solidez constructiva que permita cubrir el tiempo de amortización, ya que la obsolescencia desaconseja el empleo de una construcción ganadera más allá del momento en que sus características laborales y tecnológicas dejan de ser las óptimas.

Por ello los períodos de amortización deben establecerse en función de esa utilidad y, a su vez, la duración del edificio en relación con la amortización prefijada, (Sotillo & Vijil, 1978)

Sistema intensivo de ganado de carne

En las alternativas intensivas de producción de carne bovina, los terneros recién destetados se someten de inmediato a una ración de engorda, en corral o potrero, con forrajes conservados, granos y/o subproductos. Los terneros pueden iniciar la engorda enteros o castrados. En el caso de no castrar, debe tenerse presente que se terminará con toritos, con edades generalmente inferiores a 15 meses. Los terneros deben pesar al destete, e inicio de la engorda alrededor de los 200 Kg.

El realizar engorda con toritos tiene ciertas ventajas y también problemas, en las ventajas puede señalarse, a modo de ejemplo, que los incrementos diarios de peso vivo son superiores (en general 12% a 15%) a los obtenidos con novillos y se produce una carne más magra.

En las desventajas, es que se requiere algo más de tiempo para obtener una aceptable cobertura de grasa en las canales. En relación con el manejo, los toritos deben mantenerse alejados de los vientres y es difícil el ingreso de nuevos animales al grupo de toritos; puesto que,

los animales antiguos del grupo le pegan a los que ingresan e incluso pueden lesionarlos y llegar a causarles la muerte.

Descripción de los sistemas intensivos de producción de carne:

Estabulación

En este sistema se pretende una mayor producción y mejor calidad de la carne en el menor tiempo posible. El objetivo es proporcionar cantidades adecuadas de alimento de buen valor nutritivo, aproximándose lo máximo posible a la satisfacción de los requerimientos del animal, para que éste muestre todo su potencial genético en la producción de carne. (Villalobos, 2001). Los animales permanecen confinados todo el tiempo, por lo que realizan muy poco ejercicio físico; toda la alimentación se les brinda en el comedero, por lo tanto, se debe contar con mano de obra capacitada. Además, las instalaciones deben ser funcionales y prácticas con pisos de cemento para evitar el encharcamiento.

Semiestabulación

Este sistema consiste en tener confinados los animales en ciertas horas (de las 7 am a las 12 m e incluso hasta las 5 pm) y brindarles parte de la alimentación en la canoa y el resto la obtienen de los potreros en los

cuales se manejan cargas animales altas (5 UA/ha).Este sistema demanda menos cantidad de mano de obra que la estabulación completa; además, el área de los forrajes de corte se reduce y el ganado sale a pastorear a los potreros de pasto mejorado, debidamente divididos en apartos con cerca viva o con cerca eléctrica y un sistema de rotación adecuado, (Arronis, 2017).

Suplementación Estratégica

Este sistema tiene los costos más bajos, se colocan algunos comederos y bebederos techados entre los apartos donde se brinda la suplementación. Los animales pasan todo el tiempo en los potreros sometidos a una rotación adecuada; también se utiliza el diseño de pastel en el cual el corral con los comederos y bebederos se ubica en el centro y los potreros alrededor con portillos de acceso, que se abren para que los animales estén entrando y saliendo cuando lo deseen a consumir el suplemento.

Otro diseño adecuado es el del pasillo central en el cual se ubican los comederos y bebederos y a ambos lados se sitúan los apartos. En general este sistema posee costos de mano de obra muy bajos. En este documento se presenta una serie de recomendaciones sobre los sistemas intensivos de producción de carne; se espera sean de utilidad

práctica para todos los interesados en incursionar en una nueva forma de producción ganadera, (Arronis, 2017).

Componentes básicos de la dieta

Agua

Es uno de los componentes más importantes de la alimentación, cuya calidad y cantidad no siempre es bien valorada. El ganado sufre más rápidamente por falta de agua que por la deficiencia de cualquier otro nutriente. Es importante que esté limpia y fresca para el mejor aprovechamiento de los animales; ella representa desde la mitad hasta las dos terceras partes de la masa corporal en el animal adulto y hasta un 90% en el recién nacido. Recuerde que un bovino adulto necesita alrededor de 50 litros al día (10-15 l/agua por cada 100 kg de peso.), (Arronis, 2017).

Energía

El cuerpo del animal es comparable con el motor de un carro, requiere de repuestos para su mantenimiento o reparación, y combustible o energía para su funcionamiento. Lo primero es aportado por el agua, proteínas y minerales, el combustible por la energía (azúcar, almidones, celulosa, etc.) Los pastos tienen ciertas cantidades de

energía; sin embargo, en la mayoría de los casos se presentan deficiencias, (Arronis V. T., 1998).

Proteínas

Son nutrientes muy importantes porque se encuentran en todas las células del cuerpo animal y están implicadas en la mayoría de las reacciones químicas del metabolismo de los animales. Es limitante principalmente en la época seca, para solucionar este problema se pueden utilizar fuentes altas en proteína como leguminosas forrajeras: Poró, Madero Negro, Leucaena, Cratylia, Maní Forrajero, etc. Los pastos poseen cantidades importantes de proteína pero que no son suficientes para los requerimientos del animal, (Arronis V. , 2001).

Minerales

Los minerales son indispensables para obtener buenas ganancias de peso en los novillos. Se recomienda tenerlos siempre a disposición de los animales o sea a libre consumo.

Se conocen 15 elementos minerales indispensables, los cuales se dividen en dos categorías:

- Macrominerales: calcio, fósforo, cloro, sodio, magnesio, potasio, azufre.
- Microminerales: selenio, hierro, cobre, manganeso, yodo, zinc, cobalto, molibdeno.

Los forrajes generalmente son deficientes en algunos minerales, por lo cual es necesario suministrar mezclas minerales balanceadas.

Para elaborar un suplemento mineral de buena calidad; por ejemplo, se mezcla 1 parte de premezcla mineral y 2 partes de sal común y esta mezcla se ofrece a libre consumo al ganado, (Solis, 2001).

Vitaminas

Las vitaminas se ocupan en cantidades muy pequeñas y se encuentran en los alimentos que come el ganado, en los forrajes verdes o bien son sintetizados por los mismos animales, por lo que muy pocas veces se recomienda aplicarlas; se les pone a animales que consumen solamente forrajes secos o animales que están enfermos, convalecientes, desnutridos o durante sequías prolongadas, (Solis, 2001)

Alimentación alternativa

La base en la alimentación diaria del ganado de carne es el pasto Saboya es los sistemas extensivos, y residuos agrícolas de cosecha y de la agroindustria la que mejora con el pastoreo a través del consumo de gramíneas leguminosas, rastreras y arbustivas.

El nivel de inclusión de residuos de cosecha agrícolas y agroindustriales en la dieta dependerá de sus características nutricionales, por lo que se debe tener en cuenta su digestibilidad y características de aceptabilidad, utilización digestiva y comportamiento o respuesta animal (FAO, 2012).

Residuos de cosecha y agroindustriales

Actualmente ya se utilizan de modo primario los subproductos en alimentación animal, tales como los residuos de cultivos tropicales (banano, piña, maracuyá, cacao, etc.). Aunque su uso se está generalizando, la industria productora de alimentos para el ganado sólo ha incorporado una pequeña parte de la variedad de subproductos generados, en pequeños volúmenes, mediante aportación directa a la ración y de modo desbalanceado. En la mayor parte de los casos, su uso se limita a las zonas de producción ya que los procesos de conservación y mejora desarrollados hasta el momento no son

económicamente viables, las dietas están poco desarrolladas y, todavía más importante, no hay inventarios fiables de subproductos ni tablas de valoración adecuadas.

Desde el punto de vista tecnológico, la manipulación y conservación de estos subproductos es deficitaria. Los principales problemas que plantea la conservación de subproductos son su contenido de agua relativamente alto y la presencia de sustancias tales como grasas o factores antinutricionales (Barros, 2019). La deshidratación es hoy un proceso caro debido a la energía que requiere. Además, su eficacia como forma de conservación de subproductos ricos en sustancias grasas parece muy limitada. Los pocos ensayos efectuados en pequeña escala de conservación por ensilado indican una posibilidad de conservación más sencilla, económica y eficaz utilizando el método de ensilado por amontonamiento, que permite almacenar cantidades muy variables que oscilan desde algunas toneladas a varios centenares. Dado que la mayor parte de subproductos frescos se conservan muy poco tiempo, debe distribuirse muy rápidamente a los animales o ensilarse lo antes posible para que no se altere.

Políticas y lineamientos del PNVB (2013-2017):					
Garantizar la producción, manufactura, industrialización y comercialización, de productos y subproductos pecuarios, que sean económicamente rentables, que permitan incrementar los niveles de vida e impulsar la producción de forma sostenible y sustentable.	Caracterización y tipificación de subproductos y residuos tropicales de uso alimenticio en alimentación del bovino de doble propósito.	Inocuida, salubridad y calidad.	Garantizar el abasto, variedad y precios razonables.	Prácticas productivas sostenibles.	Contribuir a transformar el modelo de la matriz productiva; donde se evolucione de una matriz productivista por intensificación a una matriz del conocimiento y generar valor agregado en los productos agroalimentarios,

Figura 1: Justificación del uso de subproductos.

Por otra parte, un amplio número de experimentos han indicado un bajo valor nutricional de los subproductos y una deficiente digestibilidad de los residuos y subproductos, lo que suele explicarse por una disminución de la actividad enzimática y de la microbiota simbiótico en las diferentes especies animales. Algunos subproductos presentan una fuerte concentración de ácidos grasos libres que puede producir alteraciones en la digestión y el apetito (Edwin et al., 1956; Buysse, 1962; Yanschoubroek, 1965). Otros pueden actuar a través de compuestos simples, del tipo de los fenoles, que inhibirían la fermentación, o más complejos, del tipo de los taninos, que harían insolubles las proteínas de la ración o del propio subproducto (Theriez y Boule, 1970). Asimismo, en los subproductos ricos en

lignina y pobres en contenido celular como los orujos o la paja, se produce un fenómeno de protección de los hidratos de carbono vinculados a la lignina. En efecto, cuando se han tratado con álcalis, su digestibilidad casi se ha cuadruplicado (Nefzaoui, 1983). No obstante, son limitados los estudios realizados sobre la digestibilidad de muchos subproductos y sus resultados son muy heterogéneos. Además, las condiciones de los ensayos no siempre están claramente definidas y corresponden a ciclos diferentes, productos de diverso origen, etc., lo que crea problemas para la interpretación de los resultados obtenidos.

Respecto al mejoramiento del valor nutritivo de residuos y subproductos, como en el caso de la paja, es sobre todo el tratamiento con álcalis el que ha sido objeto de más investigaciones (Mercia, 2015). Así, destaca el tratamiento con soda, con el que se ha conseguido que la digestibilidad aumente hasta alcanzar valores del 50 al 70 por ciento cuando se emplean cantidades del 6 al 8 por ciento de sosa en orujo (Abdouli, 1979; Nefzaoui, 1979). A través de estudios realizados en microsilos con álcalis han demostrado que la digestibilidad *in-situ mejora* de manera importante utilizando grandes dosis de sosa (8 por ciento) y es superior a la obtenida con el

amoníaco. El tratamiento con amoníaco gaseoso también en microsilos con melaza también deriva un aumento importante de su valor nutritivo, en particular por un enriquecimiento en nitrógeno y el aumento de la digestibilidad de todos los nutrientes y en particular de las sustancias nitrogenadas. Los ensayos realizados por Nefzaoui y Deswysen (1982) sobre subproductos ensilados con excrementos de aves han demostrado que se conservaban muy bien los productos ensilados con un 70 por ciento de excrementos que se habían acumulado durante menos de 21 días. Destacan también los estudios de Vaccarino et al., (1982) que han comparado tratamientos con distintas dosis de NaOH y Ni_2CO_3 en orujos parcialmente deshuesados.

Dentro del grupo de subproductos disponible, su estrategia de valorización debe determinar, por una parte, cuáles son los subproductos idóneos para el proceso fermentativo, atendiendo a su composición química y valor nutritivo, así como determinar el valor biológico de los productos transformados, de modo que permitan su utilización con garantías técnicas y económicas en la alimentación de las diferentes especies animales y estados productivos. Por otra parte,

se deben contemplar criterios adicionales que permitan la industrialización del proceso de transformación y su comercialización.

En este libro se aborda la elección de los subproductos a utilizar. En Ecuador se produce una gran cantidad y variedad de residuos y subproductos agroalimenticios tropicales y se conoce parcialmente la composición química-nutricional de algunos de ellos, que son muy aptos para el proceso fermentativo. No obstante, la dispersión de la producción y el escaso volumen global de algunos de ellos no justifican un empleo de estos a escala industrial, debiéndose limitar su empleo ganadero a las zonas próximas a la producción. Por otra parte, el volumen y calendario de producción y posible aptitud para su conservación fuera de las épocas de producción. En la actualidad no se dispone de suficiente información aplicada (factores de calidad, mezclas, procesos tecnológicos a pequeña escala) sobre la posibilidad de aplicar distintas técnicas de conservación (henificación y ensilado) que pudieran permitir un aprovechamiento fuera de las épocas de producción de muchos subproductos. La conservación tiene unas dificultades adicionales como son la elevada humedad y la heterogeneidad de la mayoría de estos productos. En una segunda etapa se aborda el estudio de la utilidad de los productos

transformados a dos niveles: el valor químico-nutricional y por otra parte su valoración biológica.

Con este libro se busca generar el conocimiento de base para su implantación industrial. Conocer la capacidad para atender a las necesidades nutritivas de los animales es esencial para la introducción de cualquier subproducto en un sistema de alimentación. Hasta el momento se conoce parcialmente la composición química- nutricional de muchos subproductos y residuos, pero se conoce muy poco sobre su aptitud para ser aprovechados eficientemente en alimentación animal (Aguilera, 1989; Boza et al., 1984).

Este estudio sólo aborda una primera etapa, ya que estudios posteriores es necesario su valoración productiva (con distintas especies y estados fisiológicos), las pautas de utilización en las especies de interés y la propuesta de raciones adecuadas a cada estado productivo y especie animal. Finalmente, habría que implantarlo en centros de engorde. Contemplar la evaluación del rendimiento productivo en una red de fincas de referencia, que permitan una estimación del coste de la unidad alimenticia. Solo así se podrá establecer una comparación respecto a fuentes de alimento tradicionales.

El contexto ecuatoriano en la Costa

El intervalo de las precipitaciones en el litoral ecuatoriano provoca una época de alta productividad de las pasturas (presencia de lluvias) y otra de escasez (ausencia de lluvias) que deprimen la productividad de los hatos ganaderos. Por otra parte, la gran diversidad de cultivos tropicales y de recursos forrajeros existentes son en gran parte desaprovechada; pues, no se implementan sistemas de conservación, debido al desconocimiento de los beneficios de esta práctica, el desconocimiento de su valor productivo, de su utilidad y la disponibilidad de los materiales potencialmente almacenables (Espinoza *et al.*, 2016).

Los residuos industriales siguen convirtiéndose en un gran problema ya que los subproductos pueden ser más del 50% del volumen aprovechable en la industria, consecuencias no solo ambientales sino económicas, estas empresas tienen que asumir altos costos de disposición de éstos, por tanto, estos residuos pueden ser aprovechados en la alimentación animal (Yepes *et al.*, 2008).

La utilización de subproductos en la alimentación de rumiantes cumple con la expectativa de remediar los problemas de escases de forraje durante la época crítica, así como reducir los costos; cada día

se torna fundamental obtener resultados que vayan en beneficio de la coyuntura nacional para optimizar la producción en menor espacio físico y tiempo (Almeida *et al.*, 2014).

Los residuos se generan a distintos niveles y en cada fase se constituyen en nuevas materias primas pendientes de identificación, valoración y cuantificación, así como de evaluación para su incorporación en alimentación animal.

