



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA**  
**PROGRAMA DE DOCTORADO EN RECURSOS NATURALES Y GESTIÓN**  
**SOSTENIBLE**

***TESIS DOCTORAL***

**CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS Y NUTRITIVAS DE ENSILAJES DE FORRAJES TROPICALES CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*).**

**DOCTORANDO**

**D. ITALO FERNANDO ESPINOZA GUERRA**

**DIRECTORES DE TESIS**

**DR. ANTÓN RAFAEL GARCÍA MARTÍNEZ**  
**DR. JUAN HUMBERTO AVELLANEDA CEVALLOS**  
**DR. ANDRES MARTINEZ MARIN**

**CÓRDOBA, 2016**

TITULO: CARACTERISTICAS FERMENTATIVAS Y NUTRITIVAS DE  
ENSILAJES DE FORRAJES TROPICALES CON DIFERENTES  
NIVELES DE INCLUSION DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE  
CASCARA DE MARACUYA (PASSIFLORA EDULIS)

AUTOR: *Italo Fernando Espinoza Guerra*

---

© Edita: UCOPress. 2017  
Campus de Rabanales  
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A  
14071 Córdoba

[www.uco.es/publicaciones](http://www.uco.es/publicaciones)  
[publicaciones@uco.es](mailto:publicaciones@uco.es)

---





**UNIVERSIDAD DE CORDOBA (ESPAÑA)**  
**UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO (ECUADOR)**  
**POSTGRADO EN RECURSOS NATURALES Y GESTIÓN SOSTENIBLE**

***TESIS DOCTORAL***

**CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS Y NUTRITIVAS DE ENSILAJES DE FORRAJES TROPICALES CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*).**

Tesis presentada por D. ITALO ESPINOZA GUERRA para optar al grado de Doctor por la Universidad de Córdoba (España)

Vº Bº



Dr. Antón García Martínez

Vº Bº



Dr. Juan Avellanera Cevallos

Vº Bº

Dr. Andrés Martínez Marín







UNIVERSIDAD DE CORDOBA



**D. ANTÓN RAFAEL GARCÍA MARTÍNEZ**, PROFESOR TITULAR DE UNIVERSIDAD DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL DE LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.

INFORMA:

Que la tesis Doctoral titulada **CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS Y NUTRITIVAS DE ENSILAJES DE FORRAJES TROPICALES CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*)**, que se recoge en la siguiente memoria y de la que es autor D, ITALO FERNANDO ESPINOZA GUERRA, ha sido realizada bajo mi dirección, cumpliendo las condiciones exigidas para que el misma pueda optar al Grado de Doctor por la Universidad de Córdoba.

Lo que suscribo como director de dicho trabajo y a los efectos oportunos, en Córdoba a 1o de noviembre del dos mil dieciséis.

Fdo. Dr. Antón Rafael García Martínez





UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



**D. ANDRÉS MARTÍNEZ MARÍN**, PROFESOR CONTRATADO DOCTOR DE UNIVERSIDAD DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL DE LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA.

INFORMA:

Que la tesis Doctoral titulada **CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS Y NUTRITIVAS DE ENSILAJES DE FORRAJES TROPICALES CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*)**, que se recoge en la siguiente memoria y de la que es autor D, ITALO ESPINOZA GUERRA, ha sido realizada bajo mi dirección, cumpliendo las condiciones exigidas para que el misma pueda optar al Grado de Doctor por la Universidad de Córdoba.

Lo que suscribo como director de dicho trabajo y a los efectos oportunos, en Córdoba a 10 de noviembre del dos mil dieciséis.

Fdo. Dr. Andrés Martínez Marín.





**D. JUAN AVELLANEDA CEVALLOS, PROFESOR CON NOMBRAMIENTO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO (ECUADOR).**

INFORMA:

Que la tesis Doctoral titulada **CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS Y NUTRITIVAS DE ENSILAJES DE FORRAJES TROPICALES CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*)**, que se recoge en la siguiente memoria y de la que es autor D, ITALO ESPINOZA GUERRA, ha sido realizada bajo mi dirección, cumpliendo las condiciones exigidas para que el misma pueda optar al Grado de Doctor por la Universidad de Córdoba.

Lo que suscribo como director de dicho trabajo y a los efectos oportunos, en Córdoba a 1o de noviembre del dos mil dieciséis.

Fdo. Dr. Juan Avellaneda Cevallos.





TÍTULO DE LA TESIS:

**CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS Y NUTRITIVAS DE ENSILAJES DE FORRAJES TROPICALES CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*).**

DOCTORANDO/A: D. ITALO ESPINOZA GUERRA

**INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTOR/ES DE LA TESIS**

(Se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma).

*Durante el desarrollo de la Tesis el doctorando ha profundizado en el conocimiento de la utilización de subproductos tropicales derivados de la maracuyá en alimentación animal y a su incorporación en las dietas del sistema bovino lechero de doble propósito en la Zona de la Costa de Ecuador, conocimientos extrapolables al resto áreas tropicales donde está implantado. Asimismo, ha adquirido las habilidades y competencias necesarias para poder abordar la problemática del sector desde una doble perspectiva; por una parte desde la orientación investigadora con toda su secuencia metodológica y por otra parte la resolución de problemas sectoriales de modo solvente.*

*La Tesis plantea un objetivo novedoso y estratégico, como es el conocimiento del subproducto y a su pauta de utilización, desde el enfoque de la gestión la*

*caracterización del mismo, su análisis químico proximal, la valoración de la digestibilidad; tanto in situ, in vivo, como in vitro. Asimismo, se asocia a pastos tropicales y otros subproductos para su utilización en engorde de bovinos. Se aplica una metodología actual y rigurosa, para la valoración y la cuantificación de la digestibilidad. Finalmente se proponen una serie de pautas de conservación y uso del subproducto mediante la aplicación de tecnologías de ensilado que favorecen su utilización de modo continuado. La Tesis no constituye un cierre de la investigación sino un punto de inicio ya que abre la metodología de análisis a otras fases del proceso y a otras dimensiones de la empresa (valoración biológica, ambiental y pautas de uso a nivel industrial).*

La presente Tesis Doctoral ha dado lugar a los siguientes trabajos:

- Ítalo Espinoza Guerra, Christian Pérez Oñate, León Montenegro, Adolfo Sánchez, Antón García, Andrés Martínez Marín. 2016. 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.*). Revista Científica de la Universidad de Zulia de Venezuela. (Aceptado y en edición)
- Ítalo Espinoza Guerra, Juan Avellaneda Cevallos, León Montenegro Vivas, Adolfo Sánchez Laiño, Antón García Martínez, Andrés Martínez Marín. 2016. Composición química y cinética de degradación ruminal in vitro del ensilado de pasto saboya (*Panicum maximum Jacq.*) Con inclusión de residuos de frutas tropicales. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias (En revisión).
- Ítalo Espinoza, Bolívar Montenegro, José Rivas, Manuel Romero, Antón García y Andrés L. Martínez. 2016. 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*). Revista Científica de la Universidad de Zulia de Venezuela. (En revisión).
- Ítalo Espinoza Guerra, Andrés Martínez Marín, Mirian Medina Villacís, Juan Avellaneda Cevallos, Gustavo Quintana Zamora, Christian Pérez Oñate, Paola Carranza Boza. 2015. Composición química y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Book of Proceedings. Bolívar. Ecuador. ISBN: 978-9978-364-14-7. P. 157 – 362
- Ítalo Espinoza Guerra, Paola Carranza Boza, Diego Romero Garaycoa, Jorge Quintana Zamora, Christian Pérez, Andrés Martínez, Elena Angón. 2015. Composición química del ensilaje de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de residuos agroindustriales (residuos de maracuyá, piña y plátano). III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Book of Proceedings. Bolívar. Ecuador. ISBN: 978-9978-364-14-7. P. 349 - 354

- Ítalo Espinoza Guerra, Christian Perez, Jorge Gustavo Zamora, Diego Romero Garaycoa, Erika Carranza Boza, Andrés Martínez, Elena Angón. 2015. Composición y cinética de degradación in vitro de ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum Jacq.*) con inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis Sims*). III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Book of Proceedings. Bolívar. Ecuador. ISBN: 978-9978-364-14-7. P. 355 – 360
- Ítalo Espinoza, Mirian Medina, Juan Avellaneda, León Montenegro, Adolfo Sánchez, Antón García y Andrés Martínez. 2015. Degradabilidad ruminal in situ de ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum*) con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) y XV Congreso de la Sociedad Chilena de producción Animal, Chile.
- Ítalo Espinoza, Medina M., Montenegro, L., Sánchez, A., Medina, M., Quintana, G., Vanoni, J., Hurtado, J., García, A. y Martínez, A. Composición química y degradabilidad ruminal in vitro de subproductos de maracuyá (*Passiflora edulis*) y plátano (*Musa AAB*). XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) y XV Congreso de la Sociedad Chilena de producción Animal, Chile 2015.
- Ítalo Espinoza, Mirian Medina, León Montenegro, Adolfo Sánchez, Magdalena Herrera, Gustavo Quintana, Christian Peñafiel, Christian Pérez, Antón García y Andrés Martínez. 2015. Composición química y degradabilidad ruminal in situ de subproductos de maracuyá (*Passiflora edulis*) y plátano (*Musa AAB*). XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) y XV Congreso de la Sociedad Chilena de producción Animal, Chile.
- Ítalo Espinoza, Adolfo Sánchez, León Montenegro, Juan Avellaneda José Rivas, Víctor Godoy. 2014. Composición química y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos de la cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). Proceedings del IV Simposium Latinoamericano de Producción Animal: **Revista Ciencia y Tecnología – Universidad Técnica Estatal de Quevedo**. Suplemento: volumen 7. n° 2, 2014; **Revista Espam - Ciencia Escuela Politécnica Agropecuaria de Manabí**. Suplemento: Volumen 5. n° 1, 2014; **Talentos Revista de Investigación -Universidad Estatal de Bolívar**. Suplemento: Volumen 2. n° 1, 2014; **Revista Logros - Universidad Técnica de Babahoyo**. Suplemento: volumen 3. n° 1, 2013. p. 91 – 96.
- Carlos Mazón, Víctor Godoy, **Ítalo Espinoza**, Adolfo Sánchez, *Edison Mazón, Manuel Romero*. 2014. Caracterización bromatológica de la semilla de la maracuyá (*Passiflora edulis*) procedente de los cantones de Vinces y Guayas, Ecuador para su uso en la alimentación animal. **Revista Ciencia y Tecnología – Universidad Técnica Estatal de Quevedo**. Suplemento: volumen 7. n° 2, 2014; **Revista Espam - Ciencia Escuela Politécnica Agropecuaria de Manabí**. Suplemento: Volumen 5. n° 1, 2014; **Talentos Revista de Investigación -Universidad Estatal de Bolívar**. Suplemento: Volumen 2. n° 1, 2014; **Revista Logros - Universidad Técnica de Babahoyo**. Suplemento: volumen 3. n° 1. 2014. p. 85 – 89.
- Ítalo Espinoza, Juan Avellaneda, Adolfo Sánchez, León Montenegro, Gustavo Quintana, Délsito Zambrano, Marlene Medina, Mayra Peña y Linda López. 2013. **Characterization of nutritive value and aerobic stability of passion fruit (*Passiflora edulis*) rind silage**. J. Anim. Sci. Vol. 91, E-Suppl. 2/J. Dairy Sci. Vol. 96, E-Suppl. 1.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 11 de Noviembre de 2016