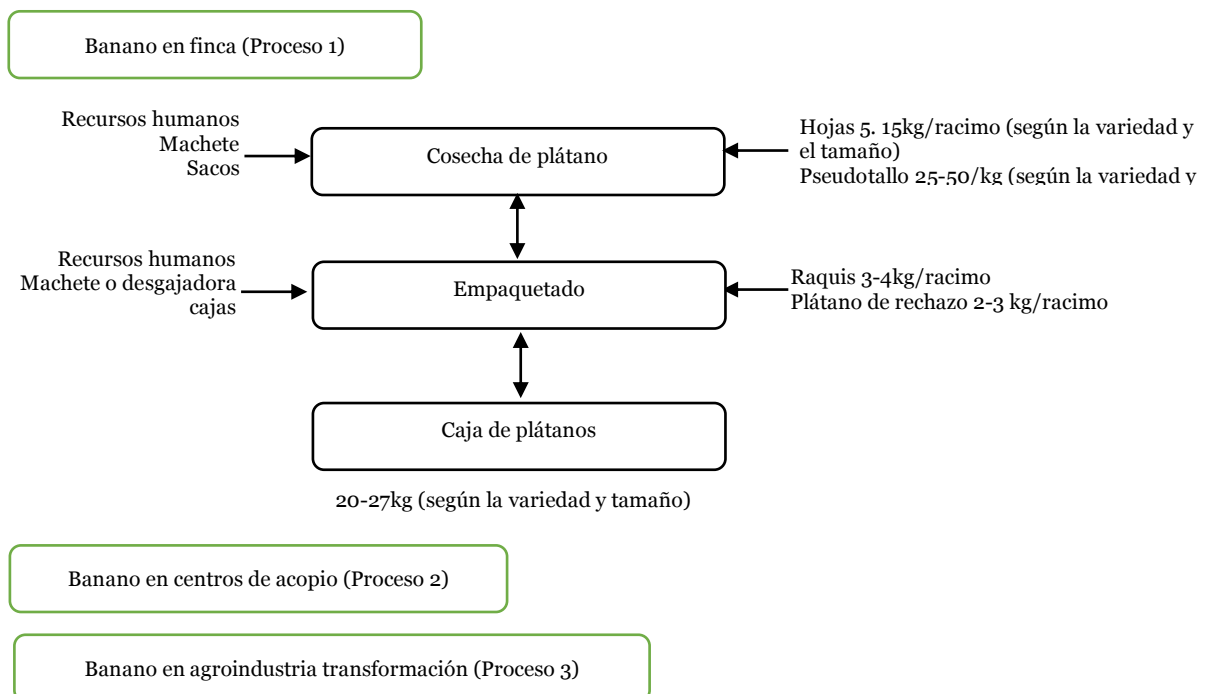


Figura 2: Caja negra del plátano.

Por ende, los residuos que se procesan en las industrias de jugos y alimentos generan problemas ambientales y económicos, debido a que

muchas empresas deben asumir los costos de eliminar estos y los cambios en los contextos globales de producción conllevan a fortalecer la utilización de subproductos que habitualmente eran desechados y con el tiempo tienen diversas aplicaciones en la alimentación de rumiantes recursos en la alimentación del ganado. En líneas generales pueden tener tres orígenes: a) desechos en la clasificación por calidad, ya sea por tamaño o por daño, b) residuos dejados en el campo, y c) residuos del enlatado y la producción de jugos (INTA, 2002).

Una alternativa ante este déficit estacional de alimentos para el ganado es el ensilaje, que es forraje verde picado conservado en ausencia de aire y recolectado en bolsas plásticas o en depósitos denominados silos (Medina, 2015).

El caso de la piña representa un ejemplo de esto, por sus características podría utilizarse como alimento potencial del ganado (López *et al.*, 2009; López *et al.*, 2014). La agroindustria de la palma aceitera ampliamente distribuida en Ecuador, promovida por grandes flujos de inversión ha experimentado un crecimiento tecnológico y económico importante (Landívar *et al.*, 2011), sin embargo, proporcional a este crecimiento la producción de desechos es un problema latente que se debe prestar el interés pertinente. En este

sentido, la búsqueda de recursos alimenticios para rumiante mediante técnicas de aplicación *in vivo in situ* e *in vitro* utilizando los subproductos (extracción de frutas de palma aceitera, maracuyá, piña y plátano), pueden ser aprovechados para la alimentación de los rumiantes, la mayoría incorporados en la ración con pastos, dado por su alto contenido de carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y pectinas). Sin embargo, estos residuos se caracterizan por su alto contenido de humedad, hecho que dificulta su almacenamiento y preservación, pero una alternativa para preservar este tipo de materiales es la elaboración de ensilajes, método que permite almacenar grandes volúmenes de material a bajo costo en época de cosecha y suministrar alimento a los animales de forma regular a lo largo del año (Espinoza *et al.*, 2017).

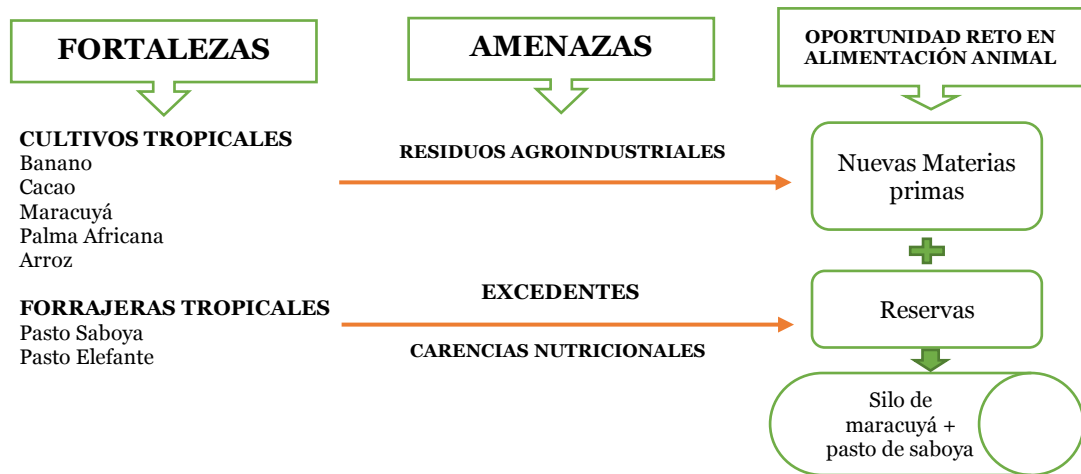


Figura 3: Estrategia de uso de residuos en alimentación animal.

Por consiguiente, el efecto de la inclusión de los subproductos de piña, maracuyá, plátano y efluente de palma aceitera sobre la composición química del ensilaje de pasto Saboya, permite conocer la interacción de los componentes en el periodo de almacenamiento, constituyendo una alternativa para aprovechar de manera eficiente los recursos forrajeros, para la época de escasas estacional del litoral ecuatoriano.

Referencia Bibliográfica

- Aparicio, S. G. (1961). *Producciones pecuarias (explotaciones ganaderas)*,. Córdoba: Imprenta Moderna. .
- Arronis, D. V. (enero de 2017). *RECOMENDACIONES SOBRE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUCCION DE CARNE: ESTABULACION, SEMIESTABULACION Y SUPLEMENTACION ESTRATEGICA EN PASTOREO.*

- Obtenido de
http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_animal/estabulacion.pdf
- Arronis, V. (2001). *La Ganadería Moderna como Alternativa de Desarrollo Sostenible*. I Ecoforo de la Zona Sur.: Golfito, C.R., FICOSA, PDR. 5p.
- Arronis, V. T. (1998). *Sistemas Intensivos de Producción Bovina. Boletines: (1) Alimentación. (3) Establecimiento y Manejo de Forrajes. (2) Infraestructura*. San José, C.R.: Ministerio de Agricultura y Ganadería. : Depto. de Investigaciones Agropecuarias. 27 p.
- Herrera, S. (07 de marzo de 2019). *Infoagro*. Obtenido de Argentina dentro de los 10 mejores exportadores de carne para el 2018: <https://infoagro.com.ar/argentina-dentro-de-los-10-mejores-exportadores-de-carne-para-el-2018/>
- OIE. (2012). *Código Sanitario para los Animales Terrestres de la OIE*. Obtenido de CAPÍTULO 7.9 . BIENESTAR ANIMAL Y SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE GANADO VACUNO DE CARNE:
https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/International_Standard_Setting/docs/pdf/E_Update_2012_Chapter_7.9._Beef_cattle.pdf
- Solis, G. (2001). *Antología para el Curso de Economía de la Producción*. Turrialba, C.R. CATIE.
- Sotillo, R. J., & Vijil Maeso, E. (1978). *Producción animal. Bases Fisiocootécnicas*, León, . Editorial Mijares, 531 pp.

- Sotillo, R. J., & Vijil, M. E. (1978). *Producción animal. Bases Fisiocootécnicas*. León,: Editorial Mijares, 531 pp.
- Vera, & Vega, A. (1979). "Futuro de la explotación ovina en España. Problemas, perspectivas y posibilidades", *IV Jornadas de la Sociedad Española de Ovinotecnia*, . Zaragoza, : Universidad de Zaragoza, pp. 329-356. .
- Villalobos, M. 2. (2001). *Estabulación y Semiabulación de Ganado de Carne: Análisis Económico e Impacto Ambiental. Curso de Aspectos Socioeconómicos del Desarrollo Sostenible*. San José C.R. Universidad de Costa Rica.: Programa de Doctorado en Sistemas de Producción Agrícola Tropical Sostenible.

Capítulo II. Composición química y cinética de degradación ruminal In Vitro del ensilado de pasto saboya (*Megathyrsus maximus*) con inclusión de residuos de frutas tropicales.

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue estudiar el efecto de combinar tres residuos de frutas tropicales (maracuyá, piña y plátano) con pasto Saboya sobre la composición química y la degradación ruminal *in vitro* del ensilado obtenido. El forraje y los residuos fueron picados y homogeneizados y se prepararon cuatro combinaciones: pasto Saboya como único material a ensilar y pasto Saboya mezclado con un 15% sobre base fresca de residuo de maracuyá, piña y plátano. El ensilaje se realizó en microsilos experimentales (6 réplicas por tratamiento). Tras 60 días (d), los microsilos se abrieron y se tomaron muestras representativas para determinación de la composición química y la degradación ruminal *in vitro* de la materia seca (MS), la fibra neutro detergente (FND) y la fibra ácido detergente (FAD) a 0; 3; 6; 12; 24; 48 y 72 horas. Los residuos de frutas tuvieron relativamente

pocos efectos sobre la composición química de los ensilados. La degradabilidad efectiva de la MS no mostró diferencias entre los ensilados con residuo de piña y maracuyá ($P > 0,05$), y fue mayor que en los otros ensilados ($P < 0,05$). El ensilado con residuo de piña y, en menor medida, el que incluyó residuo de maracuyá mostraron valores más elevados de degradabilidad efectiva de la FND y la FAD en comparación con los ensilados de pasto Saboya o pasto Saboya con residuo de plátano ($P < 0,05$). Estos resultados sugieren que la combinación de pasto Saboya con residuos de piña y maracuyá para la elaboración de ensilados podría ser una forma eficiente de disponer de éstos, reduciendo el riesgo medioambiental y contribuyendo a la mejora de la alimentación del ganado.

Palabras clave: Pasto Saboya; subproductos de frutas; ensilado; degradabilidad *in vitro*

Introducción

El cultivo de pasto Saboya (*Megathyrsus maximus*) está ampliamente extendido en las regiones tropicales de ambos hemisferios, jugando un papel muy importante en la alimentación del ganado vacuno (*Bos*

Taurus y *Bos indicus*) [1]. Sin embargo, su producción es marcadamente estacional, lo que constituye una limitación para el uso eficiente y sostenible.

No obstante, dicha restricción puede paliarse mediante la conservación de los excedentes en forma de ensilado, para su posterior utilización en el período seco [11]. La edad más apropiada de corte para la elaboración de ensilaje de pasto Saboya está comprendida entre 42 y 63 días (d) [10]. Sin embargo, su bajo contenido de materia seca (MS) y carbohidratos fermentables, y su elevada capacidad tampón [10, 12, 35] pueden dificultar el proceso de ensilado y afectar la calidad nutritiva del producto final [6]. Los inconvenientes mencionados pueden compensarse con la inclusión en el ensilado de residuos del procesamiento de frutas tropicales [31].

La producción de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.), plátano (*Musa sapientum* L.) y piña (*Ananas comosus* L.) está extendida en los países tropicales. La disposición apropiada de los residuos originados en su procesamiento, sin riesgos medioambientales, supone un costo que las industrias deben asumir, mientras que alternativamente, dichos residuos pueden suponer una fuente potencial de alimentos para los

animales en las épocas de carestía de forrajes [8, 27]. De hecho, su composición química los hace especialmente adecuados para su uso en alimentación de rumiantes [15, 24, 35, 36]. Su utilización en alimentación animal favorece la sostenibilidad ambiental, no compite con la alimentación humana y transforma el residuo en materia prima de otro proceso productivo, de acuerdo con la bioeconomía y la economía circular [30].

Trabajos previos han evaluado la composición química, características fermentativas y valor nutritivo del ensilado de pasto elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*) con inclusión de residuo de maracuyá [9, 13, 33] y piña [18, 31]. Sin embargo, la información referida al ensilado de residuo de plátano con gramíneas tropicales es limitada [14]. Además, datos referidos al ensilaje de pasto Saboya en combinación con los residuos mencionados es muy escasa [15, 16]. La utilización apropiada de nuevos alimentos en las raciones del ganado requiere el conocimiento de su composición química y comportamiento digestivo [32].

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la inclusión de residuos de maracuyá, piña o plátano en el ensilado de pasto Saboya sobre la composición química y la cinética de degradación ruminal *in*

vitro de la MS, fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD).

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), provincia de Los Ríos, Ecuador. El pasto Saboya se obtuvo de una parcela establecida en el Campus Experimental “La María” de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la UTEQ. Se realizó un corte de igualación y se cosechó a los 45 días (d), no se realizó fertilización ni riego.

Los residuos de maracuyá, plátano y piña se obtuvieron de la empresa TROPIFRUTAS S.A., la empresa ORIENTAL S.A. y el mercado local, respectivamente, en Quevedo (Ecuador). El residuo de maracuyá consistió principalmente en cáscaras mezcladas con cantidades inferiores de pulpa y semillas. Los residuos de plátano y piña fueron exclusivamente la cáscara de la fruta. Muestras representativas del pasto segado y los residuos de frutas se recogieron previamente al ensilaje para la determinación de la composición química.

Se investigaron cuatro ensilados: pasto Saboya como único producto, y pasto Saboya con la inclusión de 15% en base fresca de residuo de maracuyá, piña o plátano. Para ello, se utilizaron 24 silos experimentales (6 por tratamiento), contruidos con tubos de policloruro de vinilo (PVC) de 30 centímetros (cm) de longitud por 10 cm de diámetro, con una capacidad de almacenamiento de 3 kilos (kg) [29], modificados para la extracción de efluentes [14]. Tanto el pasto como los residuos se picaron en una picadora de pasto (Trapp® ES 400, Tapp, Jaraguá do Sul, Brasil) para reducir las partículas a 2-5 cm de longitud. El material se pesó (MOBBA BS, Mobba, Barcelona, España), de acuerdo con los tratamientos, y se homogenizó concienzudamente antes de introducirlo en los silos. La compactación fue manual, tipo tornillo, y el sellado bajo presión se realizó con patones de PVC, tornillos y cinta de embalaje.

Los silos sellados se colocaron en un depósito a temperatura ambiente ($26 \pm 0,6$ °C), con iluminación natural, sin radiación solar directa. La apertura de los silos se hizo tras 60 d de almacenamiento, el contenido de cada silo se homogenizó manualmente y se recogió una muestra de 1 kg para el estudio de su composición química. Estas muestras se secaron en estufa (Memmert UN55, Memmert, Schwabach, Alemania)

durante 48 horas (h) y posteriormente se trituraron en un molino (Model 4 Wiley Mill, Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, EUA) con criba de 2 milímetros (mm).

En las muestras de pasto Saboya, a los tres residuos, y ensilados se les determinó el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas y proteína bruta (PB), de acuerdo con los métodos de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) [4], y de FND y FAD, con el procedimiento de ANKOM Technology [3].

Para determinar la degradabilidad ruminal *in vitro* de la MS, FND y FAD en cada uno de los tratamientos se preparó una muestra compuesta con alícuotas de 150 gramos (g) de los microsilos correspondientes a cada tratamiento. Se siguió el protocolo recomendado por el fabricante del sistema de incubación DAISY II[®] [2], usando bolsas filtro ANKOM F-57 (Ankom Technology, Macedon, NY, EUA) con tamaño de poro de 25 micromilímetros (μm) y dimensiones de 5 x 4 cm, fabricadas de poliéster/polietileno con filamentos extruidos en una matriz de tres dimensiones [19].

En cada bolsa se introdujeron 0,5 g de muestra molida y luego se sellaron con prensa térmica (Heat Sealer 1915, Ankom Technology, Macedon, NY, EUA). Por cada tratamiento y tiempo de incubación (0;

3; 6; 12; 24; 48 y 72 h), se incubaron seis bolsas y dos vacías que sirvieron como blancos para determinar el factor de corrección para el efecto del lavado [1]. La relación entre la solución tampón y el inóculo ruminal fue 3:2. El inóculo ruminal se obtuvo de tres bovinos Brahman (*Bos indicus*) de 500 kilos (kg) \pm 25 kg de peso vivo, castrados y fistulados en el rumen, mantenidos en pastoreo libre sobre pasto Saboya. Para la preparación del inóculo, se extrajo líquido ruminal de los animales, a través de la cánula, con una bomba de vacío manual (VACU-H01-001, Laboxx, Mataró, España) en termos (TRSL 1400, Orbegozo, Murcia, España) aclimatados a 39 °C. Los termos se trasladaron inmediatamente al laboratorio y su contenido se filtró con una cuádruple gasa estéril sobre un matraz continuamente saturado con CO₂. Finalmente, el inóculo se introdujo junto con la solución tampón y las bolsas con las muestras en las jarras de fermentación, que se purgaron durante 30 segundos (s) con CO₂, se sellaron, y se pusieron en incubación. Al final de cada tiempo de incubación, las bolsas correspondientes se lavaron con agua fría hasta obtener un efluente transparente y posteriormente se secaron en estufa (MemmertUN55, Memmert, Schwabach, Alemania) a 65 °C durante 48 h, para determinación de la MS, FND y FAD, como se ha señalado

más arriba. La desaparición de la MS, FND y FAD se ajustó a la ecuación $p = a + b \times (1 - e^{-ct})$ [28], donde p es la desaparición del componente a tiempo t , a es la fracción soluble por lavado de las bolsas a la hora 0 (%), b es la fracción insoluble pero potencialmente degradable (%), y c es la tasa de degradación horaria de b (h^{-1}). La degradabilidad efectiva (DE) de la MS (DEMS), FND (DEFND) y FAD (DEFAD se calculó para una tasa de paso ruminal (k) de $0,05 h^{-1}$ (valor medio en animales en crecimiento), de acuerdo con la ecuación $DE = a + [(b \times c)/(c+k)]$, donde a , b , c y k se han descrito anteriormente. Los parámetros de la cinética de degradación se calcularon con el modo de resolución GRG NONLINEAR de la función SOLVER (Microsoft Excel, Redmond, WA, EUA).

Todos los análisis estadísticos se hicieron mediante el programa SAS University Edition 3.5 [34]. Los datos se analizaron con el procedimiento GLM y las medias de mínimos cuadrados se compararon con la prueba de Tukey. La significación estadística se declaró a $P < 0,05$.

Resultados y discusión

La composición química del pasto Saboya y los residuos de maracuyá, plátano y piña utilizados en los ensilados se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 2: Composición química de los materiales utilizados en el ensilaje.

	Pasto Saboya	Maracuyá	Piña	Plátano
Materia seca (MS), %	14,57	14,00	15,17	15,37
Materia orgánica, % MS	84,48	93,00	95,40	91,66
Cenizas, % MS	15,52	7,00	4,60	8,34
Proteína bruta, % MS	8,61	7,29	3,69	5,05
Fibra neutro detergente, % MS	73,70	69,77	70,18	60,47
Fibra ácido detergente, %MS	33,91	26,72	32,43	29,63

Los contenidos de cenizas, FND y FAD del pasto Saboya fueron más altos que los de los residuos. Entre los residuos, el de maracuyá presentó el mayor contenido de proteína y el más bajo de FAD. El residuo de plátano tuvo el menor contenido de FND de los cuatro productos utilizados en el ensilaje. La composición del pasto Saboya y del residuo de maracuyá presentó valores similares a los reportados por [10, 31], respectivamente. Los valores obtenidos en los residuos de plátano y piña mostraron variaciones con los reportados por otros autores [14, 22, 23, 31], siendo las diferencias probablemente debidas

a las fracciones de la fruta que entraron en la composición de los subproductos investigados en cada trabajo.

La composición química del ensilado de pasto Saboya como único producto o con la inclusión de 15% de residuo de maracuyá, plátano o piña se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3: Composición química de los ensilajes de pasto saboya con inclusión de residuos de frutas

	Pasto Saboya + 15% de residuo de				EEM
	Pasto Saboya	Maracuyá	Piña	Plátano	
Materia seca (MS), %	17,95	17,04	17,34	16,73	0,247
Materia orgánica, % MS	83,70 ^b	86,14 ^{ab}	85,39 ^{ab}	87,03 ^a	0,292
Cenizas, % MS	16,29 ^a	13,85 ^{ab}	14,60 ^{ab}	12,96 ^b	0,289
Proteína bruta, % MS	5,19	5,58	5,01	5,04	0,148
Fibra neutro detergente, % MS	70,35 ^{ab}	70,78 ^{ab}	72,06 ^a	68,30 ^b	0,354
Fibra ácido detergente, %MS	35,18 ^{ab}	35,63 ^{ab}	39,59 ^a	32,49 ^b	0,831

EEM: error estándar de la media.

^{a,b,c} Las medias de mínimos cuadrados sin un superíndice común son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

La ausencia de efecto de la inclusión de los residuos ($P > 0,05$) sobre la MS del ensilado era de esperar porque la humedad de los cuatro productos fue similar. De hecho, los resultados de otros autores [26, 31, 33] sugieren que la humedad de los subproductos añadidos al forraje determina la humedad del ensilado obtenido. El contenido de MO fue mayor y el de cenizas menor ($P < 0,05$) en el ensilado con residuo de plátano que en el de pasto Saboya, presentando los

ensilados con maracuyá y piña valores intermedios. Estos resultados se explicarían por los contenidos de dichos componentes en los productos utilizados y están en coincidencia con los cambios observados en los ensilados de forrajes en respuesta a la inclusión de residuos de frutas [7, 15, 17].

El contenido de PB en los ensilados no se afectó ($P > 0,05$) por la inclusión de los subproductos, a diferencia de lo reportado por [7, 31] y en coincidencia con las observaciones de [14, 15, 33]. Las diferentes respuestas observadas podrían deberse a que el contenido de PB de los residuos de maracuyá y piña fue claramente superior al del pasto elefante (el doble en promedio) en los trabajos de [7, 31], mientras que los productos utilizados en nuestro trabajo y los de [14, 15, 33] tuvieron contenidos de PB similares. El ensilado con residuo de plátano tuvo menor contenido de FND y FAD ($P < 0,05$), probablemente debido a los menores contenidos de FND y FAD del residuo de plátano en comparación con el pasto Saboya. Los mayores contenidos de FND y FAD ($P < 0,05$) correspondieron al ensilado con residuo de piña, en contraste con los hallazgos de trabajos previos que encontraron una reducción lineal de los contenidos de FND y FAD en el ensilado de

pasto elefante al añadir cantidades crecientes de residuo de piña [7, 17, 31].

Esta diferencia se justificaría por los menores contenidos de FND y FAD en el residuo de piña utilizado por dichos autores (en promedio, 57,2 y 24,1%, respectivamente). Los resultados obtenidos en el presente trabajo y los de estudios previos indican, que la composición química de los subproductos en combinación con la del forraje determina la composición final del ensilado obtenido.

Los valores de degradabilidad ruminal *in vitro* de la MS, FND y FAD se muestran en la tabla a continuación. En conjunto, los resultados más favorables se observaron en el ensilado con residuo de piña, seguido por el ensilado con residuo de maracuyá. En el caso del ensilado con residuo de piña, los resultados se debieron a una tasa de degradación horaria más elevada ($P < 0,05$) ya que la DP de la MS y la FND no difirió ($P > 0,05$) entre ensilados, y la DP de la FAD fue similar entre los ensilados con residuos de frutas. Este comportamiento podría deberse a un menor grado de lignificación del residuo de piña en comparación con los restantes alimentos utilizados en los ensilados [10, 21, 23, 25], lo que pudo favorecer un ataque bacteriano más rápido a la celulosa y la hemicelulosa. Cuando aumenta el grado de

lignificación, los carbohidratos de las paredes celulares son menos accesibles a las bacterias y su fermentación se ralentiza [20]. En este sentido, se ha reportado una mejora lineal de la DP de la MS en los ensilados de pasto Saboya con cantidades crecientes de residuo de maracuyá [15].

El ensilado con residuo de maracuyá mostró valores más favorables de DEFND y DEFAD que los ensilados de pasto Saboya y con residuo de plátano, a pesar de que no hubo diferencias en las tasas de degradación horaria entre ellos, lo que sugiere que las diferencias se debieron al efecto combinado de las diferencias numéricas y estadísticas en los valores de DP. Igualmente, el hecho de que la DEMS fuera similar ($P > 0,05$) en los ensilados con residuo de maracuyá y piña se explicaría por el efecto combinado de los valores observados en la tasa degradación horaria y la DP.

Tabla 4: Cinética de degradación *in vitro* de la materia seca, fibra neutro detergente y fibra ácido detergente de ensilajes de pasto saboya con inclusión de residuos de frutas

	Pasto Saboya	Pasto Saboya + 15% de residuo de			EEM
		Maracuyá	Piña	Plátano	
Materia seca					
a, % MS	9,47 ^{bc}	13,73 ^a	11,64 ^{ab}	7,60 ^c	0,568
b, % MS	50,49	51,25	49,77	52,40	0,902
c, h ⁻¹	0,023 ^c	0,030 ^b	0,035 ^a	0,025 ^c	0,0011
DP, % MS	59,95	64,98	59,99	61,41	0,779
DEMS 5% h ⁻¹	25,27 ^b	32,73 ^a	32,00 ^a	25,00 ^b	0,802
Fibra neutro detergente					
a, % MS	6,52 ^b	9,81 ^a	9,72 ^a	8,32 ^{ab}	0,352
b, % MS	46,09 ^a	42,01 ^b	42,32 ^{ab}	41,33 ^b	0,605
c, h ⁻¹	0,026 ^b	0,028 ^b	0,045 ^a	0,024 ^b	0,0018
DP, % MS	52,61	51,82	52,05	49,65	0,428
DEFND 5% h ⁻¹	22,13 ^c	24,76 ^b	29,69 ^a	21,57 ^c	0,688
Fibra ácido detergente					
a, % MS	3,43 ^b	5,09 ^a	5,04 ^a	3,28 ^b	0,292
b, % MS	40,26	43,98	42,80	42,86	0,709
c, h ⁻¹	0,024 ^b	0,028 ^b	0,034 ^a	0,024 ^b	0,0010
DP, % MS	43,69 ^b	49,07 ^a	47,84 ^{ab}	46,14 ^{ab}	0,694
DEFAD 5% h ⁻¹	16,24 ^c	20,83 ^b	22,30 ^a	16,98 ^c	0,552

EEM: error estándar de la media; MS: materia seca; a: fracción soluble; b: fracción potencialmente degradable; c: tasa de degradación horaria de b; DP: degradabilidad potencial (a+b); DEMS, DEFND y DEFAD: degradabilidad efectiva de la materia seca, fibra neutro detergente y fibra ácido detergente, respectivamente, a una tasa de paso ruminal de 5% h⁻¹.

a,b,c Las medias de mínimos cuadrados sin un superíndice común son significativamente diferentes (P<0,05).

Bhargava y Orskov [5] sugirieron que la DEMS a 48 h podría utilizarse como una aproximación a la digestibilidad *in vivo* del alimento. De acuerdo con la ecuación de dichos autores, el aumento de la DEMS con la inclusión de los residuos de piña y maracuyá resultó en una mejora

del valor energético de los ensilados con residuos de piña y maracuyá de un 14%, respectivamente, en comparación con el ensilado de pasto Saboya. Esta mejora coincide con las observaciones de otros autores que han medido los cambios en la energía del ensilado de gramíneas tropicales en respuesta a la inclusión de residuos de piña o maracuyá en los mismos [18, 26, 33].

Conclusiones

El residuo de piña y, en menor medida, el de maracuyá mejoró el valor nutritivo del ensilado de pasto Saboya, mientras que el residuo de plátano tuvo un efecto neutro. Los resultados obtenidos sugieren que la combinación de pasto Saboya con residuos de piña y maracuyá para la elaboración de ensilados podría ser una forma eficiente de disponer de éstos, reduciendo el riesgo medioambiental de los residuos. Estos resultados precisan ser complementados con estudios que contemplen la valoración productiva de los animales y confirmen el nivel de inclusión apropiado de los residuos en la ración. De esta forma, se podrán establecer pautas de utilización de los ensilados para una mejora efectiva en la alimentación del ganado.

Agradecimiento

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por su financiamiento a través del Fondo competitivo de Investigación Ciencia y Tecnología (FOCCICYT), dentro del Proyecto Caracterización de ensilajes de pasto Saboya (*Meggathyrsus máximum*) con inclusión de residuos agroindustriales tropicales de uso alimenticio del bovino de doble propósito, y a la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología (SENESCYT) y de la Escuela internacional de Doctorado en Agroalimentación (eidA3), Universidad de Córdoba (España).

Referencias Bibliográficas

- [1] AGANGA, AA; TSHWENYANE, S. Potentials of guinea grass (*Panicum maximum*) as forage crop in livestock production. **Pakistan J. Nutr.** 3:1-4. 2004.
- [2] ANKOM TECHNOLOGY. *In vitro* True Digestibility with DAISY II Incubator. ANKOM Technology, Macedon, NY. 2008. <https://www.ankom.com/analytical-methods-support/daisy-incubators> . Fecha de consulta: 02/03/2018.
- [3] ANKOM TECHONOLOGY. Method for Determining Neutral Detergent Fiber (aNDF). ANKOM Technology, Macedon, NY. Pp 1-2. 2008.

- [4] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of Analysis. XIII Ed. Washington, EUA. 771 pp. 1990.
- [5] BHARGAVA, PK; ØRSKOV, ER. Manual for the use of nylon bag technique in the evaluation of feedstuffs. The Rowett Research Institute. Bucksburn. Aberdeen. Scotland. Pp. 21 pp. 1987.
- [6] BOLSEN, KK; ASHBELL, G; WEINBERG, ZG. Silage fermentation and silage additives-Review. Asian-Australas. **J. Anim. Sci.** 9:483-494. 1996.
- [7] BONFÁ, CS. Silagem de capim-elefante adicionada de casca de maracujá. **Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.** 67:801-808. 2015.
- [8] BOUCQUE, CHV; FIEMS, LO. Vegetable by-products of agro-industrial origin. **Livest. Prod. Sci.** 19: 97-135. 1988.
- [9] CÂNDIDO, M; NEIVA, J; RODRIGUEZ, N; FERREIRA, A. Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado do maracujá. **Rev. Bras. Zoot.** 36: 1489-1494. 2007.
- [10] CASTRO, G; RODRIGUEZ, N; GONÇALVES, L; MAURÍCIO, R. Características produtivas, agronômicas e nutricionais do capim-tanzânia em cinco diferentes idades ao corte. **Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.** 62: 654-666. 2010.
- [11] CHEDLY, K; LEE, S. Ensilaje de subproductos agrícolas como opción para los pequeños campesinos.2001. **Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos.** (Mannetje L 't Ed). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, Italia. 2001.

- [12] COAN, R; REIS, R; GARCIA, G; SCHOCKEN-ITURRINO, R; FERREIRA, D; RESENDE, F; GURGEL, F. Dinâmica fermentativa e microbiológica de silagens dos capins tanzânia e marandu acrescidas de polpa cítrica peletizada. **Rev. Bras. Zoot.** 36:1502-1511. 2007.
- [13] DA CRUZ, B; DOS SANTOS, C; PIRES, A; ROCHA, J; DOS SANTOS, S; BASTOS, M. Composição bromatológica da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de casca desidratada de maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. flavicarpa). **Rev. Bras. Cien. Agr.** 5:434-440. 2010.
- [14] DORMOND, H. ROJAS, A; BOSCHINI, C; MORA, G; SIBAJA, G. Evaluación preliminar de la cáscara de banano maduro como material de ensilaje, en combinación con pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*). **InterSedes.** 12:17-31. 2011.
- [15] ESPINOSA-GUERRA, I; PEREZ-OÑATE, C; MONTENEGRO-VIVAS, L; SANCHEZ-LAIÑO, A; GARCIA-MARTINEZ, A; MARTINEZ-MARIN, A. Composición química y cinética de degradación ruminal *in vitro* del ensilado de Pasto Saboya (*Megathyrsus maximus*) con niveles crecientes de inclusión de residuos de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims). **Rev. Cientif. FCV-LUZ.** XXVI (6):402-407. 2016.
- [16] ESPINOSA, I; MONTENEGRO, L; RIVAS, J; ROMERO, M; GARCIA, A; MARTINEZ, - A. Características microbianas, estabilidad aeróbica y cinética de degradación ruminal del ensilado de Pasto Saboya (*Megathyrsus maximus*) con niveles crecientes de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). **Rev. Cientif. FCV-LUZ.** XXVII (4):178-185. 2017.