Firma del/de los director/es

Fdo.: Antón Rafael García Martínez



Fdo.: Juan Avellaneda Cevallos



Fdo.: Andrés Martínez Marín



## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios por darme la fortaleza y fe para culminar mis estudios de Doctorado.*

*Mi gratitud con la **Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Ecuador)**, y en su nombre al Dr. Eduardo Díaz Ocampo, Rector de nuestra institución, a mis colegas y estudiantes por siempre ofrecerme su amistad y experiencia y a todo el personal administrativo por agilizar los procesos durante este periodo.*

*Un agradecimiento especial para la **Universidad de Córdoba (España)**, al Programa de Doctorado de Recursos Naturales y Sostenibilidad. IdEP - Instituto de Estudios de Postgrado*

*Al programa de Becas para Doctorado (PhD) para docentes de Universidades y de Escuelas Politécnicas del SENESCYT y a todos los miembros del comité técnico evaluador por confiar en mí al concederme la Beca para realizar mis estudios de Postgrado.*

*A mis directores; primero y como más importante, me gustaría agradecer al Dr. Antón García Martínez, por todo el apoyo brindado y por motivarme en mi formación como Investigador,*

*A los Doctores Andrés Martínez y Juan Avellaneda por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico y haberme ayudado en mi estudio de doctorado.*

*Al personal técnico del Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) de la UTEQ por su soporte y colaboración técnica durante el proceso de esta investigación.*

*Mi agradecimiento también para Cecilio Barba, Elena Angón, Jaime Rangel, José Perea, Oriana Villarroel, Ana Caballeros, José Rivas, Manuel Romero y muchas personas más que siempre me brindaron su amistad y apoyo durante mi estancia en Córdoba,*

*Un eterno agradecimiento a todos nuestros familiares en España y Ecuador por el apoyo recibido durante estos cuatro años de trabajo científico.*



*Dedicatoria*

*A Dios, por permitirme culminar con éxito esta hermosa etapa de mi vida, etapa en la cual pude entender y valorar cada una de las bendiciones con las cuales él me rodea.*

*A mi esposa Mirian por su apoyo y ánimo que me brinda día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.*

*A mis hijos Sebastián y Camila*

*Son el motor de mi vida, por entender que el éxito demanda algunos sacrificios.*

*Gracias por su paciencia*

***La Tesis es un proceso dinámico de aprendizaje, donde descubres que....***

*No importa la meta,  
sino el camino que has de recorrer  
y que al mirar atrás  
reconozcas tus huellas.*





El desarrollo de la presente Tesis Doctoral se enmarca dentro del Convenio Específico de Cooperación en Postgrado entre:

La Universidad de Córdoba (España) y la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (Ecuador) (2011-2016)

Asimismo el estudio se ha desarrollado dentro del marco de los siguientes Proyecto de investigación financiados por la UTEQ

1. Caracterización y tipificación de subproductos y residuos tropicales de uso alimenticio en alimentación del bovino de doble propósito (Ecuador). Financiado por el Fondo Competitivo de Investigación Científica y Tecnológica “FOCICYT” Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Convocatoria Extraordinaria # 2. y dirigido por D. Italo Espinoza Guerra y D. Antón Rafael García Martínez. 2014
2. Caracterización de ensilajes de pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*) con inclusión de residuos agroindustriales tropicales de uso alimenticio del bovino de doble propósito. Financiado por el Fondo Competitivo de Investigación Científica y Tecnológica “FOCICYT” Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Convocatoria Extraordinaria # 3. y dirigido por D. Italo Espinoza Guerra y D. Antón Rafael García Martínez. 2015
3. Caracterización de ensilajes de pastos tropicales con niveles de inclusión de residuos agrícolas y agroindustriales de uso alimenticio en rumiantes, Financiado por el Fondo Competitivo de Investigación Científica y Tecnológica “FOCICYT” Universidad Técnica Estatal de Quevedo Convocatoria

Extraordinaria # 4. y dirigido por D. Italo Espinoza Guerra, D. Antón Rafael García Martínez y D. Andrés Martínez Marín. 2016.

Finalmente, para la colegiatura en el postgrado y la estancia del Doctorando en la Universidad de Córdoba, España, ha disfrutado de beca de colegiatura de la Secretaria Nacional de Educación Superior Ciencia y Tecnología (SENESCYT), Asociación Universitaria Iberoamericana de Posgrado (AUIP) y la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ).

# ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
INDICE DE FIGURAS.....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	4
I. INTRODUCCION.....	9
Justificación.....	9
Objetivos .....	10
II. RESULTADOS Y DISCUSION.....	15
Parte A. Caracterización de subproductos .....	15
<b>CAPÍTULO 1. CARACTERIZACION PRODUCTIVA DEL SECTOR DE LA MARACUYÁ.....</b>	<b>15</b>
1.1. La maracuyá .....	15
1.2. Subproductos y residuos de cosechas en alimentación animal.....	28
<b>CAPÍTULO 2. VALORACION DE SUBPRODUCTOS .....</b>	<b>51</b>
2.1. Valoración química nutricional.....	51
2.2. Valoración biológica (digestibilidad, degradabilidad, consumo voluntario) .....	58
2.3. Valoración fermentativa y microbiana .....	71
2.4. El Rumen. Microorganismos ruminales .....	77
Parte B. Cascara de maracuyá.....	81
<b>CAPÍTULO 3. COMPOSICION Y DEGRADACION IN VITRO .....</b>	<b>81</b>
3.1. 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> ) .....	81

3.2. Composición y cinética de degradación in vitro de ensilajes de pasto saboya (Panicum maximum Jacq.) con inclusión de cáscara de maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> Sims.)	88
<b>CAPÍTULO 4. CARACTERISTICAS MICROBIANAS, FERMENTATIVAS, Y DEGRADABILIDAD RUMINAL IN SITU. ....101</b>	
4.1. Características microbianas, estabilidad aeróbica y cinética de degradación ruminal del ensilado de pasto saboya ( <i>Megathyrus maximus</i> ) con niveles crecientes de cáscara de maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> )	101
4.2. Composición química y estabilidad aeróbica de ensilados de cáscara de maracuyá con adición de inoculantes bacterianos.....	109
4.3. Degradabilidad ruminal in situ de ensilajes de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá. ....	113
<b>CAPÍTULO 5. ASOCIACION DE SUBPRODUCTOS .....121</b>	
5.1. Composición química y cinética de degradación ruminal in vitro del ensilado de pasto saboya ( <i>Panicum maximum</i> Jacq.) con inclusión de residuos de frutas tropicales	121
5.2. Composición química del ensilaje de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de residuos agroindustriales (residuos de maracuyá, piña y plátano).....	129
5.3. Composición química y degradabilidad ruminal in vitro de subproductos de maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> ) y plátano ( <i>musa AAB</i> ).....	133
5.4. Composición química y degradabilidad ruminal in situ de subproductos de maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> ) y plátano ( <i>Musa aab</i> ).....	139
<b>III. CONCLUSIONES.....</b>	<b>151</b>
<b>IV. RESUMEN.....</b>	<b>155</b>
<b>V. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>161</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Plantación de maracuyá en Ecuador .....	16
Figura 1.2. Distribución de la producción de la maracuyá .....	18
Figura 1.3. Regiones de Ecuador .....	19
Figura 1.4. Distribución de la exportación por país productores de maracuyá .....	23
Figura 1.5. Diagrama de flujo del procesamiento de maracuyá .....	25
Figura 1.6. Principales residuos del procesamiento de frutas tropicales en Quevedo.....	30
Figura 1.7. Maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> ) .....	33
Figura 1.8. Engorde de bovinos con maracuyá .....	37
Figura 1.9. Uso de subproductos agrícolas en el ensilado .....	41
Figura 2.1. Evolución de un silo en las diferentes fases.....	47
Figura 2.2. Proceso de ensilaje.....	50
Figura 2.3. Determinación de materia seca .....	52
Figura 2.4. Determinación de proteína .....	55
Figura 2.5. Análisis de fibra. ....	57
Figura 2.6. Digestibilidad in vivo .....	59
Figura 2.7. Degradabilidad in situ.....	60
Figura 2.8. Degradabilidad in vitro.....	63
Figura 2.9. Sistema de incubación in vitro .....	65
Figura 2.10. Método in vitro gas .....	67
Figura 2.11. Tasa de pasaje en rumiantes.....	70
Figura 2.12. Medición de pH y temperatura tras la apertura del silo.....	71
Figura 2.13. Conteo microbiano.....	74
Figura 2.14. Microorganismos del ensilado. ....	75
Figura 2.15. Evolución de microorganismos en el ensilado.....	76
Figura 2.16. Características del rumen.....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Distribucion de la producción de maracuyá en Ecuador.....	21
Tabla 1.2. Contenido promedio de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), calcio (Ca), fósforo (P) y energía bruta (EB) en residuos de maracuyá. ....	34
Tabla 1.3. Evolución de la degradabilidad de la materia seca (MS), proteína cruda (PC) y fibra detergente neutra (FDN) de los residuos (corteza) de variedades maracuyá amarillo, púrpura y dulce, según el tiempo de incubación (%). ....	34
Tabla 1.4. Composición química del residuo de maracuyá.....	35
Tabla 1.5. Composición química del ensilaje de cascara de maracuyá. ....	36
Tabla 1.6. Parámetros de degradabilidad ruminal del ensilaje de cascara de maracuyá.....	37
Tabla 1.7. Revisión de trabajos de ensilado de maracuyá y forraje. ....	43
Tabla 2.1. Factores para la conversión de los valores.....	54
Tabla 3.1. Composición química de los materiales utilizados en el ensilaje. ....	85
Tabla 3.2. Composición química de los ensilados de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de residuo de maracuyá.....	85
Tabla 3.3. Cinética de degradación ruminal in vitro de la materia seca de ensilados de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de residuo de maracuyá.....	87
Tabla 3.4. Composición química de los materiales utilizados en el ensilaje. ....	91
Tabla 3.5. Composición química de los ensilajes de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá.....	96
Tabla 3.6. Cinética de degradación in vitro de la materia seca de ensilajes de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá. ....	98
Tabla 4.1. Composición química del pasto saboya ( <i>Megathyrsus maximum</i> ), residuo de maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> sim.) y ensilados experimentales .....	105
Tabla 4.2. Características microbianas de silos de pasto saboya con residuo de maracuyá.	106
Tabla 4.3. Estabilidad aeróbica de microensilados de pasto saboya con residuo de maracuyá. ....	107
Tabla 4.4. Cinética de degradación ruminal in situ de ensilados de pasto saboya con residuo de maracuyá.....	108

Tabla 4.5. Efecto de la inclusión de inoculantes bacterianos sobre el valor nutritivo de ensilados de cáscara de maracuyá a los 7, 14 Y 21 días de fermentación.....	111
Tabla 4.6. Temperaturas de los ensilados cáscara de maracuyá a los 7, 14 y 21 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos comerciales. ....	112
Tabla 4.7. Digestibilidad in situ de la materia seca de los ensilajes de pasto Saboya con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá. Finca La María, UTEQ 2014.....	116
Tabla 4.8. Digestibilidad in situ de la materia orgánica de los ensilajes de pasto Saboya con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá. Finca la María, UTEQ 2014. ....	117
Tabla 4.9. Digestibilidad in situ de la materia inorgánica de los ensilajes de pasto Saboya con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá. Finca la María, UTEQ 2014. ....	118
Tabla 5.1. Composición química de los materiales utilizados en el ensilaje. ....	127
Tabla 5.2. Composición química de los ensilajes de pasto saboya con inclusión de residuos de frutas .....	127
Tabla 5.3. 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.....	128
Tabla 5.4. Degradabilidad in vitro de la materia seca de subproductos agroindustriales en la nutrición de rumiantes.....	137
Tabla 5.5. Degradabilidad in vitro de la materia orgánica de subproductos agroindustriales en la nutrición de rumiantes.....	138
Tabla 5.6. Composición química de los subproductos agroindustriales de cascara de maracuyá, semilla de maracuyá y cascara de plátano.....	138
Tabla 5.7. Composición química de la cáscara, semillas de maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> ) y cáscara de plátano (Musa AAB). ....	141
Tabla 5.8. Degradabilidad in situ de la materia seca de la cáscara, semillas de maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> ) y cáscara de plátano (Musa AAB). ....	143
Tabla 5.9. Degradabilidad in situ de la materia orgánica de la cáscara, semillas de maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> ) y cáscara de plátano (Musa AAB). ....	145
Tabla 5.10. Degradabilidad in situ de la materia inorgánica de la cáscara, semillas de maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> ) y cáscara de plátano (Musa AAB). ....	147



# **I.- Introducción**



# I. INTRODUCCION

## Justificación

En las regiones tropicales, la estrategia de alimentación de los rumiantes se basa en el pastoreo directo de áreas marginales y en la utilización de los recursos endógenos disponibles en estas zonas de gran vulnerabilidad (Rangel *et al.*, 2016). La producción cuantitativa y cualitativa se distribuye en dos períodos diferenciados: la estación lluviosa y la temporada seca (Canesin, 2014). En la época de lluvia se obtiene hasta el 80% en la producción herbácea anual, mientras que en la estación seca los pastos no consumidos se agostan, disminuyendo su cantidad y valor (Caraballo *et al.*, 2007). Por otra parte, la larga duración de este periodo seco (hasta seis meses) hace que los productores, que son pequeños y de subsistencia, en su mayor parte, y sin posibilidad de realizar un aporte externo de insumos vendan las existencias de ganado lechero, hasta que llegue la temporada de lluvias. La disponibilidad de alimento es un requisito indispensable para promover un incremento de la producción y la mejora sostenida del sector agropecuario en la zona de la costa de Ecuador.

En estas circunstancias, disponer de subproductos agrícolas y residuos agroindustriales, que *per se* constituyen actualidamente un peligro ambiental, son de carácter endógeno y de gran potencial en alimentación de rumiantes, es de gran importancia porque permite utilizar la capacidad digestiva de estos animales, prolongar la curva de lactación, aumentar la producción y reemplazar total o parcialmente los concentrados de la ración, abaratando su coste bajo la estrategia de tecnologías pertinentes (Ben Salem y Smith, 2008). En este sentido, los subproductos son estratégicos para alcanzar un desarrollo sostenible y favorecen la soberanía alimentaria de modo responsable, bajo el sistema de doble propósito ampliamente difundido en esta zona del país y de modo general en Latinoamérica (García *et al.*, 2016). Además, el empleo de los subproductos agroindustriales con tal fin contribuye a mitigar el problema ambiental que genera actualmente su producción (Boucque y Fiems, 1988; Meneses *et al.*, 2007). Sin embargo, el uso de la mayor parte de estos residuos es en muchas ocasiones inapropiado debido a su producción estacional, una composición variable, elevada humedad que favorece su rápido deterioro en condiciones tropicales, y la falta de

conocimiento en cuanto a su valor nutritivo, su conservación, su implementación en la dieta y las pautas de uso (Megías *et al.*, 2002; Meneses *et al.*, 2007).

Los subproductos en el trópico tienen generalmente un alto contenido acuoso y el ensilaje puede constituir una técnica adecuada de conservación (Cándido *et al.* 2007). El ensilaje permite la conservación durante largos períodos de tiempo evitando las pérdidas debidas a la putrefacción (Chedly y Lee, 2000) y puede realizarse con diferentes estrategias, ya sea de modo industrial o a pequeña escala, por ejemplo, en bolsas de plástico. Por tanto, es asequible a la economía y condiciones de los pequeños productores ya que no requiere mecanización, es fácil de manipular, se utiliza según necesidades evitando el deterioro, y no requiere una inversión elevada (Ashbell *et al.*, 2001). En adición, este sistema aseguraría la disponibilidad de forrajes en épocas de carencia en sistemas de producción de rumiantes (Titterton y Bareeba, 2001).

En una primera etapa, para un adecuado aprovechamiento de los residuos agroindustriales en fresco o por ensilaje, de modo independiente o en combinación con forrajes, es necesario caracterizar la producción y composición cuantitativa y cualitativa de dichos residuos, su valor nutritivo en fresco, su aptitud para el ensilaje, la estabilidad del producto; ya sea aeróbica o anaeróbica y la composición química y el valor nutritivo de los ensilados obtenidos (Megías *et al.*, 2014).

Este conocimiento permitiría establecer el valor relativo de los residuos en las raciones para la alimentación de los animales (Preston, 1986), permitiendo una inclusión apropiada en la formulación de raciones.

## Objetivos

A tenor de lo expuesto anteriormente los objetivos del presente trabajo de investigación son los siguientes:

A nivel general: Determinar la valoración química y nutritiva y la aptitud a la conservación mediante ensilado del residuo de maracuyá.

De modo específico:

1. Caracterizar la producción industrial: cantidades, temporalidad, fracciones que se obtienen, presentación física, destino actual, valor económico.
2. Determinar la composición química (Weende y Van Soest) del ensilado de pasto saboya con residuo de maracuyá
3. Determinar el valor nutritivo (digestibilidad *in vitro* y degradabilidad *in situ*) del ensilado de pasto saboya con residuo de maracuyá
4. Establecer las características microbianas y estabilidad aeróbica del ensilado (solo o en combinación con forrajes).

### **Grado de Innovación previsto**

Con los resultados de esta Tesis se intenta profundizar en el conocimiento del residuo y avanzar en la caracterización del residuo de maracuyá fresco y ensilado con pasto saboya. Esto permitirá a su vez establecer recomendaciones técnicas y nutricionales para su empleo y aplicación en la alimentación de rumiantes con el consiguiente efecto favorable sobre la eficiencia y costes de producción. Además, la información obtenida podrá adicionarse a las tablas internacionales de composición de alimentos.

Por otra parte, Ecuador es un país con un déficit nutricional relevante, tal y como se recoge en los lineamientos del Plan del Buen Vivir, el conocimiento que abogue por el desarrollo y utilización de recursos endógenos en la producción de alimentos para personas contribuye a los principios de soberanía alimentaria y tiene gran alcance en la población.



## **II.- Resultados y Discusión**



## II. RESULTADOS Y DISCUSION

### Parte A. Caracterización de subproductos

#### CAPÍTULO 1. CARACTERIZACION PRODUCTIVA DEL SECTOR DE LA MARACUYÁ

*En este capítulo se revisa el estado del arte de la Maracuyá (*Passiflora edulis*), su clasificación taxonómica, las características agroecológicas de las zonas donde se produce, su distribución en Ecuador y la importancia de este cultivo. Su conocimiento se hace imprescindible para entender sus características agronómicas en el seno de las zonas donde se cultiva, y su relación con los restantes cultivos. Posteriormente, se describe el proceso de transformación y la generación de residuos, así como la distribución de plantas industriales y el potencial de estos residuos en alimentación animal en la zona de la costa de Ecuador.*

#### 1.1. La maracuyá

Ecuador es uno de los principales productores mundiales de maracuyá (*Passiflora edulis*). El fruto de la maracuyá, conocido localmente como maracuyá genera jugo y una serie de residuos. La cáscara constituye aproximadamente el 52 % del peso de la fruta y queda como residuo en la extracción del zumo y tienen gran potencial en alimentación animal, tal y como indican Otagaki y Matsumoto (1958). En la actualidad, la información en cuanto al uso del residuo de maracuyá es limitada en extensión y profundidad; tanto en lo referido a su comportamiento durante el ensilaje (Vieira *et al.*, 1999; Neiva Junior *et al.*, 2007; Noguera *et al.*, 2014) como en cuanto a su valor nutritivo (Sitthiwong *et al.*, 2001). Almeida (2002) clasifica al maracuyá dentro del género *Passiflora* que incluye alrededor de 500 especies, aunque la *Passiflora edulis* es la más conocida. Su clasificación taxonómica es la siguiente:

División: Espermatofita  
Subdivisión: Angiosperma  
Clase: Dicotiledonea  
Subclase: Arquiclamidea  
Orden: Passiflorales  
Suborden: Flacourtiinae  
Familia: Passifloraceae  
Género: *Passiflora*  
Especie: *Edulis*  
Variedad: Purpúrea y Flavicarpa

Bernacci *et al.* (2008) indica que la maracuyá es una planta leñosa, perenne, de hábito trepador y de rápido desarrollo, que puede alcanzar hasta 10 m de largo; las hojas son simples, alternas, con estípulas y un zarcillo en la axila, con márgenes aserrados; las flores son solitarias y axilares, fragantes y vistosas en la (Figura 1.1) se presenta la planta de maracuyá.



Figura 1.1. Plantación de maracuyá en Ecuador (Valarezo *et al.*, 2014).

Según Castro *et al.* (2010) el cultivo de maracuyá precisa suelos sueltos, bien drenados, sin problemas de salinidad. Preferentemente suelos francos arenosos, con buena capacidad de retención de humedad y un ph entre 5,5 y 7,0.

Según Ecofinsa (2016) las exigencias agroecológicas del cultivo son las siguientes:

Clima: Cálido, subcálido

Temperatura: 21-25° C.

Humedad: 80% - 90%.

Pluviosidad: 1000 - 1800 mm.

Altitud: 0 - 1600 msnm.