- [17] FERREIRA, ACH; RODRIGUEZ, NM; NEIVA, JNM; CAMPOS, WE; BORGES, I. Características químico-bromatológicas e fermentativas do capim-elefante ensilado com níveis crescentes de subproduto da agroindústria do abacaxi. **Ceres**. 54:98-106. 2007.
- [18] FERREIRA, ACH; NEIVA, JNM; RODRIGUEZ, NM; CAMPOS, WE; BORGES, I. Avaliação nutricional do subproduto da agroindústria de abacaxi como aditivo de silagem de capim-elefante. **Rev. Bras. Zoot.** 38:223-229. 2009.
- [19] GIRALDO, L; GUTIÉRREZ, L; RÚA, C. Comparación de dos técnicas *in vitro* e *in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. **Rev. Col. Cien. Pec.** 20:269-279. 2007.
- [20] GRABBER, JH; MERTENS, DR; KIM, H; FUNK, C; LU, F; RALPH, J. Cell wall fermentation kinetics are impacted more by lignin content and ferulate cross-linking than by lignin composition. **J. Sci. Food Agr.** 89:122-129. 2009.
- [21] HAPPI-EMAGA, T; ROBERT, C; RONKART, SN; WATHELET, B; PAQUOT, M. Dietary fibre components and pectin chemical features of peels during ripening in banana and plantain varieties. **BioRes Technol.** 99:4346-4354. 2008.
- [22] LÓPEZ-HERRERA, M; WINGCHING-JONES, R; ROJAS-BOURRILLÓN, A. Meta-análisis de los subproductos de piña (*Ananas comosus*) para la alimentación animal. **Agron. Mesoam.** 25:383-392. 2014.
- [23] LOUSADA JR, JE; DA COSTA, JMC; NEIVA, JNM; RODRIGUEZ, NM. Caracterização físico-química de

- subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Rev. Cien. Agron.** 37:70-76. 2008.
- [24] NAMBI-KASOZI, J; SABIITI, EN; BAREEBA, FB; SPORNDL, YE; KABI, F. Effects of inclusion levels of banana (*Musa spp.*) peelings on feed degradability and rumen environment of cattle fed basal elephant grass. **Trop. Anim. Health Prod.** 48: 693-698. 2016.
- [25] NEGESSE, T; MAKKAR, HPS; BECKER, K. Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an in vitro gas method. **Anim. Feed Sci. Technol.** 154:204-217.2009.
- [26] NEIVA, J; NUNES, F; CÂNDIDO, M; RODRIGUEZ, N; LÔBO, R. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante enriquecidas com subproduto do processamento do maracujá. **Rev. Bras. Zoot.** 35:1845-1851. 2006.
- [27] O'DONOVAN, PB. Potential for by-product feeding in tropical areas. Food and Agriculture Organization of the Unites Nations (FAO) (Electronic conference). Roma, Italia. 137 pp. 2006
- [28] ØRSKOV, E; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J. Agric. Sci.** 92:499-503. 1979.
- [29] PEREIRA, L; GONÇALVES, L; TOMICH, T; BORGES, I; RODRÍGUEZ, N. Silos experimentais para avaliação da silagem de três genótipos de girassol (*Helianthus annuus L.*). **Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.** 57:690-696. 2005.

- [30] PHILIPPIDIS, G; SANJUÁN, A; FERRARI, E; M'BAREK, R. Employing social accounting matrix multipliers to profile the bioeconomy in the EU member states: is there a structural patten?. **Spanish J. Agric. Res.** 12:913-926. 2014.
- [31] POMPEU, R; NEIVA, J; CÂNDIDO, M; FILHO, G; AQUINO, D; LÔBO, R. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*) com adição de subprodutos do processamento de frutas tropicais. **Rev. Cien. Agron.** 37:77-83. 2006.
- [32] PRESTON, TR. Better utilization of crop residues and by-products in animal feeding: research guidelines. **A practical manual for research workers.** FAO Animal Production and Health. Roma. 166 pp. 1986.
- [33] REIS, J; PAIVA, PCA; TIESENHAUSEN, IMEVV; REZENDE, CAP. Composição química, consumo voluntário e digestibilidade de silagens de resíduos do fruto de maracujá (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa*) e de capim-elefante (*Pennisetum purpureum, Schum.*) cv. Cameroon e suas combinações. **Cien. Agrotéc.** 241:213-224. 2000.
- [34] STATISTICAL ANALYSIS SOFTWARE (SAS). Institute Inc. SAS Online Doc. Versión 9.3. USA. 2011.
- [35] SUKSATHIT, S; WACHIRAPAKORN, C; OPATPATANAKIT, Y. Effects of levels of ensiled pineapple waste and pangola hay fed as roughage sources on feed intake, nutrient digestibility and ruminal fermentation of Southern Thai native cattle. **Sonklanakarín J. Sci.** 33:281-289. 2011

- [36] VIEIRA, C; VASQUEZ, H; SILVA, J. Composição químico-bromatológica e degradabilidade *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro da casca do fruto de três variedades de maracujá (*Passiflora* spp). **Rev. Bras. Zoot.** 28:1148-1158.1999.

Capítulo III. Digestibilidad in situ del ensilaje del pasto saboya (*panicum máximum*) con diferentes niveles de rechazo de piña (*ananascomosus*).

Resumen

La presente investigación se llevó a cabo en la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en el Laboratorio de Rumiología. Los objetivos planteados fueron evaluar la digestibilidad in situ del ensilaje del pasto Saboya (*Panicum máximum*), asociado con diferentes niveles de rechazo de piña (*Ananas comosus*). Para el presente estudio se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar donde se evaluó siete tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas). Se utilizó cuatro bovinos fistulados, cada bovino fue utilizado como criterio de bloque, donde se evaluó la degradabilidad de cada muestra. Mediante el empleo del paquete estadístico SAS versión 9.0 y las diferencias entre tratamientos se compararon usando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El que mejor comportamiento presentó fue el tratamiento 2 de rechazo de piña obtuvo los mejores porcentajes de digestibilidad (91,17%), a las 72 horas de incubación ruminal mejor digestibilidad se observa a los 72 horas ($p \leq 0.05$) con los mayor porcentajes de digestibilidad para el

T6tratamiento (pasto saboya al 60% y rechazo de piña al 40%), presento valores altos de digestibilidad a las 48 horas (54,58) y 72 horas (62,64), En la DISMI del Rechazo de Piña al 100% reporta datos superiores en todos los tiempos de incubación a diferencia de los otros tratamientos en estudio.

Palabras clave: *Fistulado, digestibilidad ruminal in situ, rechazo de piña, ensilado de pasto Saboya.*

Introducción

La producción de rumiantes, en los países tropicales depende en gran manera de la biomasa forrajera, la cual es muy abundante en la época lluviosa y se reduce drásticamente en la época seca. En distintas zonas tropicales del planeta los pastos son susceptibles a pérdidas durante el proceso de ensilaje y son sometidos a alta humedad (> 70%) y a un bajo contenido de carbohidratos hidrosolubles son factores que perjudican la producción de ácido láctico y ácido acético consecuentemente provoca la reducción de pH en el ensilaje, el cual resulta un ineficiente proceso fermentativo, por lo tanto se hace necesario la búsqueda de un nivel de sustrato que en asocio con los

forrajes tropicales permita que este proceso de conservación sea eficaz (Ferreira, 2004).

Material y métodos

La presente investigación se realizará en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN), de la Facultad de Ciencias Pecuarias (FCP), Universidad Técnica Estatal de Quevedo, finca experimental “La María”, ubicada en el km 7½ de la Vía Quevedo, El Empalme, Recinto San Felipe, cantón Mocache, provincia Los Ríos, entre las coordenadas geográficas de 01° 0’ 6” de latitud Sur y 79° 29’ de longitud Oeste, a una altitud de 75 msnm, ubicada en zona bosque húmedo tropical (Bht) con una temperatura media de 25,47°C.

Tabla 5: Tratamientos

Tratamientos	Descripción
T1	Pasto Saboya
T2	Cascar de piña
T3	Ensilaje Pasto Saboya 90% + rechazo de piña 10%
T4	Ensilaje Pasto Saboya 80% + rechazo de piña 20%
T5	Ensilaje Pasto Saboya 70% + rechazo de piña 30%
T6	Ensilaje Pasto Saboya 60% + rechazo de piña 40%

Factores en estudio

En la investigación se estudió la digestibilidad in situ de cuatros tratamientos a base de pasto Saboya adicionado diferentes niveles de residuo de piña, lo cual será ensilado en microsilos y se realizaron mediciones a los (30 días)

Tratamientos

- T1= Pasto Saboya
- T2= Residuo de piña
- T3= Pasto Saboya 90% + residuo de Piña 10%
- T4= Pasto Saboya 80%+ residuo de Piña 20%
- T5= Pasto Saboya 70% + residuo de Piña 30%
- T6= Pasto Saboya 60% + residuo de Piña40%

Diseño experimental

Los resultados experimentales fueron analizados empleando el procedimiento de los modelos lineales general (GLM por sus siglas en inglés), mediante el empleo del paquete estadístico SAS versión 9.0 y las diferencias entre tratamientos serán compararlas usando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

El modelo estadístico del diseño experimental que se utilizó es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : Valor de la variable de respuesta

μ : Media general

α_i : Efecto del tratamiento

β_j : Efecto del bloque

ε_{ij} : Error experimental

Resultados y discusión

Materia Seca

Tabla 6: Digestibilidad in situ de la materia seca del ensilaje del pasto Saboya (*Panicum máximum*), asociado con diferentes niveles de rechazo de piña (*Ananas comosus*).

Horas de incubación rumial	T1	T2	T3	T4	T5	T6	EEMM	<P
0	9,35b	21,94a	18,21ab	19,21ab	19,84ab	16,17ab	0,72	0,0628
3	12,39b	43,47a	22,86ab	21,71b	22,40ab	22,20ab	1,25	0,0107
6	16,25b	63,79b	24,07b	25,52b	25,02b	24,22b	1,34	0,0004
12	27,39c	85,36a	30,28bc	33,66b	35,24b	35,09b	0,34	<0,0001
24	33,63d	88,86a	42,97c	45,38bc	47,53b	45,77bc	0,25	<0,0001
48	45,16d	90,36a	49,13cd	52,83bc	53,08bc	54,58b	1,55	<0,0001
72	51,53c	91,17 ^a	53,09c	56,57bc	56,01c	62,64b	2,1	<0,0001

EEMM= error estándar de la media; ½ letras iguales no difieren estadísticamente según tukey 0,05%

Materia Orgánica

Tabla 7: Digestibilidad in situ de la materia orgánica del ensilaje del pasto Saboya (*Panicum máximum*), asociado con diferentes niveles de rechazo de piña (*Ananas comosus*).

Horas de incubación rumial	T1	T2	T3	T4	T5	T6	EEMM	<P
0	5,10a	3,63a	4,59a	6,11a	6,15a	6,52a	0,17	0,0436
3	7,26a	6,95a	8,39a	8,91a	8,14a	9,82a	0,26	0,309
6	13,07a	13,38a	12,69a	1,79a	16,51a	18,12a	0,38	0,0919
12	17,1c	20,76bc	23,16abc	25,41ab	26,66ab	28,84a	0,43	0,0028
24	29,52b	29,13b	29,90b	31,69bc	33,47ba	36,69a	0,29	0,0027
48	42,08a	41,85a	42,87a	44,46a	43,62a	45,39a	0,3	0,2877
72	54,17a	52,04a	54,79a	54,84a	54,13a	54,23a	0,29	0,4697

EMM= error estándar de la media; ½ letras iguales no difieren estadísticamente según tukey 0,05%

Materia Inorgánica

Tabla 8: Digestibilidad in situ de la materia inorgánica del ensilaje del pasto Saboya (*Panicum máximum*), asociado con diferentes niveles de rechazo de piña (*Ananas comosus*).

Horas de incubación rumial	T1	T2	T3	T4	T5	T6	EEMM	<P
0	2,80a	3,89a	3,60a	3,73a	3,52a	4,02a	0,16	0,7217
3	5,59a	7,14a	6,84a	5m89a	6,813a	7,44a	0,23	0,5739
6	9,07a	10,43a	11,41a	11,15a	11,02a	11,79	0,25	0,3615
12	17,44a	18,47a	18,11a	18,76a	19,47a	21,07a	0,34	0,4065
24	21,89c	23,16c	23,79bc	25,09abc	27,91ab	28,83a	0,27	0,0022
48	22,17b	29,14ab	29,54ab	31,44ab	32,85a	33,44a	0,29	0,0114
72	41,41a	47,30a	46,95a	46,97a	47,91a	48,38a	0,19	0,6400

EMM= error estándar de la media; ½ letras iguales no difieren estadísticamente según tukey 0,05%

La DISMS del Rechazo de piña (RP) en los periodos de incubación ruminal desde las 6,12, 24, 48 y 72 horas fueron superiormente representativas ($p \leq 0.05$) teniendo una elevada degradación, es decir representados con un 10,43%, 18,47%, 23,16%, 29,14%, 47,30%

respectivamente, sin embargo a las 72 horas existe un variación mínima de 47,30% con (RP), a diferencia de la (RP-PS) con 47,38%. Dichos valores son inferiores a los obtenidos por Pérez et al., (2015), presentaron valores similares de 97,25% y 49,25%, a las 72 horas, dichos resultados se presentaron en base a los parámetros nutricionales de los subproductos, también los resultados reportados por Acaro et al., (2016), quienes investigaron la degradabilidad in situ de la materia inorgánica del silaje del pasto Saboya (*Panicum maximum* J) con la inclusión de cuatro subproductos agroindustriales, encontraron valores superiores en la degradabilidad in situ en los periodos de incubación ruminal desde las 6, 12, 24, 48 y 72 horas fueron superiormente representativas ($p \leq 0.05$) teniendo una elevada degradación, es decir representados con un 21,26%, 28,40%, 43,38% y 52% proporcionalmente.

Conclusiones

Concluyo que en la digestibilidad in situ del ensilaje del pasto Saboya más la inclusión de rechazo de piña con diferentes intervalos de tiempo, el rechazo de piña en la M.S, alcanzo valores superiores con relación a M.O y M.I, mientras que en la M.O se registró que el pasto Saboya al 60% con el rechazo de piña al 40%; presento la mayor

($p \leq 0.05$) tasa de degradación ruminal seguido del Pasto Saboya en la MI.

En la digestibilidad in situ de la materia orgánica el pasto Saboya al 60% con el rechazo de piña al 40% presentó los valores más altos, no obstante, el rechazo de piña presenta características similares de degradación en los periodos 24, 48 y 72 horas de incubación.

En los periodos de incubación de 24 a 72 horas la digestibilidad in situ de la materia inorgánica presento los mayores valores ($p \leq 0.05$) con el pasto Saboya más la inclusión de rechazo de piña.

Referencias bibliográficas

- Ferreira A. (2004). Valor nutritivo de pasto elefante con distintos subproductos agroindustriales. *Brasileira zootécnica*; p. 33.
- Pérez. (2015). Degradabilidad ruminal in vitro de ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) Con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) Quevedo – Ecuador.
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*. 13th ed. Washington, EUA: Association of Official Analytical Chemists.
- Acaro. (2014). Producción de una base de proteína. [Online]

Capítulo IV. Composición química y cinética de degradación ruminal in situ de piña (*ananas comosus l.*) y palma aceitera (*elaeis sinensis jacq.*) (2016).

Introducción

La alimentación constituye la mayor parte de los costos de producción ganadera, con el propósito de minimizar estos gastos se ha buscado la utilización de residuos agroindustriales como un alimento alternativo viable económica y nutricionalmente (Rezende *et al.*, 2005). La industria de procesamiento de productos alimenticios produce grandes cantidades de residuos que son desperdiciados, formando una fuente de contaminación del medio ambiente (Goes *et al.*, 2008). El uso apropiado de estos recursos relativamente baratos es de suma importancia para la producción de una ganadería rentable y el uso eficiente de estos residuos depende de sus propiedades químicas y físicas, por lo tanto, los estudios son esenciales para evaluar los potenciales del subproducto en la alimentación animal (Negesse *et al.*, 2009).

Los residuos industriales siguen convirtiéndose en un gran problema ya que los subproductos pueden ser más del 50% del volumen

aprovechable en la industria, consecuencias no solo ambientales sino económicas, ya que las mismas empresas tienen que asumir altos costos de disposición de éstos, por tanto, hay que considerar que estos residuos pueden ser aprovechados en la alimentación animal (Yépez *et al.*, 2008). La utilización de subproductos en la alimentación de rumiantes cumple con la expectativa de contribuir ante los problemas de escases de forraje durante la época crítica y reducir los costos, por lo que toma cada día más importancia en la coyuntura nacional debido a la necesidad de mayor producción en menor espacio físico y tiempo (Almeida *et al.* 2014).

Los residuos de frutas pueden ser utilizados para la alimentación animal dado su alto contenido de carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y pectinas). Este tipo de residuos se caracterizan por su alto contenido de humedad, hecho que dificulta su almacenamiento y preservación. Una alternativa para preservar este tipo de materiales es la elaboración de ensilajes, método que permite almacenar grandes volúmenes de material a bajo costo en época de cosecha y suministrarlo de forma regular a lo largo del año (Noguera *et al.*, 2014).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar composición química y cinética de degradación ruminal *in situ* de los residuos de piña (*Ananas comosus* L.) y de palma aceitera (*Elaeis guinensis* Jacq.)”

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), provincia de Los Ríos, Ecuador. El residuo de palmiste se obtuvo de la empresa extractora de aceite vegetal QUEVEPALMA S.A. (Quevedo, Ecuador) y los residuos de piña del mercado municipal, (Quevedo, Ecuador). Muestras representativas de los residuos de palmiste y piñas se recogieron previamente al proceso de degradabilidad, para la determinación de la composición química. En las muestras de residuo de palmiste y residuos de piñas el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas y proteína bruta (PB), de acuerdo con los métodos de AOAC, y de fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD), con el procedimiento de ANKOM Technology.

Para determinar la degradabilidad ruminal *in situ* de la MS, se preparó una muestra compuesta con alícuotas correspondientes a cada tratamiento. Se introdujeron 10 g de muestra desecada en estufa a

65°C durante 48 h (10% de humedad) y molida en bolsas de nylon de 10 x 20 cm con un tamaño de poro de 50 micras. Por cada tratamiento y tiempo de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 h), se incubaron dos bolsas en cada uno de tres bovinos Brahman castrados (400±20 kg de peso vivo), provistos de fistula ruminal. Los animales fueron alimentados con pasto saboya a discreción y fueron controlados permanentemente por los servicios veterinarios, evitando situaciones de sufrimiento y favoreciendo el comportamiento natural. Pasado el tiempo de incubación, las muestras se extrajeron del rumen, se lavaron con agua destilada, se desecaron a 65°C durante 48 h y se pesaron. La desaparición de la MS se ajustó a la ecuación $p = a + b \times (1 - e^{-ct})$ (Ørskov and McDonald, 1979), donde p es la desaparición de la MS a tiempo t, a es la fracción soluble por lavado de las bolsas a la hora 0 (%), b es la fracción insoluble pero potencialmente degradable (%), y c es la tasa de degradación de b (h⁻¹). La degradabilidad efectiva (DEMS) se calculó para tres tasas de paso ruminal (k): 0,02, 0,05 y 0,08 h⁻¹, de acuerdo con la ecuación $DEMS = a + [(b \times c)/(c+k)]$, donde a, b, c y k se han descrito anteriormente. Los parámetros de la cinética de degradación calcularon con el modo de resolución GRG NONLINEAR de la función SOLVER de Microsoft EXCEL®.

Todos los análisis estadísticos se hicieron con SAS 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Los datos se analizaron con el procedimiento GLM y las medias de mínimos cuadrados se compararon con el test de Tukey. Las respuestas lineales de las variables de los residuos se investigaron mediante contrastes polinómicos con la opción CONTRAST. La significación estadística se declaró a $P < 0.05$. Los parámetros de la cinética de degradación calcularon con el modo de resolución GRG NONLINEAR de la función SOLVER de Microsoft EXCEL®.

Resultados y discusión

Composición química de los subproductos.

La composición química del residuo de palmiste y piñas utilizados en la prueba de degradabilidad se muestra en la tabla siguiente. El subproducto con mayor porcentaje de materia seca parcial (MSP) por su naturaleza fue el emoliente de palma (EP) con 71.73%, menor al obtenido por Azevêdo et al. (2011), quienes determinaron 92,44%. En los residuos de piña se obtuvo valores similares en este parámetro con 15.35% para el rechazo (RP) y 15.02% en la cáscara (CP), los mismos que fueron superiores a los reportados por Cunha et al. (2009) con 13.7%, además, inferiores a los indicados por López et al. (2014) con 29.5% en el RP y 26.6% en la CP, respectivamente.

Tabla 9: Composición química de la cáscara de piña, rechazo de piña (cáscara y pulpa) y emoliente de palma.

Contenido (%)	Rechazo de Piña (RP)	Emoliente de Palma (EP)
MSP	15.02	71.73
MST	97.19	96.51
MO	95.31	84.08
MI	4.69	15.92
PB	3.68	14.21
FDN	37.53	63.16
FDA	21.06	50.98

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

No obstante, en la materia seca total (MST), el porcentaje fue similar entre los subproductos de 96.51 a 97.19, afines a los reportado por Vargas y Zumbado (2003) en subproductos de palma aceitera con 93.80% y superiores en los residuos de piña a los demostrados por Lousada et al. (2008) con 90.08% en la cáscara de piña.

La CP fue superior en el contenido (%) de MO con 95.31%, similar al RP con 94.61%, el EP tuvo el menor porcentaje con 84.08, consecuentemente los subproductos de piña (RP y CP) presentaron los menores valores de MI con 5.39 y 4.69%, en el EP este valor fue de 15.92%, esta característica también fue determinada por quienes reportaron no más del 4% de MI en los subproductos de piña, en el

caso del EP comparativamente se establece que este subproducto tiene un mayor contenido relativo de minerales en relación a los otros evaluados, sin embargo, no se puede discriminar los elementos minerales específicos.

El porcentaje de PB fue superior en el EP con 14.21%, mientras, los residuos de piña no alcanzaron el 4% (CP=3.68 y RP=3.45). Esta es una característica similar a la reportada en otros trabajos de Azevêdo et al. (2011) que indican 7.09% para los residuos de piña y 16.10% para los de palma. Por su parte reportaron 14.10 a 16.63% en EP y determinaron 3.27% en la CP. El alto contenido de proteína en el EP se debe principalmente al elevado contenido de nitrógeno.

En las fracciones de fibra, el EP obtuvo los mayores porcentajes (63.16 y 50.98) en relación con la CP (37.53 y 21.06) y RP (35.81 y 21.19) para FDN y FDA respectivamente, resultados superiores a los determinados por Cuesta *et al.* (48) en el EP (FDN= 52.69 y FDA= 41.44) e inferiores en los residuos de piña a los reportados por Cunha et al. (2008) (con FDN= 45.4 y FDA= 25.98). Esta característica se esperaba por el emoliente de palma que está constituido de la molienda de las semillas de palma, que contiene altos componentes de fracciones de fibra.

Cinética de degradación ruminal

En la siguiente tabla, se muestran los parámetros de la cinética de degradación de la materia seca y los valores de degradabilidad potencial y efectiva.

Tabla 10: Cinética de degradación ruminal in situ de la materia de la cáscara de piña, rechazo de piña (cáscara y pulpa) y palmiste.

Parámetro	Residuos agroindustriales		EEM	P lineal
	Rechazo de piña	Emoliente de palma		
	1	2		
a, % MS	52.71 ^a	5.90 ^b	0.77	0.0001
b, % MS	26.07 ^{1b}	75.66 ^a	1.45	0.0002
c, h ⁻¹	0.13 ^b	0.07 ^b	0.006	0.0083
DP, % MS	79.41 ^a	81.56 ^a	1.12	0.3856
DEMS 2% h ⁻¹	75.51 ^a	65.66 ^b	1.01	0.0081
DEMS 5% h ⁻¹	71.49 ^a	51.35 ^b	0.96	0.0008
DEMS 8% h ⁻¹	68.71 ^a	42.57 ^b	0.95	0.0003

EEM: error estándar de la media; MS: materia seca; a: fracción soluble; b: fracción potencialmente degradable; c: tasa de degradación de b; DP: degradabilidad potencial (a+b); DEMS: degradabilidad efectiva de la materia seca a tasas de paso ruminal del 2, 5 y 8% h⁻¹.

^{a,b,c}Las medias de mínimos cuadrados sin un superíndice común son significativamente diferentes (P<0,05).

Los valores de la fracción soluble (a) de los residuos de piña (52.71 y 56.42%) que corresponde a la fracción que desaparece rápidamente y que representa a la fracción que es rápida y completamente degradada en el rumen aumentó linealmente (P<0,05) en relación con el residuo de emoliente de palma (5.9%), estos valores son mayores a los reportados por Espinoza et al. (2016), en trabajo realizados en cinética

de degradación ruminal de inclusión de residuos agroindustriales de maracuyá en ensilajes de pasto saboya, en cambio la fracción insoluble (b) pero potencialmente degradable fue superior ($P < 0,05$) en el residuo de emoliente palma (75.66%), mientras, los residuos de piña presentaron valores entre (26.07 y 27.27%). La constante o tasa de degradación k a fracción (c) que se expresa en %/hora fue superior ($P < 0,05$) en los residuos de piña (0.13 y 0.21%), mientras, el residuo emoliente de palma (0.07). La fracción potencialmente degradable no presentó diferencias ($P > 0.05$) entre los tratamientos estudiados.

La eficiencia del rumiante para digerir un alimento depende de dos aspectos críticos en el proceso de fermentación: la velocidad de fermentación o tasa de degradación y la velocidad de paso o tasa de pasaje (Van Soest, 1994; Fox *et al.*, 2000; Arreaza *et al.*, 2005). Para el cálculo de la degradabilidad efectiva (DE) se consideró una tasa de pasaje baja (2%/hora), media (5%/hora) y alta (8%/hora) (Guimarães Jr, *et al.*, 2008). Cabe señalar que a mayor tasa de pasaje menor degradabilidad, debido a la disminución del tiempo de fermentación microbiana o acción enzimática en el rumen (Church & Pond, 1990).

En la degradabilidad efectiva de la materia seca (DEMS) se observa un aumento residuos a base de piña ($P < 0,05$) (37.53 y 35.81%), la

menor proporción de FDN en los residuos de piña (21.06 y 21.19%) en comparación con el FDN Y FDA del emoliente de palma (63.16 y 50.98%) explicarían el aumento de los valores de la DEMS. De hecho, una parte importante de los solubles neutros detergentes debieron ser pectinas en los residuos de piñas, pero no en el emoliente de palma (Espinoza *et al.*, 2016) y la degradabilidad ruminal de las pectinas es prácticamente total. En el mismo sentido, los resultados de estudios de degradabilidad ruminal *in situ* muestran que la fracción soluble de la materia seca y la tasa de degradación ruminal son mayores en los residuos de piñas que el emoliente de palma, seguramente por los bajos contenidos de FDA y FDN en los residuos de piña.

El aumento de la DEMS con los residuos de piña con independencia de la tasa de paso ruminal indicó una mejora del valor nutritivo.

En la degradabilidad efectiva con una tasa de pasaje del 2%/hora (DE2%), 5%/hora (DE5%) y 8%/hora (DE8%), se encontró diferencias ($p > 0.05$), presentando los valores más altos en los residuos de piña en comparación con el palmiste. La degradabilidad efectiva fue alta en los residuos de piña y tasas de pasaje, que se explica por su mayor tasa de degradación (DIVMS) y velocidad de degradación (c) (0.13 a 0.21/hora) mientras, el emoliente de palma (0.07/hora).

Referencia bibliográfica

- Almeida, J., Neto, L., Paiva, K., Zaiden, R., Neto, OBC. (2014).
Utilização de subproductos de frutas na alimentação animal.
Revista Electronica Nutritime. Mar; 11(3): 3430– 3443.
- Arreaza, L., Sánchez, D., & Abadía, B. (2005). Degradabilidad ruminal
de Fracciones de Carbohidratos en Forrajes Tropicales
determinada por Métodos *in vitro* e *in situ*. Revista CORPOICA,
6(1), 1-10.
- Azevêdo, J., Filho, S., Pina, D., Detmann, E., Valadares, R., Pereira, L.,
et al. (2011). Consumo, digestibilidad total, produção de
proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com
subprodutos de frutas para ruminantes. Revista Brasileira de
Zootecnia. Sep-Oct; 40(5): 1052-1060.
- Church, D., Pond, W. (1990). Fundamentos de nutrición y
alimentación de animales. Primera ed. Mexico, DF. Limusa.
- Espinosa-Guerra, I., Perez-Oñate, C., Montenegro-Vivas, L., Sanchez-
Laiño, A., Garcia-Martinez, A., Martinez-Marin, A. (2016).
Composición química y cinética de degradación ruminal *in
vitro* del ensilado de Pasto Saboya (*Megathyrsus maximus*) con

niveles crecientes de inclusión de residuos de maracuyá (*Passiflora edulis Sims*). Rev. Cientif. FCV-LUZ. XXVI (6), 402-407.

Goes, RHTB., Tramontini, RCM., Almeida, GD., Cardim, ST., Ribeiro, J., Oliveira, LA., Morotti, F., Brabes, KCS. y Oliveira, ER. (2008). Degradabilidade de ruminal da matéria seca e proteína bruta de diferentes subprodutos agroindustriais utilizados na alimentação de bovinos. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, 9(3), 715-725.

Guimarães Jr., R., Gonçalves, LC., Maurício, RM., Pereira, LGR., Tomich, TR., Pires, DAA., Jayme, DG., & Sousa, LF. (2008). Cinética de fermentação ruminal de silagens de milho. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., 60(5), 1174-1180.

Lousada, J., Costa, J., Neiva, J. y Rodriguez, N. (2006). Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. Revista Ciência Agronômica, 37(1), 70-76.

Negesse, T., Makkar, S. y Becker, K. (2009). Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by

chemical analyses and an *in vitro* gas method. *Animal Feed Science and Technology*. (154), 204-217.

Noguera, R., Valencia, S. y Posada, S. (2014). Efecto de diferentes aditivos sobre la composición y el perfil de fermentación del ensilaje de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). *Rev. Livestock Research for Rural Development*. 26(168).

Rezende, V., Paiva, P., Barcelos, A., Teixeira, J. y Nogueira, D. (2005). Degradabilidad ruminal de silages de pasto elefante con diferentes niveles de casca de patata. *Ciencias Agrotecnias, Lavras*, 31(2), 485-491.

Van Soest PJ. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. 2a edition. United States. Cornell University Press. Ithaca, N.Y. 475.

Yepes S, Montoya L, Orozco F. (2008). Valoración de residuos agroindustriales-frutas-en Medellín y el sur del Aburrá, Colombia. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin*. Feb; 61(1), 4422-4431.

Capítulo V. Valoración In Vitro de tres residuos agrícolas amonificados para alimentación de rumiantes

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue comparar dos técnicas de laboratorio, utilizando tres residuos agrícolas. El análisis de la información se realizó a través del establecimiento de las ecuaciones de regresión que interpretaron la relación entre dos variables (Y; digestibilidad in vivo, X; digestibilidad in vitro), se tomaron valores obtenidos por cada subproducto in vivo y se aparearon con su respectivo promedio de digestibilidad in vitro producto de tres repeticiones. La técnica líquido ruminal-pepsina fue más precisa al compararla con la técnica del licor ruminal-pepsina, al presentar un modelo más estable. Sin embargo fue menos exacta en vista de que se distanció más del valor real (in vivo), y su coeficiente de determinación (R^2), fue ligeramente superior con respecto a la técnica del licor ruminal. La técnica pepsina-celulosa presentó valores absolutos superiores con respecto a la digestibilidad in vivo. La técnica pepsina-celulosa parece ser más sensible a la variación de las especies forrajeras, además las celulasas comercialmente disponibles varían

considerablemente en su capacidad digestiva. La mayor ventaja para la técnica pepsina celulasa en cuanto a su ejecución es obviar la necesidad de utilizar animales canulados y todo lo que ello implica, sin embargo la técnica Tilley y Terry presenta un mayor coeficiente de determinación, es decir, más exactitud con respecto a los valores in vivo. Se considera a la digestibilidad in vitro como un método válido para estimar la digestibilidad in vivo en alimentos para rumiantes, por ser más precisas, rápidas y económicas.