Formación ecológica: Bosque seco tropical (BS-T) bosque húmedo tropical (BH-T)

Galindo (2000) describe al **fruto** de la maracuyá como una baya esférica, globosa o elipsoide, que mide hasta 10 cm de diámetro y pesa hasta 190 g, de color amarillo o purpúreo, con una

pulpa muy aromática. La corteza es de color amarillo, de consistencia dura, lisa y cerosa, de unos 3 mm de espesor; el pericarpio es grueso, contiene de 200-300 semillas, cada una rodeada de una membrana mucilaginosa que contiene un jugo aromático. La maracuyá se utiliza habitualmente en alimentación para la producción de jugos, mermelada, helados, etc., aunque también tiene otros usos no convencionales pero extendidos en América y Europa como sedante y tranquilizador. (Silva et al., 2013).. La maracuyá se conoce como passion fruit y es nativa de Brasil, aunque se ha extendido su cultivo en América y otros continentes (Figura 1.2). La *Passiflora edulis* es la principal especie del género, debido a que sus frutos son comercializados en mercados nacionales e internacionales como fruta fresca y procesada (Lima y Cunha, 2004). La maracuyá es principalmente comercializada como fruto fresco, y se utiliza para preparar helados, refrescos, dulces, entre otros; sin embargo, el consumo de jugo de maracuyá industrializado ha experimentado un aumento progresivo en los últimos años. El incremento de la producción y su expansión ha provocado de modo simultáneo la producción de un residuo industrial que contiene fundamentalmente cáscara y semilla, constituyendo un problema ambiental y posiblemente la base de otro proceso productivo de gran futuro en alimentación animal (Espinoza et al., 2014) bajo el marco de la economía circular (Murillo et al., 2015). Lousada et al. (2006) estiman, que el residuo de jugo de maracuyá supone el 40% del total de la fruta. El procesamiento industrial de pulpa de maracuyá genera un volumen considerable de residuos debido a la separación de cáscara, bagazo y semillas (Zeraik et al., 2010; Gerola et al., 2013).

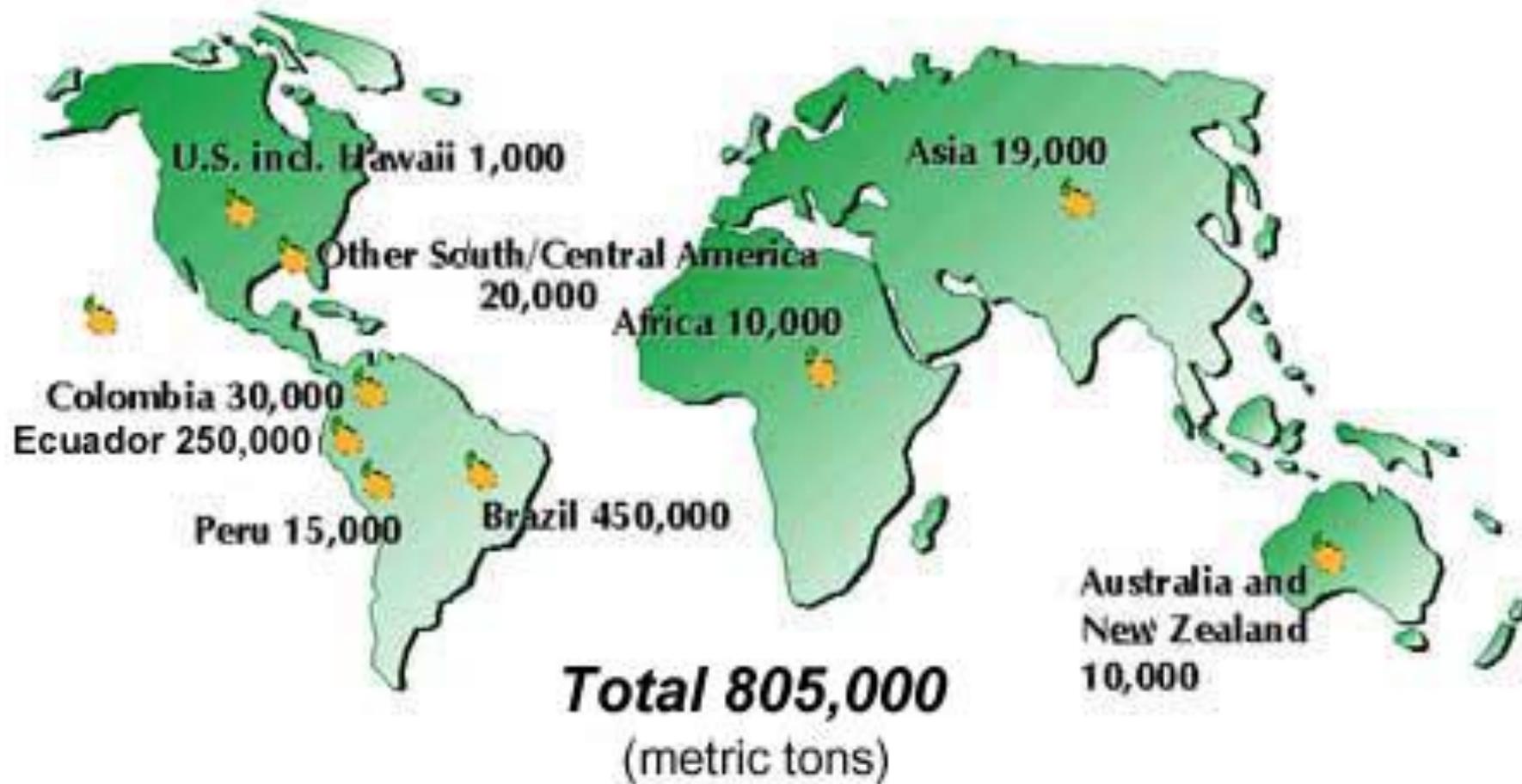


Figura 1.2. Distribución de la producción de la maracuyá.

### - Producción de maracuyá en Ecuador

Ecuador está entre los 17 países con mayor biodiversidad del mundo, por lo que el desafío tecnológico está en incorporar los derivados de los cultivos tropicales en otros procesos productivos ya sean o no de alimentación humana y animal, de modo que se alargue el ciclo de vida del producto (Calderón, 1993).

En Ecuador, los cultivos tropicales predominantes; banano, cacao y frutas tropicales se producen, con mayor o menor intensidad, durante gran parte del año por lo que el producto tiene gran potencial de uso en alimentación animal y participar de modo permanente en la ración de los animales. Una de las frutas tropicales con mayor arraigo en Ecuador es la Maracuyá que se cultiva en la zona de la Costa y sobre todo en las provincias de Manabí, Esmeraldas, Los Ríos y Guayas (Figura 1.3).



Figura1.3. Regiones de Ecuador.

Ecuador es el proveedor mundial más importante de concentrado de maracuyá o fruta de la pasión. Además, su sabor singular y aromático, reconocido a nivel internacional, gracias al clima tropical que favorece la cosecha de la fruta durante todo el año (PROECUADOR, 2012). Según el Censo Nacional Agropecuario, la maracuyá es cultivada principalmente por pequeños productores, pues el 80% de los 6.800 agricultores que se dedican a esta actividad está en ese rango. Aunque Brasil es el mayor productor de la fruta (450.000 Tm), Ecuador lidera la exportación de Latinoamérica (250.000 Tm), debido a que el “gigante de la región” destina la mayor parte de su producción al consumo local. La producción de maracuyá tiene una alta demanda en EE.UU. y Europa, con énfasis en Países Bajos, por el concentrado sabor ácido que en estos países es considerado “exótico”.

De acuerdo con los últimos datos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (Magap), en 2012 se contabilizaron 4.286 hectáreas de cultivo de maracuyá, o *Passiflora edulis*. La productividad nacional está cuantificada en 11 toneladas por hectárea y es explicada por un bajo nivel de tecnificación en el agro ecuatoriano. Sin embargo, Castro *et al.* (2010) reporta unos rendimientos por hectárea de 20 toneladas pudiendo alcanzar hasta las 30 toneladas por hectárea, y en términos prácticos una planta puede producir entre 1 y 2 frutos diarios en la temporada de mayor producción. Las plantas sin tecnificación tienen un periodo de vida de un año, además de aparecer frecuentemente fruta hueca, que es de gran tamaño, pero tiene poca pulpa en el interior.

En Ecuador la maracuyá (*Passiflora edulis f. flvicarpa Deg.*), o flor de la pasión se encuentra establecida en el Litoral ecuatoriano, con una producción aproximada de 247.973 toneladas y una productividad media de 8,6 ton/ha, según el III censo Nacional Agropecuario, realizado en el 2002 por el INEC-MAG-SICA), logrando en una superficie nacional alrededor de 28,747 ha en monocultivo y 2,892 ha asociadas; sin embargo; la información de las empresas extractoras de jugo, dado por el volumen de compra que realizan, esta superficie está variando notablemente; así, en el 2010 el cultivo estaba distribuido en 18,912 has, destacándose la zona Norte provincia de Esmeraldas, Norte de Santo Domingo de los Tsáchilas y Norte de Manabí con 8,329 ha, y, la zona Centro (Los Ríos, Norte del Guayas, Sur de Santo Domingo de los Tsáchilas), con 7,269 ha y una productividad alrededor de 7 ton/ha. Las 3314 ha restantes, están repartidas en las restantes zonas productoras del país. La importancia económica y social del maracuyá se refleja en gran uso de mano de obra en

el manejo de los diferentes estados fenológicos del cultivo, establecidos predominantemente en pequeñas plantaciones con áreas promedio entre 1 a 2 has por familia (Valarezo *et al.*, 2014).

La provincia, donde se concentra el mayor número de hectárea y la producción más elevada, de maracuyá es Los Ríos, seguida de Manabí, Guayas, Esmeraldas, El Oro y Santo Domingo de los Tsáchilas.

**Tabla 1.1. Distribucion de la producción de maracuyá en Ecuador.**

Provincias	Superficie (ha)	Producción (T)	Rendimiento (T/ha)
Los Ríos	18.605	204.013	11
Manabí	4.481	27.407	6.12
Guayas	2.309	9.2	3.98
Esmeraldas	1.514	5.698	3.76
Sto. Domingo	1.289	1.928	2.34
Total nacional	26.909	246,138	9.14

Fuente: Censo Nacional Agropecuario (2010).

Las firmas exportadoras son las que transforman la fruta en pulpa concentrada o jugo para ser exportado, debido a que en el extranjero solo se consume la fruta de esa manera. Eso sucede, porque este producto no resiste largos períodos en los traslados sin perder su frescura, es una fruta con una vida pos cosecha muy corta. Por otra parte, el sector sufre una gran inestabilidad debida a la gran fluctuación de los precios.

Los pequeños productores indican que “pierden por los intermediarios”, que les cuesta producir la fruta en el campo alrededor de 36 centavos por kilo y el precio percibido por los productores es de 30 centavos. En Ecuador los precios de este producto no se regulan según una tabla indexada o un precio mínimo, como sucede con otros productos como el banano o la carne, sino que se regulan de acuerdo con los picos de productividad. Cuando hay más oferta de fruta, los precios caen. Además, dependiendo del tipo de cadena, un intermediario puede quedarse en promedio hasta con un 10% de ganancia. En este sentido, los agricultores proponen la creación de un gremio para promover la asociatividad y articular el

sector, de modo que los pequeños productores de modo asociado puedan ofertar su producto a las empresas exportadoras. Dentro del Plan del Buen Vivir se recogen estas inquietudes y en este sentido en noviembre del 2015, en Guayaquil se llevó a cabo un taller para diseñar una hoja de ruta y establecer un acuerdo estratégico para desarrollar un plan de mejora competitiva del maracuyá, organizado por Corpei en conjunto con el Ministerio de Comercio Exterior y el Ministerio de Agricultura de Ecuador (MAGAP).