Palabras Chave: *Alimento, digestibilidad, forrajes*

Introducción

Todo proceso agrícola genera, durante el desarrollo del cultivo y en la cosecha, residuos o desechos vegetales que se destinan para diferentes usos (Toledo et al 2014). Los subproductos agroindustriales son productos obtenidos durante la cosecha y/o procesamiento de alimentos o fibras indispensables para llenar necesidades básicas en humanos, pero, por sus características nutricionales y disponibilidad a bajo costo, en la mayoría de las ocasiones, se constituyen en un recurso importante como fuente de alimento para animales (Cuesta y Conde 2002). Con respecto a los residuos sólidos, producidos en

terrenos de cultivo, están los que quedan después de la cosecha de granos o leguminosas como arroz, maíz, trigo y frijol (Quintero y Moncada 2008).

Los residuos de cosecha amonificados tienen potencial en la alimentación de rumiantes, la momificación del residuo de cosecha del cultivo de *Zea mays* es una alternativa de alimentación de rumiantes que puede ser considerada por los productores especialmente en épocas críticas (Saavedra et al 2013). La digestibilidad de los pastos, es un indicador importante de su calidad ya que ofrece una muy buena aproximación de la fracción del pasto que es retenida en el tracto gastrointestinal del animal. Las técnicas licor ruminal- pepsina y pepsina celulasa son algunos de los métodos in vitro de mayor utilización en los laboratorios para estimar la digestibilidad in vivo de los forrajes (Ruiz 2011).

La mayoría de los métodos de evaluación de forrajes tienen como objetivo la determinación del valor nutricional de los forrajes, mediante la técnica de digestibilidad in vitro descrita por (Tilley y Terry 1963). El desempeño productivo de los rumiantes está en función del valor nutricional de la dieta que consumen. La evaluación del valor nutricional puede realizarse por métodos in vivo, in situ e in

in vitro (Posada y Noguera 2005). El método de digestibilidad enzimática es un procedimiento simple de desarrollar y más rápido que el método in vitro para predecir la digestibilidad in vivo de la materia seca de los forrajes y además existe una alta correlación entre el método enzimático y el método in vitro por lo que se recomienda el uso del método enzimático como una alternativa en el laboratorio para la evaluación de la digestibilidad de los forrajes (Arce et al 2003).

El desempeño productivo de los rumiantes está en función del valor nutricional de la dieta que consumen. La evaluación del valor nutricional puede realizarse por métodos in vivo, in situ e in vitro (Posada y Noguera 2005). La presente investigación pretende comparar la precisión y exactitud de las dos técnicas in vitro (líquido ruminal-pepsina y pepsina celulasa), para estimar la digestibilidad in vivo, utilizando para ello tres subproductos agrícolas conservados (henificados, amonificados y ensilados).

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la Finca Experimental “La María”, Universidad Técnica estatal de Quevedo, localizada en el km 7,0 de la vía Quevedo-Mocache, provincia de Los Ríos. Su ubicación geográfica es de 01° 6’ 20” de latitud Sur y de 79° 29’ 23” de longitud Oeste, a una

altura de 73 msnm. Los análisis de laboratorio fueron realizados en la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), ubicada en la Panamericana Sur, km. 1,5 de la Ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo, a una altitud de 2740 msnm, 01°38' de latitud Sur y 78°40' de longitud oeste.

Se utilizaron tres residuos agrícolas (arroz, maíz y soya), bajo tres métodos de conservación Henificación, amonificación y ensilajes, fueron secados y molido para la pruebas in vitro y de laboratorio.

Los residuos agrícolas fueron evaluados y su respectivo análisis proximal de acuerdo con la AOAC (1990), la fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD), se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 0-1: Composición química bromatológica de subproductos agrícolas henificados, amonificados y ensilados. Fca. Exp. "La María" FCP-UTEQ.

Componentes	Técnicas de conservación								
	Henificación			Amonificación			Ensilaje		
	Arroz	Maíz	Soya	Arroz	Maíz	Soya	Arroz	Maíz	Soya
Humedad (%)	8,18	7,91	12,73	44,43	43,43	43,87	35,81	34,82	37,02
Materia seca (%)	91,81	92,1	87,27	55,07	56,57	56,13	64,19	65,18	62,98
Proteína cruda (%)	5,87	5,02	6,37	8,21	8,36	8,8	10,31	9,42	8,91
Extracto etéreo (%)	1,78	1,27	1,75	2,12	2,14	2,62	1,81	1,08	2,66
Fibra Bruta (%)	38,84	40,50	51,29	34,73	39,23	56,31	31,3	37,71	58,52
Cenizas (%)	21,06	8,84	8,00	22,57	12,89	10,66	21,57	12,1	8,25
Materia orgánica (%)	78,94	91,16	92,00	77,43	87,11	89,34	78,43	87,9	91,75
ELN (%)	24,26	36,46	19,85	32,37	37,37	21,61	35,01	39,68	21,66
FDA (%)	56,01	55,06	62,61	57,09	54,95	68,62	51,57	52,32	60,69
LDA (%)	4,49	7,73	12,42	7,19	9,97	20,48	6,55	10,43	16,79

*Fuente: Laboratorio de Servicios de Análisis e Investigación en Alimentos INIAP, Santa Catalina. Quito – Ecuador, 2017.

Se utilizaron cuatro toros Brahaman, machos castrados, cada uno tenía una cánula al rumen, para permitir la extracción del líquido ruminal. A continuación, se describen de manera general los procedimientos de las técnicas in vitro que fueron evaluadas.

Cuadro 0-2: Resumen del procedimiento en laboratorio para las dos técnicas.

Licor Ruminal - pepsina	Pepsina - celulasa
Pesar 0,5 de la muestra	Pesar 0,5 de la muestra
Incubar saliva artificial 40ml y licor ruminal 10 ml.	Adicionar 20 ml de solución pepsina al 0,2% en HCl 0,1 N.
Incubar 48 horas a 39°C a baño maría por agitación.	Incubar por 24 horas a 40° C a baño maría por agitación.
Adicionar 6 ml de HCl luego 2 ml de solución pepsina al 5%.	Filtrar solución sobrenadante y adicionar 20 ml de solución celulasa en medio buffer.
Incubar durante 48 horas a 39° C a baño maría por agitación.	Incubar durante 48 horas a 40° C a baño maría por agitación.
Incubar durante 48 horas a 39° C a baño maría por agitación.	Filtrar el contenido en crisol secado y tarado previamente.
Filtrar el contenido en crisol secado y tarado previamente.	Filtrar el contenido en crisol secado y tarado previamente.
Secar en estufa a 105°C por 12 horas dando por finalizada la DIVMS.	Secar en estufa a 105°C por 12 horas dando por finalizada la DIVMS.
Cálculos.	Cálculos.

Este procedimiento es tomado de la técnica “Tilley y Terry, 1963” e involucra primeramente un periodo de incubación de 48 horas con microorganismos del rumen en un medio buffer y en segundo término,

la digestión con una mezcla de ácido clorhídrico - pepsina. Las cantidades de materia seca (MS) o materia orgánica (MO) que desaparecen después de ambas etapas, se consideran como “digeridas” (Guevara, 2008).

En la técnica de digestibilidad in vitro con fluido ruminal, se dispuso de un diseño bloques completamente al azar (DBCA) en un arreglo factorial 3 (Residuos de cosecha) x 3 (Técnicas de conservación), con cuatro repeticiones, Los datos se analizaron utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (1999) y las diferencias de medias se compararon usando la Prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Se efectuó la primera fase de la técnica de (Tilley y Terry 1963) para cuantificar la desaparición ruminal in vitro de MO de los residuos de cosecha de maíz, arroz y soya (henificados, amonificados y ensilados), para lo cual se colecto fluido ruminal de un toro brahama con canula ruminal y alimentado ad libitum con pasto saboya y balanceado. Las muestras de residuos se colocaran en tubos de polipropileno y se incubaron con la mezcla de saliva de McDougall + fluido ruminal en relación (4:1) durante 48 horas a temperaturas y pH similares a los del rumen (39°C y 6.8 respectivamente). Este sistema de digestibilidad in

in vitro se basa en la primera etapa en una fermentación en un sistema cerrado, es decir, los productos de la fermentación no son removidos, en la primera etapa se adiciona una solución amortiguadora con el fin de mantener el pH en alrededor de 6.9, para que actúen las bacterias ruminales, especialmente las celulolíticas. En la segunda etapa de esta técnica se lleva a cabo una digestión con pepsina en medio ácido, añadiendo HCl. Esta etapa es comparativa a lo que sucede en el abomaso (Castellanos, et al., 1990).

Resultados y discusión

En el Cuadro 3 se presentan los resultados expresados como porcentaje de materia.

Cuadro 0-3: Valores de digestibilidad de la materia seca (%), in vivo, líquido ruminal pepsina y pepsina-celulosa, para tres subproductos tropicales conservados (henificados, amonificados y ensilados). Fca. Exp. "La María" FCP_UTEQ.

Subproductos conservados	Determinación de la digestibilidad		
	In vivo	Líquido ruminal-pepsina	Pepsina-celulosa
Henificados			
✓ Arroz	24,90	43,68	42,03
✓ Maíz	35,79	36,23	56,08
✓ Soya	28,28	53,09	31,29
Promedio	29,66	44,60	43,13
Amonificados			
✓ Arroz	28,91	71,57	44,65
✓ Maíz	35,22	71,86	49,36
✓ Soya	33,11	67,82	56,25
Promedio	32,41	70,42	50,09
Ensilados			
✓ Arroz	27,09	63,48	60,87
✓ Maíz	32,49	62,18	54,62
✓ Soya	26,05	58,12	56,25
Promedio	28,54	61,26	57,25

Los valores absolutos entre la técnica in vivo (30,20%) son diferentes a los obtenidos con las técnicas líquido ruminal-pepsina (58,76%) y pepsina-celulasa (50,16%), presentándose una diferencia de 24,26 unidades aproximadamente con respecto a la técnica in vivo.

Estos valores de digestibilidad in vivo son inferiores a los reportados por (Zambrano 2011) que encontró valores entre 39,75 y 43,47% para las pancas de arroz, maíz y soya. Así como también la DIVMS 43,3 % por (Saavedra et al 2013) 43,3%, pero también son inferiores a las técnicas son menores a las técnicas líquido ruminal-pepsina y pepsina-celulasa. La técnica líquido ruminal-pepsina, presento un modelo distinto para cada corrida, lo que indicaría una alta variabilidad en la técnica.

La técnica pepsina-celulasa fue más precisa al compararla con la técnica del licor ruminal-pepsina, al presentar un modelo más estable. Sin embargo fue menos exacta en vista de que se distancio más del valor real (in vivo), y su coeficiente de determinación (R^2), fue menor con respecto a la técnica del licor ruminal. La técnica pepsina-celulasa presentó bajos valores absolutos con respecto a la digestibilidad in vivo. Se recomienda aplicar la ecuación de regresión correspondiente cuando se utiliza esta técnica. La mayor ventaja para la técnica pepsina

celulasa en cuanto a su ejecución es obviar la necesidad de utilizar animales canulados y todo lo que ello implica, sin embargo la técnica (Tilley y Terry 1963) presentó un mayor coeficiente de determinación en ambas corridas, es decir más exactitud con respecto a los valores in vivo, por lo cual de acuerdo a estos resultados se puede seguir considerando como un método válido para estimar la digestibilidad in vitro en alimentos para animales rumiantes.

En el Cuadro 3, se presentan las ecuaciones de regresión obtenidas para las dos técnicas de digestibilidad in vitro frente a la digestibilidad in vivo.

Cuadro 0-4: Ecuaciones de regresión simple entre digestibilidad in vitro (x) e in vivo (y) para tres subproductos tropicales conservados (henificados, amonificados y ensilados) por medio de dos técnicas in vitro, Fca. Exp. "La María" UICYT-FCP-UTEQ

Método	Sub. Prod. Cons.	Ecuación	R² (%)
Líquido ruminal-pepsina	Henificados	$Y=18,68+62,45X-2,49X^2$	99,79
	Amonificados	$Y= 53,00+17,77X+6,80X^2$	99,85
	Ensilados	$Y=74,77-24,68X+5,99 X^2$	98,32
Pepsina-celulasa	Henificados	$Y=16,44+48,02X-11,37 X^2$	85,58
	Amonificados	$Y=20,19+81,85X-17,99X^2$	98,93
	Ensilados	$Y=-40,70+103,58X-22,65X^2$	99,29

R²: Coeficiente de determinación
D.S. Desviación Estándar

De acuerdo al Cuadro 3, los coeficiente de determinación (R²), para las ecuaciones 1; 2 y 3 (técnica líquido ruminal-pepsina), indican que el 99,79; 99,85 y el 98,32% de la variación total de la digestibilidad in

vivo esta explicada por el modelo; el resto, o sea el 0,21; 0,15 y 0,28% es la variación no explicada por la regresión.

En el caso de las ecuaciones 4; 5 y 6, los R² indican que el 85,58; 98,93 y 99,29% de la variación total de la digestibilidad in vivo esta explicada por el modelo, el 0,42; 0,07 y el 0,71% es la variación no explicada por la regresión. El intercepto presenta valores muy diferentes para las dos técnicas, al Fálquez compararlos por medio de la ANAVA, se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,01$). Sin embargo debe tenerse en cuenta que el intercepto no siempre tiene una interpretación practica y algunas veces es solo un término de ajuste que permite representar la tendencia de los datos.

El coeficiente de regresión en este caso para las seis ecuaciones muestra valores cercanos a uno (1). El mayor R² de la primera ecuación, además del bajo valor de la desviación estándar, obtenidos en el presente trabajo para la técnica del líquido ruminal pepsina con respecto a la técnica pepsina-celulasa, coincide con los reportes de trabajos realizados para forrajes de zona templada por (Terry et al 1978), Cerda et al (1989), Terramoccia et al (1989), también Alluzio et al y Antongiovanni et al citados por Antongiovanni y Acciaaoli (1995) citados por Ruiz 2011

Arce et al (2013) manifiestan que encontraron resultados de digestibilidad obtenidos por los métodos enzimático 72,18 en alfalfa fueron superiores a los reportados en este trabajo. Sin embargo, este hallazgo podría atribuirse, por un lado, a la riqueza del inóculo ruminal, donde actúan todo un conjunto de enzimas provenientes de los diferentes microorganismos (bacterias, protozoarios y hongos) que causan una mayor degradación de los forrajes, mientras que el método enzimático trabaja solo con celulasa proveniente de un hongo, por lo que afirma que el método de digestibilidad enzimática demostró ser un procedimiento de laboratorio simple y rápido para la evaluación de los forrajes.

Campos et al. (2008) obtuvieron valores entre 57,01 y 64,66% por actividades celulolíticas de diferentes cultivos fúngicos y porcentaje de desaparición de materia seca en sustratos ricos en fibra en ensayo ruminal in vitro y sus coeficientes de correlación valores similares a los reportados en esta investigación.

Lo cual puede ser porque los cultivos fúngicos influyen en forma positiva la desaparición de la materia seca en los ensayos ruminales in vitro. El efecto no se puede atribuir solamente a los perfiles enzimáticos. El incremento en degradabilidad de los sustratos

depende más de su naturaleza que al tipo de cultivo fúngico adicionado. Los cultivos del género *Aspergillus* tuvieron por lo general los mejores resultados.

El método de Tilley y Terry (1963) se considera un método referente para calcular la digestibilidad en alimentos para rumiantes, el cual ha sido modificado y adaptado según el tipo de alimento a analizar, al igual que se han desarrollado y probado diferentes tampones de dilución para ajustar el pH del inóculo, Giraldo et al (2007). Citado por Ruiz 2011. Trabajando con dos forrajes diferentes como fuente de inóculo García y Sánchez (1988), concluyeron que la digestibilidad con licor ruminal parece no estar afectada por la fuente del inóculo, siempre y cuando no existan grandes diferencias en la composición química entre ellos.