El principal pedido de los representantes del sector productor fue que el Magap controle los precios que se le pagan al productor. El Plan de Mejora Competitiva busca además posicionar el producto en nuevos mercados como Qatar y Europa del Este. Asimismo, se busca mejorar la calidad de la fruta mediante asistencia técnica y desarrollo de líneas de crédito orientadas a la tecnificación.

*Parte de la información está referenciada en la Revista Líderes: <http://revistalideres.ec/lideres/cultivo-maracuya-produccion-ecuador.html>.*

#### **- Comercio mundial de maracuyá**

El fruto de la maracuyá se utiliza para la elaboración de pulpas, dulces, néctares, jaleas, mermeladas y concentrados. El jugo de maracuyá puede ser industrializado para la elaboración de cremas, dulces cristalizados, helados, licores, confites, néctares, jaleas, refrescos y concentrados. Por otra parte, la cáscara es utilizada en Brasil para preparar raciones alimenticias de ganado bovino, pues es rica en aminoácidos, proteínas, carbohidratos y pectina, este último elemento hace que se pueda usar para darle consistencia a jaleas y gelatinas. El fruto se exporta en estado fresco y procesado, especialmente como néctar, jalea, mermelada, jugo y concentrado. No obstante, la mayor proporción del comercio internacional se realiza con jugo o concentrado en sus formas, concentrado (50° Brix) y simple (14° Brix) Magap.

La maracuyá constituye el 6 por ciento de todas las frutas tropicales secundarias producidas en Ecuador en 2008. La producción del maracuyá está cercana a casi un millón de toneladas del total de 17.8 millones de toneladas de frutas producidas mundialmente (FAO, 2009). Cabe resaltar que el jugo de maracuyá es el tercer jugo exótico en importancia, después de los jugos de mango y de piña. Brasil, Ecuador y Colombia son los principales productores

mundiales de maracuyá, pero Ecuador es el mayor exportador mundial. Por el contrario, los Países Bajos son los principales importadores de la maracuyá ecuatoriana.

Ecuador es el principal exportador de jugo concentrado, superando a Brasil, logrando exportaciones a Estados Unidos, Alemania, Chile, Argentina y Brasil, **cuyo uso es reforzar el** sabor de otras frutas, sobre todo del durazno, en jugos mezclados, yogur y quesos (Schwentenius y Gómez, 2008) (Figura 1.4).

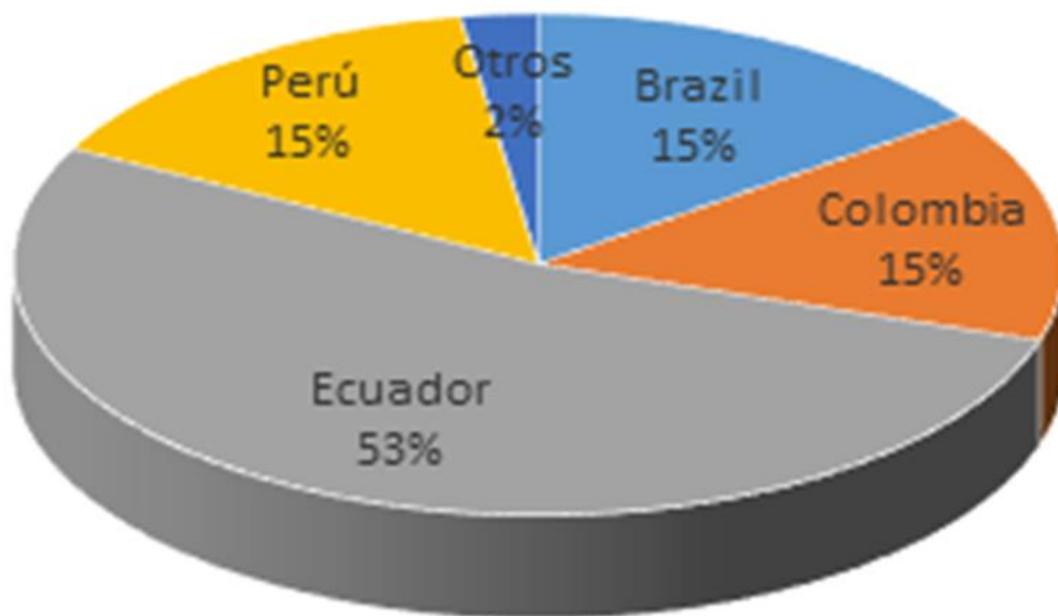


Figura 1.4. Distribución de la exportación por país productores de maracuyá.

Fuente: Ministerio Relaciones Exteriores de Ecuador, 2012).

Ecuador se convirtió, desde finales de la década pasada, en el segundo productor mundial, pasando de 4.460 a 25.000 hectáreas cultivadas entre 1994 y el año 2000, lo que implicó un incremento en la producción de maracuyá de 20.000 a 250.000 toneladas en el mismo período. Este crecimiento en la producción se debe también al aprovechamiento de las ventajas climáticas y al aumento en los rendimientos del cultivo, que pasaron de 4,52 a 10 toneladas por hectárea sembrada, en este mismo periodo. Adicionalmente, Ecuador es un importante productor de jugo concentrado de maracuyá, y principal exportador a nivel mundial.

Las ventajas climáticas del Ecuador permiten cosechar maracuyá prácticamente durante todo el año. Su productividad oscila de 1.2 a 45 toneladas por hectárea, aunque el promedio es de 10 toneladas por hectárea, sus costos, por lo tanto, son muy variables. De su producción anual, se comercializa el 70 por ciento como fruta fresca; el 30 restante va a la producción de jugo fresco y concentrado. Su participación en el mercado mundial es del 10% puesto que su demanda interna ha crecido sustancialmente, hasta requerir importar jugo de maracuyá.

#### **- El proceso de transformación**

La producción de maracuyá se orienta a la obtención de jugo y la producción de pulpa a través de la industria debido, su acidez y su elevado rendimiento (Cazarín *et al.*, 2014). El consumo de jugos de fruta es beneficioso para la salud; son alimentos libres de colesterol y presentan antioxidantes naturales, que les confieren un atractivo especial a los consumidores. Los jugos poseen un 70-95 % de agua, pero su mayor importancia, desde el punto de vista nutricional, es su aporte a la dieta de vitaminas, minerales, enzimas y fibra (Ávila de Hernández y Bullón, 2013).

En el proceso de transformación se procede a la separación de la pulpa de la cascara y la semilla. En gran parte de los casos la cascara se destruye, se destina a alimentación animal, abono orgánico y actualmente comienza a estudiarse posibles aplicaciones para la producción de energía.

Por otra parte, la semilla también es utilizada para la extracción de aceites para cosméticos. Los usos de estos residuos tienen ventajas medioambientales y económicas, ya que evita la disposición inadecuada de biomasa en el medio ambiente y puede generar ingresos a través de la formulación de nuevos productos de alto valor añadido (Chau *et al.*, 2004.).

#### **- Transformación y obtención de productos**

El maracuyá se cultiva para aprovechar el jugo del fruto, el cual puede ser consumido directamente en refrescos, o ser industrializado para la elaboración de cremas alimenticias, dulces cristalizados, sorbetes, licores, confites, néctares, jaleas, refrescos y concentrados (García, 2002). Los jugos que se comercializan son de dos tipos: los frescos, que provienen

del exprimido de la fruta, y los reconstituidos, que son los que se preparan a partir de los concentrados (Cassano *et al.*, 2003). En especial estos últimos son de interés industrial porque se utilizan en la formulación de helados, siropes, gelatinas y colados de fruta, entre otros productos, y su importancia se resume en:

- (i) Los concentrados son microbiológicamente más estables que los jugos naturales, por su baja actividad de agua (Cassano *et al.*, 2004) y aumenta, por tanto, su vida útil en el anaquel de productos (Matta *et al.*, 2004);
- (ii) Al eliminar el agua se reduce sustancialmente el volumen, facilita la manipulación, el almacenamiento y disminuye el coste de transporte (Vera *et al.*, 2009).

Para la extracción de pulpa y la posterior obtención de jugo y concentrado se sigue el proceso que se indica en la Figura 1.5 siguiente:

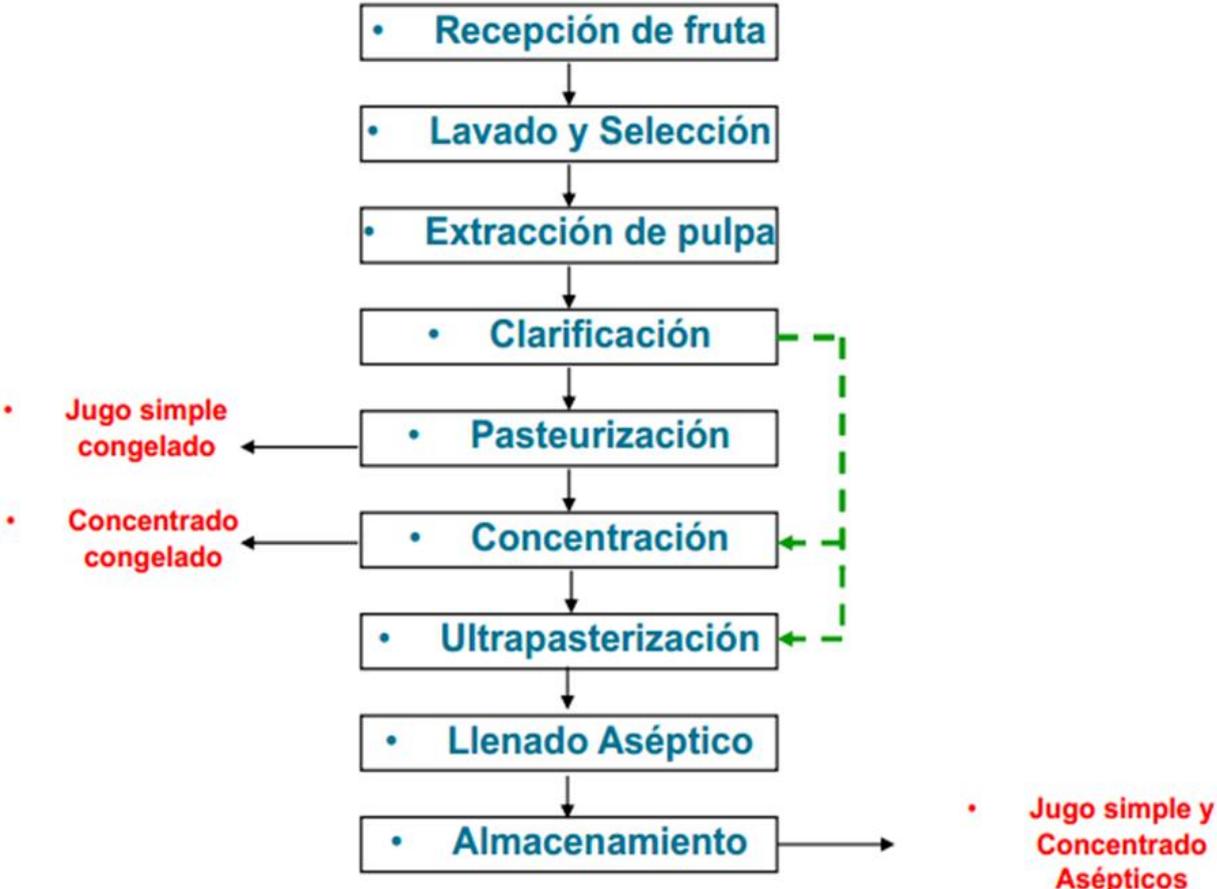


Figura 1.5. Diagrama de flujo del procesamiento de maracuyá (CASALUKER, 2010).