Pese a su exactitud, según Giraldo (2007), y a todas las modificaciones y adaptaciones el método Tilley y Terry (1963) sigue siendo un procedimiento que consume mucho tiempo y trabajo, además cada alimento debe incubarse por separado, limitando el número de muestras a ser analizadas por corrida o tanda. Además, es posible estimar la degradabilidad ruminal in situ verdadera con base en datos obtenidos in vitro.

La fermentación in vitro de los forrajes mediante un inóculo de microorganismos ruminales presenta probablemente el mejor cálculo hecho en laboratorio sobre la digestibilidad in vivo. Sin embargo, los ensayos in vitro requieren una fuente uniforme y confiable de inóculo ruminal que a menudo es difícil de obtener. Los problemas que mayormente se presentan son: la variación en la actividad del fluido ruminal, variaciones incontrolables que se dan dentro del laboratorio y entre laboratorios, y la disponibilidad de animales ruminalmente canulados. (Arce 2003).

Después de examinar la repetibilidad de los resultados obtenidos en un laboratorio y de la reproducibilidad de resultados logrados entre diferentes laboratorios, Antongiovanni y Acciacioli (1995), sugieren que dentro de los métodos in vitro, la técnica enzimática empleada por (Jones y Hayward 1975) es la alternativa más válida a los análisis clásicos de Tilley y Terry (1963). Finalmente, en pastos tropicales, varios autores también han encontrado una mayor precisión de la técnica pepsina-celulasa, para predecir la digestibilidad de la materia seca in vivo, es el caso de Adegbola y Paladines (1977), Peña y Paladines (1979), Narváez y Lazcano (1989) y Navaretne (1990) citados por Ruiz 2011.

Conclusiones

La técnica líquido ruminal-pepsina fue más precisa al compararla con la técnica del licor ruminal-pepsina, al presentar un modelo más estable. Sin embargo fue menos exacta en vista de que se distanció más del valor real (in vivo), y su coeficiente de determinación (R^2), fue ligeramente superior con respecto a la técnica del licor ruminal. La técnica pepsina-celulasa presentó valores absolutos superiores con respecto a la digestibilidad in vivo. La técnica pepsina-celulasa parece ser más sensible a la variación de las especies forrajeras, además las celulasas comercialmente disponibles varían considerablemente en su capacidad digestiva. La mayor ventaja para la técnica pepsina-celulasa en cuanto a su ejecución es obviar la necesidad de utilizar animales canulados y todo lo que ello implica, sin embargo la técnica Tilley y Terry presentó un mayor coeficiente de determinación, es decir, más exactitud con respecto a los valores in vivo. Considerar a la digestibilidad in vitro como un método válido para estimar la digestibilidad in vivo en alimentos para rumiantes, por ser más precisas, rápidas y económicas.

Referencias bibliográficas

AOAC. (1990). Official Methods of Analysis(15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA. 1990.

Arce, C., Arbaiza, T., Carceleén, F. y Luca, O. 2003. Estudio comparativo de la digestibilidad de forrajes mediante dos métodos de laboratorio. Revista investigación Veterinaria Perú. 2003; 14 (1) p 7 – 12.

Adegbola A., Paladines O. 1977. Prediction of digestibility on the dry matter of tropical forages from their solubility in fungal cellulase solutions. Journal of the science of food and agriculture. 28 (1): 775-785.

Antongiovanni M., Acciatoli A. 1995. Accuracy of estimates of in vivo digestibility values by means of in vitro laboratory techniques. Zootécnica e nutrizione animale. 21(1995): 47-50.

Arce C, et al. 2003. Estudio comparativo de la digestibilidad de forrajes mediante dos métodos de laboratorio. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 14 (1): 7-12.

Campos R., Pimentel, D., Hernández, A., Fuentes A., Alfaro, R., Rodríguez R. y Viniegra G. 2008. Influencia de cultivos fungicos

en ensayos ruminales in vitro de diferentes sustratos. Revista Mexicana de Ingeniería Química Vol. 7, No. 3 p.215-221.

Castellanos, A.; Llamas, G., y Shimada, A. 1990. Manual de Técnicas de investigación en Rumiología. México, 267 p.

Cuesta, A. y Conde, A. 2002. Potencial de subproductos agroindustriales y su mejoramiento a través de tratamientos químicos. Revista de Divulgación Técnica y Científica de Zootecnia Año 1 Volumen 1

García G., Sánchez D. 1985. Utilización de dos forrajes como Fuentes de inóculo en una prueba de digestibilidad in vitro. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. p 65.

Giraldo L, et al. 2007. Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 20 (2007): 269-279.

Giraldo, L. 1996. Manejo y utilización sostenible de pasturas. Medellín. Universidad Nacional de Colombia, p 359.

- González, S.A., Yáñez, M.A. y González. E.L.A. 2000. Avances de la validación y transferencia de tecnología pecuaria en los GGVATT'S de Colima. Colima, México: 64 pp
- Jones D., Hayward M. 1975. The effect of pepsin pretreatment of herbage on the prediction of dry matter digestibility from solubility in fungal cellulose solutions. *Journal of the science of food and agriculture*. 26 (1975): 711-718.
- Narváez V., Lazcano C. 1989. Digestibilidad in vitro de especies forrajeras tropicales. *Pasturas tropicales*. 11 (1): 13-18.
- Peña M. y Paladines O. 1979. Digestibilidad de la material seca de forrajes tropicales usando el método de solubilidad en pepsina-celulasa. *Turrialba*. 29 (3):189-194.
- Posada, S. y Noguera, R. 2005. Técnica in vitro de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development* 17 (4) 2005
- Quintero, M. y Moncada A. 2008. Contaminación y control de las quemas agrícolas en Imperial, California, y Mexicali, Baja California. *Región y Sociedad* Vol. 20 No. 43 p 1 – 24.

Ruiz, R. 2012. Comparación de dos métodos in vitro para estimar la digestibilidad de pastos tropicales en rumiantes. Revista Citecsa Vol. 2, N. 2

Saavedra C., Omaña, M., Navas, A. y Suárez, A. 2013. Evaluación de la amonificación de residuos de cosecha de Zea mays como alternativa para la alimentación de rumiantes Revista Ciencia animal 6 p. 99 - 108.

SAS Institute Inc. 2008. SAS/TATTM, guide for personal computers, version 9.2. Ed. SAS Institute, Cary, NC.

Zambrano, D., Sánchez, A. y Meza, G. 2011. Digestibilidad (in vivo) de ovinos tropicales alimentados con subproductos de cosechas agrícolas bajo tres métodos de conservación. Actas Iberoamericanas de Conservación Animal. Vol. 1 p. 347-349

Terry R. 1978. Comparison of two in vitro procedures using rumen liquorpepsin or pepsin-cellulase for prediction of forage digestibility. Journal of the British Grassland Society. 33 (1978): 13-18.

Tilley J. M. and Terry R. A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society*. 18: 104-111.

Toledo, E; Cabrera, J. A; Leyva, A y Pohlan, H. A. J. Estimación de la producción de residuos agrícolas en Agroecosistemas de caña de azúcar. *cultrop* 2008, vol.29, n.3 pp. 17-21.

Zambrano, D., Sánchez, A. y Meza, G. 2011. Digestibilidad (in vivo) de ovinos tropicales alimentados con subproductos de cosechas agrícolas bajo tres métodos de conservación. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*. Vol. 1 p. 347-349.

Capítulo VI. Composición química y cinética de degradación ruminal in vitro del ensilado de pasto saboya (*Megathyrsus maximus*) con niveles crecientes de inclusión de residuo de maracuyá (*Passiflora edulis Sims.*)

Resumen

En los países tropicales, el ensilaje de forrajes se presenta como una alternativa viable para la época de escasez estacional, y la combinación de residuos agroindustriales con los forrajes para el ensilaje permitiría el aprovechamiento eficiente de los primeros. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la inclusión de cuatro niveles de residuo de maracuyá (*Passiflora edulis Sims.*) (10; 20; 30 y 40% en base fresca) en el ensilado de pasto saboya (*Megathyrsus maximus*) de 45 días (d) de edad. El ensilaje de los productos picados y homogeneizados se realizó en microsilos experimentales (6 réplicas por tratamiento). Tras 35 días, los microsilos se abrieron y se determinó la composición química y la degradación *in vitro* de la materia seca a 0; 3; 6, 12, 24; 48 y 72 horas. La inclusión del residuo de maracuyá redujo linealmente

($P < 0,05$) el contenido de fibra ácido detergente del ensilado y aumentó linealmente ($P < 0,05$) la degradabilidad efectiva de la materia seca por un aumento ($P < 0,05$) de las fracciones soluble y potencialmente degradable de la misma. En conclusión, la combinación de un 40% de residuo de maracuyá con un 60% de pasto saboya permitiría mejorar el valor nutritivo del ensilado obtenido.

Palabras clave: *Pasto saboya; maracuyá; ensilado; degradabilidad in vitro*

Introducción

En las regiones tropicales, la irregularidad de las precipitaciones anuales supone una oferta estacional de forraje para las ganaderías. En estas circunstancias, la conservación de los recursos forrajeros excedentes en la época de abundancia mediante ensilaje facilita la disponibilidad de forraje durante las épocas de escasez, siendo una opción viable para los pequeños productores [8, 28]. El proceso de ensilaje depende de la población microbiana natural de los forrajes, el contenido de carbohidratos fermentables y las condiciones en que se realiza, por lo que la calidad del producto obtenido puede

ser muy variable [29]. Las condiciones típicas requeridas para garantizar la calidad son una baja capacidad tampón del forraje, un contenido de materia seca (MS) superior a 20%, y una concentración de carbohidratos fermentables de 5 a 20% [15].

El pasto saboya (*Megathyrsus maximus*, anteriormente clasificado como *Panicum máximum* Jacq.) es un forraje de buena calidad nutritiva y eficiente comportamiento productivo en los trópicos, que debe aprovecharse en fresco entre los 30 y 45 días (d) de edad para evitar la disminución del valor nutritivo [26], mientras que la edad más apropiada de corte para el ensilaje parece que está comprendida entre 42 y 63 d [7]. Sin embargo, el bajo contenido de MS y carbohidratos fermentables, y la elevada capacidad tampón [7, 9, 26] pueden dificultar el proceso de ensilaje y afectar a la calidad nutritiva del producto final. La inclusión en el ensilaje de productos ricos en carbohidratos fácilmente fermentables como melaza o residuos del procesamiento de frutas tropicales pueden compensar los inconvenientes mencionados [6, 22].

La producción de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) está extendida en los países tropicales. La extracción de la pulpa para la obtención posterior de zumo deja como residuo un 70% del fruto

(50% en cáscaras y 20% en semillas, aproximadamente) [19], cuya disposición medio-ambiental apropiada supone un costo a las industrias. No obstante, la composición química del residuo lo hace adecuado para su uso en alimentación de rumiantes [27]. Trabajos previos han evaluado el efecto de la inclusión del residuo de maracuyá fresco [24] o desecado al sol [5, 10, 16, 22] en el ensilado de pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sobre su composición química, características fermentativas y valor nutritivo, pero la información referida a su utilización en el ensilado de pasto saboya es escasa. Por lo antes expuesto, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la inclusión de residuo de maracuyá sobre la composición química y la cinética de degradación ruminal *in vitro* de la materia seca del ensilado de pasto saboya. Experimental “La María” de Facultad de Ciencias Pecuarias de la UTEQ. Se realizó un corte de igualación y se cosechó a los 45 d, no se realizó fertilización ni riego. El residuo de maracuyá se obtuvo en la empresa TROPIFRUTAS S.A. (Quevedo, Ecuador) y consistió principalmente en cáscaras mezcladas con cantidades inferiores de pulpa (69%) y semillas (21%). Muestras representativas del pasto segado y el residuo de maracuyá se

recogieron previamente al ensilaje para la determinación de la composición química.

Se prepararon cuatro ensilados de pasto saboya con la inclusión de 10; 20; 30 y 40% en base fresca de residuo de maracuyá. Para ello, se utilizaron 24 silos experimentales (6 por tratamiento), contruidos con tubos de policloruro de vinilo (PVC) de 30 centímetros (cm) de longitud por 10 cm de diámetro, con una capacidad de almacenamiento de 3 kilos (kg) [21], modificados para la extracción de efluentes [11]. Tanto el pasto como el residuo se picaron en una picadora de pasto (Trapp[®] ES 400, Brasil), para reducir la longitud de las partículas a 2-5 cm. El material se pesó (MOBBA BS, Mobba, Barcelona, España), de acuerdo con los tratamientos, y se homogenizó manualmente, de forma concienzuda, antes de introducirlo en los silos. La compactación fue manual, tipo tornillo, y el sellado bajo presión se realizó con patones de PVC, tornillos y cinta de embalaje. Los silos sellados se colocaron en un depósito a temperatura ambiente ($26 \pm 0,6$ °C), sin radiación solar directa. La apertura de los silos se hizo tras 35 d de almacenamiento, el contenido de cada silo se homogenizó manualmente y se recogió una muestra de 1 kg de cada uno de ellos

para el estudio de su composición química. Estas muestras se secaron en estufa (Memmert UN55, Memmert, Schwabach, Alemania) a 65 °C durante 48 h y posteriormente se trituraron en un molino (Model 4 Wiley Mill, Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, EUA) con criba de 2 milímetros (mm).

En las muestras de pasto saboya y residuo de maracuyá y de cada uno de los microsilos se determinó el contenido de MS, materia orgánica (MO), cenizas y proteína bruta (PB), de acuerdo con los métodos de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) [3], y de fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD), con el procedimiento de ANKOM Technology [1].

Para determinar la degradabilidad ruminal *in vitro* de la MS en cada uno de los tratamientos se preparó una muestra compuesta con alícuotas de los microsilos (150 g). Se siguió el protocolo recomendado por el fabricante del sistema de incubación DAISY II® [2], usando bolsas filtro ANKOM F-57 (Ankom Technology, Macedon, NY, EUA) con tamaño de poro de 25 micromilímetros (μm) y dimensiones de 5 x 4 cm fabricadas de poliéster/polietileno con filamentos extruidos en una matriz de tres dimensiones [12]. En cada bolsa se introdujeron 0,5 g de muestra molida y luego se

sellaron con prensa térmica (Heat Sealer 1915, Ankom Technology, Macedon, NY, EUA). Por cada tratamiento y tiempo de incubación (0; 3; 6; 12; 24; 48 y 72 h), se incubaron seis bolsas. Por cada tiempo de incubación, se incluyeron dos bolsas vacías que sirvieron como blancos para determinar el factor de corrección para el efecto del lavado

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), provincia de Los Ríos, Ecuador. El pasto saboya se obtuvo de una parcela establecida en el Campus La relación entre la solución tampón y el inóculo ruminal fue 3:2. El inóculo ruminal se obtuvo de tres bovinos, castrados y fistulados en el rumen, de raza Brahman (*Bos indicus*) con 500 kg \pm 25 kg de peso vivo, mantenidos en pastoreo libre sobre pasto saboya. Para la preparación del inóculo, se extrajo líquido ruminal de los animales, a través de la cánula, con una bomba de vacío manual (VACU-H01-001, Laboxx, Mataró, España) en termos (TRSL 1400, Orbegozo, Murcia, España) aclimatados a 39 °C. Los termos se trasladaron inmediatamente al laboratorio y su contenido se filtró con una

cuádruple gasa estéril sobre un matraz continuamente saturado con CO₂. Finalmente, el inóculo se introdujo junto con la solución tampón y las bolsas con las muestras en las jarras de fermentación, que se purgaron durante 30 segundos (s) con CO₂, se sellaron, y se pusieron en incubación. Terminado el periodo de incubación correspondiente a los tiempos de experimentación, las bolsas se extrajeron y se lavaron con agua fría hasta obtener un efluente transparente y, posteriormente, se secaron en estufa a 65 °C durante 48 h. La desaparición de la MS se ajustó a la ecuación $p = a + b \times (1 - e^{-ct})$ [20], donde p es la desaparición de la MS a tiempo t, a es la fracción soluble por lavado de las bolsas a la h o (%), b es la fracción insoluble pero potencialmente degradable (%), y c es la tasa de degradación de b (h⁻¹). La degradabilidad efectiva (DEMS) se calculó para tres tasas de paso ruminal (k): 0,02; 0,05 y 0,08 h⁻¹, de acuerdo con la ecuación $DEMS = a + [(b \times c)/(c+k)]$, donde a, b, c y k se han descrito anteriormente. Los parámetros de la cinética de degradación calcularon con el modo de resolución GRG NONLINEAR de la función SOLVER de Microsoft EXCEL®.

Todos los análisis estadísticos se hicieron con SAS 9.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA). Los datos se analizaron con el procedimiento GLM y las medias de mínimos cuadrados se compararon con el test de Tukey. Las respuestas lineales de las variables a la inclusión de residuo de maracuyá se investigaron mediante contrastes polinómicos ortogonales con la opción CONTRAST. La significación estadística se declaró a $P < 0,05$.

Resultados y discusión

La composición química del pasto saboya y el residuo de maracuyá utilizados en los ensilados se muestra en la TABLA I. Los valores obtenidos de ambos productos están en general de acuerdo con los reportados por trabajos previos [7, 18, 26, 27]. La composición química del ensilado de pasto saboya con la inclusión de niveles crecientes de residuo de maracuyá se muestra en la TABLA II. La MS del ensilado disminuyó con la inclusión de cantidades crecientes de residuo de maracuyá. Este cambio era de esperar debido a la mayor humedad del residuo de maracuyá en comparación con el pasto saboya (TABLA I). Los resultados coinciden con los de Reis y col. [24] que adicionaron niveles crecientes de residuo de maracuyá fresco (19% MS) al ensilado de

pasto elefante, mientras que Neiva y col. [16], Pompeu y col. [22], Cândido y col. [5] y Da Cruz y col. [10] encontraron resultados opuestos, trabajando con residuo de maracuyá desecado al sol (en torno a un 84% MS). Por tanto, la MS del residuo de maracuyá utilizado justifica las diferencias en los diferentes estudios. El contenido de MO aumentó y el de cenizas disminuyó, ambos linealmente ($P < 0,05$), con el nivel de inclusión de residuo de maracuyá en el ensilado. Esta tendencia se justifica porque el contenido de cenizas del residuo de maracuyá fue un 32% inferior al del pasto saboya. El contenido de PB no aumentó ($P > 0,05$) con el nivel de inclusión de residuo de maracuyá en coincidencia con lo observado por Reis y col. [24]. Por el contrario, otros autores observaron aumentos de los contenidos de PB en el ensilado con la inclusión de residuo de maracuyá [5, 10, 16, 22]. Las diferentes respuestas observadas se explicarían porque el contenido de PB del residuo fue claramente superior al del pasto elefante en dichos trabajos (el doble en promedio), mientras que los productos utilizados en el presente estudio y el de Reis y col. [24] tuvieron contenidos de PB prácticamente iguales entre sí.

Hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) en los contenidos de FND entre tratamientos en concordancia con lo reportado en diferentes trabajos [5, 10, 16, 22, 24], lo que se justificaría porque el contenido de FND del residuo de maracuyá fue entre 16 y 44% inferior al del forraje en el conjunto de los trabajos. El contenido de FAD disminuyó linealmente ($P < 0,05$) con la inclusión de cantidades crecientes de residuo de maracuyá en el ensilado, en coincidencia con el trabajo de Da Cruz y col. [10] y difiere de los trabajos de Reis y col. [24], Neiva y col. [16], Pompeu y col. [22] y Cândido y col. [5]. Al igual que lo señalado anteriormente para la MS, la PB y la FND, los resultados encontrados por los diferentes autores se explican por los contenidos de FAD en el forraje y el residuo de maracuyá utilizados. Claramente, los resultados del presente estudio y los de trabajos previos indican que la composición del residuo de maracuyá y la del forraje utilizado son los principales determinantes de la composición del ensilado obtenido.

Tabla 11. Composición química de los materiales utilizados en el ensilaje

Contenido	Pasto saboya (Megathyrsus maximus)	Residuo de maracuyá (Passiflora edulis Sims)
Materia seca (MS) %	20,59	15,10
Materia orgánica, % MS	82,63	88,27
Cenizas, % MS	17,37	11,73
Proteína bruta, % MS	8,38	8,77
Fibra neutro detergente, % MS	74,08	61,54
Fibra ácido detergente, % MS	55,29	36,39

Tabla 12: Composición química de Pasto Saboya (*Megathyrsus maximus*) con diferentes niveles de inclusión de residuo de maracuyá (*Passiflora edulis Sims*)

Contenido	Nivel de maracuyá				EEM	P lineal
	10	20	30	40		
Materia seca (MS) %	21,0 ^a	20,1 ^b	19,5 ^b	18,8 ^c	0,18	<0,001
Materia orgánica, % MS	84,7	85,0	86,1	86,0	0,26	0,03
Cenizas, % MS	16,0	15,3	14,5	14,6	0,26	0,03
Proteína bruta, % MS	7,8	7,8	7,9	8,0	0,11	0,46
Fibra neutro detergente, % MS	71,2 ^a	67,2 ^b	64,0 ^{bc}	63,2 ^d	0,77	<0,001
Fibra ácido detergente, % MS	51,6 ^a	50,0 ^{ab}	49,5 ^b	49,1 ^b	0,28	<0,001

Los parámetros de la cinética de degradación de la MS y los valores de degradabilidad potencial y efectiva de MS se muestran en la TABLA III. La inclusión de residuo de maracuyá en el ensilado

aumentó linealmente ($P < 0,05$) las fracciones soluble y potencialmente degradable y la degradabilidad potencial, mientras que redujo linealmente ($P < 0,05$) la tasa de degradación horaria, siendo los efectos mencionados más evidentes en los dos niveles más altos de inclusión. La disminución del valor de la tasa de degradación horaria con los niveles crecientes de residuo de maracuyá no influyó negativamente en la DEMS, que aumentó linealmente ($P < 0,05$). La mayor proporción de solubles en detergente neutro ($SND = 100 - FND$; [25]) en la MS del residuo de maracuyá (38,5% MS) en comparación con el pasto saboya (25,9% MS) explicarían el aumento de los valores de degradabilidad potencial. De hecho, de acuerdo con otros investigadores, hay evidencia de que una parte importante de los SND debieron ser pectinas en el residuo de maracuyá pero no en el pasto saboya [13, 14] y la degradabilidad ruminal de las pectinas es prácticamente total [17]. En el mismo sentido, los resultados de estudios de degradabilidad ruminal in situ muestran que la fracción soluble de la MS y la tasa de degradación ruminal son mayores en el residuo de maracuyá que en el pasto saboya (0,22 y 0,11 h^{-1} vs. 0,15 y 0,04 h^{-1}), mientras que la fracción

potencialmente degradable es prácticamente igual, con un valor en torno 0,58 [23, 27]. El aumento de la DEMS con el nivel más alto de inclusión de residuo de maracuyá con independencia de la tasa de paso ruminal indicó una mejora del valor nutritivo del ensilado, estimada en un 5% entre los niveles 10 y 40% de acuerdo con la ecuación de Bhargava y Orskov [4].

TABLA III
CINÉTICA DE DEGRADACIÓN RUMINAL *IN VITRO* DE LA MATERIA SECA DE ENSILADOS DE PASTO SABOYA (*Megathyrsus maximus*) CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE RESIDUO DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis* SIMS.)

Parámetro	Nivel de maracuyá (%)				EEM	P
	10	20	30	40		
a, % MS	9,99 ^b	10,89 ^a	11,29 ^a	11,63 ^a	0,121	<0,001
b, % MS	42,99 ^{bc}	41,58 ^c	45,16 ^{ab}	47,52 ^a	0,453	<0,001
c, h ⁻¹	0,027 ^{ab}	0,033 ^a	0,025 ^b	0,024 ^b	0,0011	<0,05
DP, % MS	52,99 ^b	52,48 ^b	56,46 ^a	59,16 ^a	0,462	<0,001
DEMS 2% h ⁻¹	34,54 ^b	36,61 ^{ab}	36,52 ^{ab}	37,45 ^a	0,391	<0,01
DEMS 5% h ⁻¹	24,96	27,33	26,47	27,03	0,407	<0,05
DEMS 8% h ⁻¹	20,76	22,99	22,15	22,61	0,368	<0,05

EEM: error estándar de la media; MS: materia seca; a: fracción soluble; b: fracción potencialmente degradable; c: tasa de degradación de b; DP: degradabilidad potencial (a+b); DEMS: degradabilidad efectiva de la materia seca a tasas de paso ruminal del 2, 5 y 8% h⁻¹.
^{ab}Las medias de mínimos cuadrados sin un superíndice común son significativamente diferentes (P<0,05).

Conclusiones

La combinación de residuo de maracuyá con pasto saboya podría ser una forma eficiente y aceptable medioambientalmente, de

disponer del primero en su área de producción. El residuo de maracuyá modificó los contenidos de carbohidratos del ensilado, con una reducción de aquellos menos digestibles, y su nivel más alto de inclusión ocasionó un aumento de la DEMS. Los resultados sugieren que la inclusión de residuo de maracuyá en el ensilado de pasto saboya a un nivel del 40% sobre materia fresca se traduciría en una mejora del valor energético del ensilado obtenido para los rumiantes de en torno a 0,3 megajulios (MJ) por kg de MS en comparación con el ensilado de pasto saboya con un 10% de residuo de maracuyá. Estudios con animales en producción serían necesarios para confirmar este extremo.

Agradecimiento

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por su financiamiento a través Fondo Competitivo de Investigación Ciencia y Tecnología (FOCICYT) en el Proyecto. Caracterización de ensilajes de pasto Saboya (*Panicum maximum*) con inclusión de residuos agroindustriales tropicales de uso alimenticio del bovino de doble propósito, y a la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología (SENESCYT).

Referencias bibliográficas

- ANKOM Technology. In vitro True Digestibility with DAISY II Incubator. ANKOM Technology, Macedon, NY. 2008a.
- ANKOM Technology. Method for Determining Neutral Detergent Fiber (aNDF). ANKOM Technology, Macedon, NY.2008b.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of Analysis. XIII Ed. Washington, EUA. 771 pp. 1990.
- BHARGAVA, P.K.; ØRSKOV, E.R. Manual for the use of nylon bag technique in the evaluation of feedstuffs. The Rowett Research Institute. Bucksburn. Aberdeen. Scotland. Pp. 1-21. 1987.
- CÂNDIDO, M.; NEIVA, J.; RODRIGUEZ, N.; FERREIRA, A. Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado do maracujá. R. Bras. Zoot. 36(5):1489-1494. 2007.
- CARABALLO, A.; BETACOURT, M.; FLORIO, J. Efecto de la melaza, estado fisiológico del pasto y tamaño del material

cosechado sobre el ensilado de pasto guinea (*Panicum maximum*, Jacq.). Cien. 15(1): 35-46. 2007.

CASTRO, G.; RODRIGUEZ, N.; GONÇALVES, L.; MAURÍCIO, R. Características produtivas, agronômicas e nutricionais do capim-tanzânia em cinco diferentes idades ao corte. Arq. Bras. Med. Vet. Zoot. 62(3): 654-666. 2010.

CHEDLY, K.; LEE, S. Ensilaje de subproductos agrícolas como opción para los pequeños campesinos. En: t'Mannetje (Ed.). Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos: Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos. 1/09 a 15/12/1999. FAO. Pp. 87-97. 2001.

COAN, R.; REIS, R.; GARCIA, G.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.; FERREIRA, D.; RESENDE, F.; GURGEL, F. Dinâmica fermentativa e microbiológica de silagens dos capins tanzânia e marandu acrescidas de polpa cítrica peletizada. R. Bras. Zoot. 36(5): 1502-1511. 2007.

DA CRUZ, B.; DOS SANTOS, C.; PIRES, A.; ROCHA, J.; DOS SANTOS, S.; BASTOS, M. Composição bromatológica da

silagem de capim-elefante com diferentes proporções de casca desidratada de maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*). *Rev. Bras. Cien. Agr.* 5(3): 434-440. 2010.

DORMOND, H.; ROJAS, A.; BOSCHINI, C.; MORA, G.; SIBAJA, G. Evaluación preliminar de la cáscara de banano maduro como material de ensilaje, en combinación con pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*). *InterSedes.* 12(23): 17-31. 2011.

GIRALDO, L.; GUTIÉRREZ, L.; RÚA, C. Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Rev. Col. Cien. Pec.* 20: 269-279. 2007.

JUNG, H. J. G.; SAMAC, D. A.; SARATH, G. Modifying crops to increase cell wall digestibility. *Plant Sci.* 185: 65-77. 2012.

JÚNIOR, J.E.L.; DA COSTA, J. M. C.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. *Rev. Cien. Agron.* 37(1): 70-76. 2008.

MACHIN, D. El uso potencial del ensilaje en el trópico para la producción animal en la zona tropical, especialmente como una opción para los pequeños campesinos. En: t'Mannetje (Ed.). Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos: Memorias de la Conferencia de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos. 1/09 a 15/12/1999. FAO. Pp.73-80. 2001.

NEIVA, J.; NUNES, F.; CÂNDIDO, M.; RODRIGUEZ, N.; LÔBO, R. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante enriquecidas com subproduto do processamento do maracujá. R. Bras. Zoot. 35(4): 1845-1851. 2006.

NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. J. Dairy Sci. 74(10): 3598-3629. 1991.

NOGUERA, R. R.; VALENCIA, S.; POSADA, S. L. Efecto de diferentes aditivos sobre la composición y el perfil de fermentación del ensilaje de cáscaras de Maracuyá (*Passiflora edulis*). Livest. Res. Rural. Dev. 26: 168. 2014.

- OLIVEIRA, L.; NASCIMENTO, M.; BORGES, S.; RIBEIRO, P.; RUBACK, V. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* F. *Flavicarpa*) para produção de doce em calda. *Cien. Tecnol. Aliment.* 22(3): 259-262. 2002.
- ØRSKOV, E.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92: 499-503. 1979.
- PEREIRA, L.; GONÇALVES, L.; TOMICH, T.; BORGES, I.; RODRÍGUEZ, N. Silos experimentais para avaliação da silagem de três genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.). *Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.* 57(5): 690-696. 2005.
- POMPEU, R.; NEIVA, J.; CÂNDIDO, M.; FILHO, G.; AQUINO, D.; LÔBO, R. Valor nutritivo de silagens de capim- elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com adição de subprodutos do processamento de frutas tropicais. *Rev. Cien. Agron.* 37(1): 77-83. 2006.

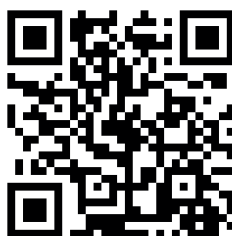
- RAZZ, R.; CLAVERO, T.; VERGARA, J. Cinética de degradación in situ de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. Rev. Científ. FCV-LUZ. XIV(5): 424-430. 2004.
- REIS, J.; PAIVA, P. C. A.; TIESENHAUSEN, I. M. E. V. V.; REZENDE, C. A. P. Composição química, consumo voluntário e digestibilidade de silagens de resíduos do fruto de maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa*) e de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) cv. Cameroon e suas combinações. Cien. Agrotéc. 24(1): 213-224. 2000.
- VAN SOEST, P.; ROBERTSON, J. V. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber and nonstarch polysacharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74(10): 3583-3597. 1991.
- VERDECIA, D.; RAMÍREZ, J.; LEONARD, I.; PACUAL, Y.; LÓPEZ, Y. Rendimiento y componentes del valor nutritivo del *Panicum maximum* cv. Tanzania. REDVET. 9(5): 1-9. 2008.
- VIEIRA, C.; VASQUEZ, H.; SILVA, J. Composição químico-bromatológica e degradabilidade in situ da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro da casca do fruto de três variedades de maracujá (*Passiflora* spp). Rev. Bras. Zoot. 28(5): 1148-1158. 1999.

WONG, C. El papel del ensilaje en la producción de rumiantes en los trópicos húmedos. En: t'Mannetje L. (Ed). Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos 1/09 a 15/12/1999.FAO. Pp. 5-6. 2001.

YITBAREK, M.; TAMIR, B. Silage Additives. Review. Open J. Appl. Sci. 4: 258-274. 2014.

Descubre tu próxima lectura

Si quieres formar parte de nuestra comunidad,
regístrate en <https://www.grupocompas.org/suscribirse>
y recibirás recomendaciones y capacitación



   @grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

compAs
Grupo de capacitación e investigación pedagógica

   @grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