### **- Propiedades y aplicaciones de los subproductos del maracuyá**

La cáscara de maracuyá se compone de 50-55 g por 100 g de residuos de cáscara de fruta fresca que se desecha durante el proceso de la extracción del jugo (Kulkarni y Vijayanand, 2010). El residuo industrial de la maracuyá consiste en cáscara y semillas. La cáscara representa aproximadamente el 62,10% de la fruta y es rica en pectina y minerales. Las semillas, a su vez constituyen una fuente de aceite con un gran potencial para su uso en la alimentación animal. En la industrialización del jugo de maracuyá se aprovecha de 100 gramos del fruto aproximadamente 73,72 gramos; el 41% de pulpa, 14,82% de semilla y 43,37% de cáscara (Aular y Rodríguez, 2003).

Gondim *et al.* (2005) citados por (Zeraik *et al.*, 2010) indica que la composición de la cáscara de maracuyá (*P. edulis f. flavicarpa*) es de 87,64% de humedad; 5,7% de cenizas; 6,7% de proteína; 43,3% de fibra, además (Cazarin *et al.*, 2014) indica, que contiene 79,39% de carbohidratos, 0,31% de lípidos, y 7,02% de lignina (Regadas *et al.*, 2011).

El uso de residuos agroindustriales de maracuyá, en la alimentación animal es una alternativa para reducir los costos de producción en las ganaderías, ya que son una fuente de nutrientes para los animales en su forma natural o tras su transformación. El uso de fuentes alternativas, no tradicionales puede contribuir a eliminar los períodos de escasez de forraje y permitir que los animales mantengan su producción.

### **-Subproductos de procesamiento maracuyá**

Los sistemas de alimentación de rumiantes en América Latina se basan principalmente en el uso de pasturas en monocultivo, que son muy vulnerables a los cambios climáticos. En el trópico existen periodos críticos donde se suceden las inundaciones con periodos prolongados de sequía. Hechos que condicionan la base forrajera, el desempeño de los animales y la estructura productiva de las explotaciones. En América Latina y en general en los países en desarrollo predominan modelos productivos de carácter familiar y de escasa dimensión, que del mismo modo que las explotaciones de gran escala tienen problemas asociados a uso inadecuado de recursos, falta de integración de la producción pecuaria y la agrícola, etc. (Murillo *et al.*, 2015). La pérdida de eficiencia conlleva además una baja seguridad alimentaria de la población, altos niveles de pobreza, mal uso de la tierra e

impactos negativos sobre los recursos naturales (agua, tierra y biodiversidad), y contribuye al cambio climático (Steinfeld, 2006).

Una alternativa que está ganando cuerpo desde principios de los años 1970 consiste en la utilización de los desechos (especialmente cáscaras) de ciertas frutas y su inclusión en la dieta de los animales de producción. Esto es sin duda una propuesta concreta y de gran interés, puesto que estos residuos representan extraordinaria fuente de material considerado estratégico para algunas industrias (Oliveira *et al.*, 2002). En este sentido, Yepes *et al.* (2008) manifiestan que la industria agroalimentaria genera gran cantidad de residuos que posiblemente tengan otros usos viables técnica y económicamente. No obstante, para la elección adecuada de alguna de estas tecnologías se debe realizar las correspondientes evaluaciones tecnológicas, comerciales y de riesgos.

Cada año, se producen en Ecuador millones de toneladas de residuos por diferentes actividades agrícolas, residuos que están comenzando a evaluarse en aras a su inclusión en alimentación animal, con el fin de reducir los costes de los sistemas de la producción ganadera y reducir al mínimo la contaminación del medio ambiente (Lousada *et al.*, 2008; Junior *et al.*, 2006; Vieira *et al.*, 1999; Cándido *et al.*, 2007; Rego *et al.*, 2010). Los residuos industriales siguen convirtiéndose en un gran problema no sólo ambiental sino económico, ya que las mismas empresas tienen que asumir altos costos de disposición de éstos, entre estos residuos se encuentran los provenientes de las frutas (Yepes *et al.*, 2008). La cáscara y semilla de maracuyá, son residuos industriales en el proceso de trituración para la obtención de zumo de fruta, actualmente son utilizadas por los productores rurales en la suplementación de raciones de bovino y aves de corral, incluso sin mucha información técnica apropiada para su utilización. El volumen de estos residuos representa incontables toneladas, añadiendo valor a estos subproductos es de interés económico, científico y tecnológico estudiarlos en diversas áreas para mejorar las condiciones de vida de los pequeños productores pecuarios y evitar la contaminación ambiental con estos desechos (Ferrari *et al.*, 2004).

## 1.2. Subproductos y residuos de cosechas en alimentación animal

El uso de productos agroindustriales como fuente de nutrientes en las dietas de los animales se ha practicado durante décadas, ya que se producen millones de toneladas de estos materiales cada año. Tradicionalmente se aprovecha de forma directa ya sea mediante pastoreo o su aporte a los corrales de engorde. La alimentación animal representa un costo de gran importancia en la producción y el mayor coste variable del proceso, por lo que es indispensable su racionalización para favorecer el uso eficiente de los recursos endógenos disponibles y maximizar el rendimiento de los animales (Van Cleefl *et al.*, 2012). Por otra parte, es complejo racionalizar el uso de subproductos cuando hay grandes carencias en su conocimiento y falta una caracterización en profundidad de los mismos (Abzueta y Herrera, 2012).

La estrategia de uso de otros subproductos y residuos de cultivos en alimentación animal está ampliamente difundida en los países de la cuenca mediterránea y en áreas de Latinoamérica. El esfuerzo en investigación e innovación se orienta a un mayor nivel de inclusión de subproductos y restos de cultivos en alimentación animal y por otra parte a la mejora de la tecnología utilizada en la elaboración de raciones completas, tipo unifeed (Rivas *et al.*, 2015 y González-García *et al.*, 2011). En este sentido Caballero, (2009) y Toro-Mujica *et al.* (2011) señalan el gran potencial del recurso tierra, que se puede maximizar mediante el uso de cercas (pastoreo rotacional sin pastor), la mejora de los pastos, el uso de subproductos y otros residuos de cultivos en alimentación animal (Mekasha *et al.*, 2014).

El caso de España puede servir como referencia, país en el que se genera un gran volumen de subproductos (pajas, pulpas, ramones, orujos, sarmiento, lías, etc.) con potencial para utilizarse en la alimentación animal (García *et al.*, 2008). Su utilización permitiría reducir los costes de alimentación, disminuir el nivel de dependencia de insumos externos y con gran capacidad de mitigar el problema medioambiental que generan (Di y Cameron, 2007). Los subproductos constituyen una fuente potencial de alimentos para los animales en las épocas de carencia de forrajes y su composición química los hace adecuados para su uso en alimentación de rumiantes (Vieira *et al.*, 1999; Suksathit *et al.*, 2011 y Nambi-Kasozi *et al.*, 2016).

Además, su uso favorece la sostenibilidad ambiental, no compite con alimentación humana y transforma el residuo en input de otros procesos productivos, de acuerdo con el concepto

de economía circular y bioeconomía (Philippidis *et al.*, 2014). Actualmente se utilizan diferentes subproductos en alimentación, tales como la paja, los orujos de aceituna y de uva (Ben Salem *et al.*, 2003; Molina-Alcaide *et al.*, 2010 y Greenwood *et al.*, 2012), el ramón de olivo (Molina-Alcaide *et al.*, 2010b), el bagazo de cerveza, Mahnken (2010) y Awawdeh (2011), las pulpas de cítricos (Banpidis *et al.*, 2005 y Piquer *et al.*, 2009), los destríos de invernadero (Fondevila *et al.*, 1994; Ventura *et al.*, 2009; Romano *et al.*, 2010 y Romero-Huelva *et al.*, 2012, 2013) y otros restos de cosecha (Belewu y Ademilola, 2002; Olfaz *et al.*, 2005 y Pirmohammadi *et al.*, 2006). Además, la inclusión de subproductos en la dieta del rumiante puede disminuir la producción de metano (Romero-Huelva *et al.*, 2012, 2013) y la excreción de nitrógeno en orina (Greenwood *et al.*, 2012 y Romero-Huelva *et al.*, 2013).

Cada año se producen millones de toneladas de residuos por diferentes actividades agrícolas, estos residuos han sido ampliamente estudiados para su uso en la alimentación animal, con el fin de reducir los costes de los sistemas de la producción ganadera y reducir al mínimo la contaminación del medio ambiente (Lousada *et al.*, 2008; Junior *et al.*, 2006; Vieira *et al.*, 1999; Cándido *et al.*, 2007 y Rego *et al.*, 2010). Murillo *et al.* (2015) manifiesta que, a pesar de lo expuesto, todavía existen grandes lagunas en su conocimiento, desde la forma de preparar y conservar el subproducto para su utilización comercial, hasta el nivel de inclusión según sea el estado fisiológico y productivo de los animales (Figura 1.6).



**La industrialización de frutas conduce a la obtención de subproductos como la cáscara de maracuyá, plátano, piña, naranjas, etc. Los mismos son usados en la alimentación del ganado de doble propósito Espinoza et al. (2015)**

Figura 1.6. Principales residuos del procesamiento de frutas tropicales en Quevedo, Los Ríos, Ecuador (Espinoza *et al.*, 2015).

## - Cáscara de maracuyá

Durán *et al.* (2012) indican que el uso de la pulpa de maracuyá deja como residuos grandes cantidades de cáscaras en la industria, debido a que el jugo en la fruta representa un 30 – 40%, mientras la cáscara se presenta en 50-60% y las semillas el 10-15%. Habitualmente, estos residuos se usan como alimento para ganado o para la producción de abonos orgánicos, debido a que poseen interesantes características nutricionales. Estudios realizados en la cáscara de la maracuyá han determinado que poseen cantidades considerables de carbohidratos y fibra y es una buena fuente de proteína, pectinas y minerales (Figura 1.7). La pectina está asociada con la pared celular, pero no está ligada de forma covalente a las partes lignificadas, y que se digiere casi en su totalidad (90-100 %) en el rumen (Van Soest, 1994). Sin embargo, los subproductos procedentes de la elaboración de frutas tropicales y otros productos en la alimentación de rumiantes están siendo utilizados empíricamente y de ahí la gran necesidad de promover investigación en aspectos tales como la evaluación de la ingesta, la digestibilidad, y los rendimientos (Alves *et al.*, 2015).

Según Oliveira *et al.* (2002), los subproductos (cáscaras y semillas) generados en el proceso de transformación de la maracuyá representan el 65-70% del peso del fruto y por tanto generan un problema importante en la cadena de producción de residuos agroindustriales. En este sentido, Sitthiwong *et al.* (2001) indica que la cascara de maracuyá constituye un material adecuado para la producción de ensilado para el bovino lechero.

La corteza de la fruta es rica en niacina (vitamina B3), hierro, calcio y fósforo (Gondim *et al.*, 2005), y las conchas se han probado y utilizado en la alimentación animal con éxito (Otagaki y Matsumoto 1958; Togashi *et al.*, 2007). Por otra parte, Paiva (1998) mostró que el uso de los residuos industriales de la fruta de la pasión (cáscara y semillas) en la alimentación del ganado conducen a una mayor producción de leche e inhibe y disminuye problemas digestivos.

La maracuyá de la variedad amarilla, se compone de 50-55 g por 100 g de cáscara de fruta fresca que se desecha como residuo durante el procesamiento (Kulkarni y Vijayanand, 2010) y tiene un contenido de proteína cruda en torno al 7,32%, similar a otras gramíneas tropicales, de modo que podría utilizarse en alimentación animal, conformando la ración y sustituyendo a otros ingredientes de más difícil acceso y mayor coste. (Astuti *et al.*, 2011). En este sentido, Gondim *et al.* (2005) citados por Zeraik *et al.* (2010) indica que la

composición de la cáscara de maracuyá (*P. edulis* f. *flavicarpa*) es de 87,64% de humedad; 5,7% de cenizas; 6,7% de proteína y 43,3% de fibras, además (Cazarin *et al.*, 2014) indica que contiene un 79,39% de carbohidratos; 0,31% de lípidos, y un 7,02% de lignina (Regadas *et al.*, 2011).

Vieira *et al.*, (1999) evaluaron la composición química potencial y degradabilidad real de la materia seca (MS), proteína cruda (PC) y fibra detergente neutro (FDN) del residuo de cáscara de tres variedades de fruta de la pasión: amarilla (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa Degener*), púrpura (*Passiflora edulis Sims*) y la mezcla de variedades de color amarillo y morado con residuos (*Passiflora alata*). Los resultados mostraron grandes cantidades de agua, mientras que la variedad púrpura tenía el mayor contenido de materia seca (17,01%) y la variedad amarilla, el menor contenido de materia seca (10,78%).

Según Viera *et al.* (1999) el contenido de proteína cruda varió desde un 9,82% para la variedad amarilla al 7,53% para la variedad dulce. El contenido de fósforo fue del 0,13% MS para la variedad dulce, llegando al 0,09% para la púrpura y el 0,08% para el amarillo. El calcio, FDN y FDA no difirió entre variedades. En relación con el contenido de PB, no hubo diferencias entre las variedades amarillas y moradas y la mezcla de ambas. Esto puede explicarse por las condiciones similares de cultivo, tales como suelo, fertilización, entre otros, que no ocurrió con la variedad dulce, que mostraron menor ( $P < 0,05$ ) contenido de PB, cuyos frutos se recolectaron por nativos, sin ningún tipo de trato, fertilización nitrogenada, labores culturales. No hubo diferencias entre las variedades en cuanto a niveles de FDN, que estaban en el rango de 39 a 44% y del 31 al 35% para la FDA. Por su parte, Reis (1994) encontró niveles del 59,50 y 52,27% de FDN y FDA respectivamente. Estos resultados fueron superiores a los encontrados en el trabajo de Vieira *et al.* (1999). En cuanto al contenido de Ca, no se encontraron diferencias significativas entre las variedades.

Con respecto a las variedades dulces y amarillas, no hubo diferencias ( $P < 0,05$ ) en relación con los niveles de P (Tabla 1.2), que se puede atribuir al origen de los frutos. Aunque el contenido de Energía Bruta tiene poco significado en términos de valor nutritivo no hubo diferencia ( $P < 0,01$ ), la mezcla (A x R) presentó la mayor cantidad de energía seguido de la púrpura. Los niveles obtenidos estuvieron por debajo de las expectativas, probablemente debido a los altos niveles de ceniza (Tabla 1.2).

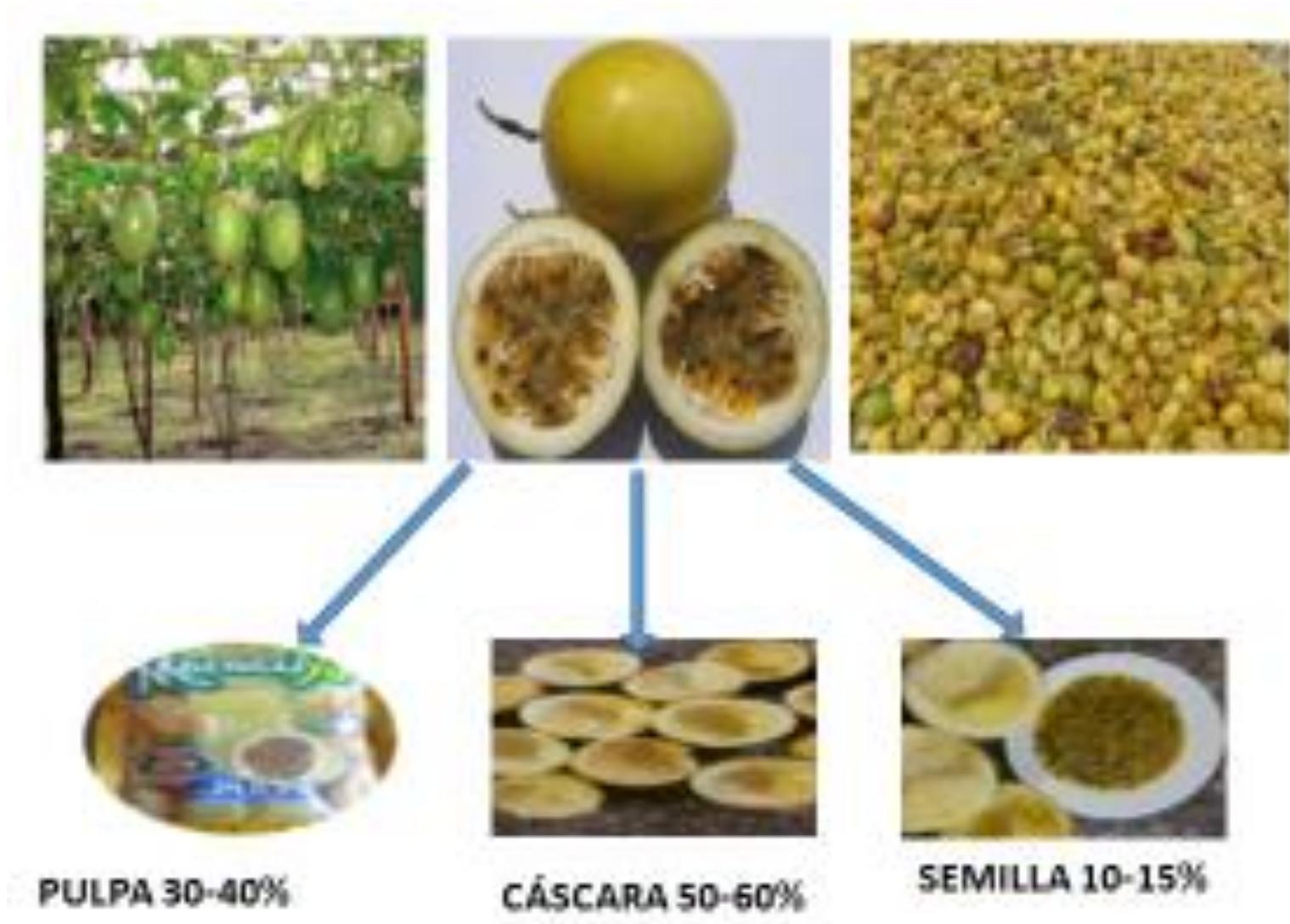


Figura 1.7. Maracuyá (*Passiflora edulis*) (Durán et al., 2012).

**Tabla 1.2. Contenido promedio de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), calcio (Ca), fósforo (P) y energía bruta (EB) en residuos de maracuyá.**

Variedades	MS	PC	Ca	P	FDN	FDA	EB
	%			%	MS		(Cal/gMS)
Amarillo (A)	10,78 <sup>a</sup>	9,82 <sup>a</sup>	0,35 <sup>a</sup>	0,08 <sup>b</sup>	44,16 <sup>a</sup>	35,85 <sup>a</sup>	3706,14 <sup>ab</sup>
Rojo(R)	17,01 <sup>a</sup>	8,56 <sup>ab</sup>	0,34 <sup>a</sup>	0,09 <sup>a</sup>	43,75 <sup>a</sup>	35,06 <sup>a</sup>	3582,45 <sup>b</sup>
Mixto (AxR)	13,81 <sup>b</sup>	9,40 <sup>a</sup>	0,28 <sup>a</sup>	0,08 <sup>b</sup>	37,69 <sup>a</sup>	30,06 <sup>a</sup>	3833,13 <sup>a</sup>
Doce (D)	12,07	7,53 <sup>b</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,13 <sup>a</sup>	39,07 <sup>a</sup>	31,10 <sup>a</sup>	3658,63 <sup>ab</sup>

Promedios con letras distintas difieren estadísticamente, según Tukey (P<0,05)

Fuente: (Vieira *et al.*, 1999).

**Tabla 1.3. Evolución de la degradabilidad de la materia seca (MS), proteína cruda (PC) y fibra detergente neutra (FDN) de los residuos (corteza) de variedades maracuyá amarillo, púrpura y dulce, según el tiempo de incubación (%).**

Tiempo de Incubación (h)	Variedades (%)											
	Amarillo (A)			Roja(R) Purple (R)			Mixta (A+R)			Dulce (D)		
							Mixture (A+R)			Sweet (D)		
	MS	PB	FDN	MS	PB	FDN	MS	PB	FDN	MS	PB	FDN
0	34	64	6	23	51	12	31	60	10	42	49	4
6	49	56	25	38	40	24	48	57	27	55	47	20
12	68	81	47	67	79	40	68	84	49	71	78	39
24	76	88	55	78	91	56	78	92	63	75	77	48
48	80	94	62	78	91	56	80	92	64	78	87	52
<b>Ti</b>	<b>80</b>	<b>93</b>	<b>61</b>	<b>78</b>	<b>89</b>	<b>57</b>	<b>80</b>	<b>92</b>	<b>64</b>	<b>78</b>	<b>88</b>	<b>52</b>
96	79	90	61	78	91	57	80	93	65	78	88	52

Fuente: (Vieira *et al.*, 1999)

Vieira *et al.* (1999) exponen que la media de los porcentajes de la desaparición de la MS, PB y FDN del residuo de tres variedades de fruta de la pasión y la mezcla de amarillo y morado, incubada en el rumen alcanzaron los valores más altos, prácticamente, a las 12 horas hubo gran fracción soluble de la proteína. La pared celular fue degradada hasta en un 65% en la

mezcla, observando el valor de 52% para la variedad dulce. A las 48 horas de incubación en el rumen, la degradabilidad alcanzó el pico por el contenido de MS, PC y FDN. Hubo una interacción del tiempo y la variedad en la degradabilidad de la MS, PC y FDN. La degradabilidad de PC y FDN fueron influenciados por variedades. La FDN fue mayor para la mezcla (45,85%) y el más bajo para la dulce (34,61%), tal y como se indica en la Tabla 1.3.

Noguera *et al.* (2014) evaluaron el efecto que tienen diferentes aditivos sobre la calidad nutricional y el perfil de fermentación del ensilaje de cáscaras de maracuyá (*Passiflora edulis*), proveniente de la industria procesadora de frutas. Para el proceso de ensilaje se utilizaron 20 silos de laboratorio (cinco repeticiones por tratamiento) fabricados con tubos de PVC y con una capacidad de 3 kg. Los tratamientos evaluados fueron: MAR = 100% de cascara y semilla de maracuyá; MM = 97% de cascara y semillas de maracuyá + 3% de melaza; MMU = 96% de cascara y semilla de maracuyá + 3% melaza y 1% urea; MHM = 98% de cascara y semilla de maracuyá + 2% de harina de maíz, en la Tabla 1.4 se presenta el análisis químico de la cascara antes del ensilado.

**Tabla 1.4. Composición química del residuo de maracuyá.**

Parámetro	Valor (%)
Materia seca	14,7
Proteína bruta de la MS	11,3
Fibra detergente neutro de la MS	53,6
Fibra detergente ácido de la MS	47,4
Hemicelulosa de la MS	6,2
Cenizas de la MS	7,9
Calcio de la MS	0,21
Fósforo de la MS	0,15

Fuente: Noguera *et al.* (2014).

Se evaluó la incorporación de aditivos en el ensilado, y no supusieron una modificación significativa de materia seca ( $P > 0,05$ ), con valores que fluctuaron entre el 12,1 y el 13,5%. Los contenidos en carbohidratos estructurales fueron afectados por los tratamientos. Para estas fracciones las menores concentraciones fueron encontradas en los tratamientos que incluyeron melaza (MM) y melaza con urea (MMU) en su composición (Tabla 1.5).

**Tabla 1.5. Composición química del ensilaje de cascara de maracuyá.**

Variable (%)	Tratamiento <sup>1</sup>			
	MAR ± DE <sup>2</sup>	MM ± DE	MMU ± DE	MHM ± DE
Materia seca (MS)	12,1 ± 0,8	12,5 ± 0,7	13,5 ± 0,9	13,3 ± 0,7
Proteína bruta de la MS	9,2 ± 0,6 <sup>b</sup>	13,2 ± 0,7 <sup>b</sup>	19,8 ± 0,7 <sup>a</sup>	9,3 ± 0,9 <sup>b</sup>
FDN de la MS	57,3 ± 1,2 <sup>a</sup>	50,1 ± 0,9 <sup>b</sup>	49,0 ± 1,0 <sup>b</sup>	56,1 ± 0,9 <sup>a</sup>
FDA de la MS	47,8 ± 0,8 <sup>a</sup>	41,9 ± 0,8 <sup>b</sup>	40,4 ± 1,1 <sup>b</sup>	45,3 ± 1,0 <sup>a</sup>
Cenizas de la MS	6,93 ± 0,5 <sup>a</sup>	8,63 ± 1,3 <sup>a</sup>	8,7 ± 0,8 <sup>a</sup>	5,9 ± 0,6 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Letras diferentes en una misma fila indican la existencia de diferencias significativas (P<0,05)

<sup>2</sup> DE=Desviación estándar de la media.

Fuente: Noguera *et al.* (2014).

Los parámetros de degradación estimados por regresión no lineal (Tabla 1.6), indicaron que los tratamientos que incluyeron aditivos (MM, MMU y MHM) presentaron una mayor fracción soluble (parámetro *a*) (P<0,05) que los ensilajes elaborados con sólo cáscaras de maracuyá (MAR). Por su parte, la fracción de lenta degradación (parámetro *b*) fue estadísticamente superior en los tratamientos que incluyeron melaza + urea (MMU) y harina de maíz (MHM) con valores de 45,2 y 47,3%, respectivamente. Valores de 43,6 y 43,1% para los tratamientos MAR y MM, fueron encontrados para este mismo parámetro.

La tasa de degradación (parámetro *c*) para el tratamiento MHM fue de 0,053/hora, valor estadísticamente superior (P<0,05) a los registrados en los tratamientos MAR (0,043/hora), MM (0,048/hora) y MMU (0,046/hora). La desaparición del alimento en el rumen ocurre por un proceso combinado entre las velocidades de degradación y tránsito por el retículo – rumen. Considerando una velocidad de tránsito de 0,02/horas los tratamientos MM, MMU y MHM presentaron una mayor degradabilidad efectiva (P<0,05) (68,8, 69,3 y 72,8%, respectivamente) que el tratamiento MAR (66,0%). Cuando la degradabilidad efectiva se calculó con una tasa de pasaje del 0,05/hora, la mayor degradación se observó en el tratamiento MHM con 62,8%, valor que fue estadísticamente superior (P<0,05) del registrado para el tratamiento MAR (56,4%) y equivalente (P>0,05) de los encontrados para los tratamientos MM (59,5%) y MMU (59,6%).

**Tabla 1.6. Parámetros de degradabilidad ruminal del ensilaje de cascara de maracuyá.**

Parámetro <sup>2</sup>	Tratamientos <sup>1</sup>			
	MAR ± DE <sup>3</sup>	MM ± DE	MMU ± DE	MHM ± DE
<i>a</i> , %	36,2 ± 2,1 <sup>b</sup>	38,4 ± 3,2 <sup>a</sup>	37,8 ± 2,6 <sup>a</sup>	38,5 ± 2,2 <sup>a</sup>
<i>b</i> , %	43,6 ± 3,4 <sup>b</sup>	43,1 ± 2,6 <sup>b</sup>	45,2 ± 1,8 <sup>a</sup>	47,3 ± 2,3 <sup>a</sup>
<i>a+b</i> , %	79,8 ± 3,8 <sup>b</sup>	81,5 ± 3,1 <sup>b</sup>	83 ± 2,2 <sup>a</sup>	85,8 ± 3,5 <sup>a</sup>
<i>c</i> , h <sup>-1</sup>	0,043 ± 0,001 <sup>b</sup>	0,048 ± 0,002 <sup>b</sup>	0,046 ± 0,001 <sup>b</sup>	0,053 ± 0,001 <sup>a</sup>
Degradabilidad efectiva				
0.02 h <sup>-1</sup>	66,0 <sup>b</sup>	68,8 <sup>a</sup>	69,3 <sup>a</sup>	72,8 <sup>a</sup>
0.05 h <sup>-1</sup>	56,4 <sup>c</sup>	59,5 <sup>bc</sup>	59,6 <sup>bc</sup>	62,8 <sup>ab</sup>

1 Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), 2 a= Fracción soluble; b= Fracción de lenta degradación; a+b= Potencial de degradación; c= Tasa de degradación, 3 DE=Desviación estándar.

Fuente: Noguera *et al.* (2014).



Figura 1.8. Engorde de bovinos con maracuyá (Espinoza *et al.*, 2014).

Silva *et al.*, (2005) suministraron niveles crecientes de residuos de maracuyá en dietas para ovinos (0%, 15,31%, 30,61% y 45,92%) sobre parámetros ruminales, pH, nitrógeno amoniacal y ácidos grasos volátiles. Las altas inclusiones de residuos de maracuyá en dietas para ovinos en crecimiento pueden representar caída en el pH ruminal, pero la alta producción de propionato en el rumen puede contribuir positivamente al aumento de energía para las ovejas con el 15,31% del total de la dieta.

Vargas *et al.* (2016) utilizaron residuos de cascara de maracuyá y plátano en reemplazo de pasto Saboya, con el propósito de evaluar el consumo y digestibilidad “*In vivo*” del pasto Saboya henificado y las mezclas con cáscara de maracuyá y plátano (100% de Pasto Saboya; 70% de Pasto Saboya y 30% de cáscara de plátano; 70% de Pasto Saboya y 30% de cáscara de maracuyá; 70% de Pasto Saboya con 15% de cáscara de plátano y 15% de cáscara de maracuyá). Los análisis de la composición bromatológica reflejaron diferencias significativas para la fibra cruda, extracto etéreo y extracto etéreo libre de nitrógeno, lo que permite el empleo de subproductos agroindustriales (cáscara de plátano y de maracuyá) en las dietas alimenticias de los ovinos Pelibuey cuando la disponibilidad de forraje es escasa. La digestibilidad de los nutrientes resultó similar en los tratamientos, lo que sugiere que un 30% de incorporación de los subproductos agroindustriales no afectó el aprovechamiento por los ovinos. La diferenciación de las dietas alimenticias obtenidas mediante el análisis discriminante estuvo determinada por la mayor incidencia de las variables digestibilidad del extracto etéreo y la digestibilidad del extracto libre de nitrógeno.

Noguera *et al.* (2014) nos recomiendan que los residuos de frutas pueden ser utilizados para la alimentación animal dado su alto contenido de carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosas, pectinas, rafinosa y estafiosa) y polisacáridos no estructurales (gomas y mucilagos). 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.

## - Semilla de maracuyá

Ferrari *et al.* (2004) encontraron que el aceite extraído de las semillas de maracuyá tiene un alto contenido de ácidos grasos insaturados (87,54%), lo muestra el potencial del producto para su uso; tanto en alimentación humana, como animal. También encontraron que el residuo de la semilla, tras la extracción de los ácidos grasos, presenta valores significativos de proteína y fibra.

En este contexto de escasez de recursos, de conciencia social por la generación de residuos y preocupación medioambiental se observa que grandes cantidades de residuos de maracuyá están siendo infrautilizadas por las industrias de jugos, donde el residuo de la semilla puede ser rico en ácidos grasos y compuestos fenólicos de interés (Oliveira *et al.*, 2016).

La maracuyá se utiliza generalmente para la producción de jugos, y generalmente se producen muchos miles de toneladas de semillas como residuos agrícolas, estas semillas contienen grandes cantidades de fibras y aceite, una vez que se extrae el aceite de la semilla para usos comerciales, queda un residuo rico en fibra compuestos por celulosa, hemicelulosas y sustancias pépticas, estos últimos años se han realizado muchos estudios para aprovechar los residuos de la industria de procesamientos de frutas y se han dirigido a investigar las fibras dietéticas de los subproductos como orujo de manzana, cítricos, piel de la uva y semillas, guayaba, mango y piña con el fin de explorar sus posibles aplicaciones y las actividades fisiológicas en animales, sin embargo, la información sobre la composición y la funcionalidad de las fibras dietéticas preparadas a partir de semillas de maracuyá es escasa (Chau y Huang, 2004). Las semillas de maracuyá contienen grandes cantidades de aceite y fibra, y generalmente se eliminan después de ser aplastado. Estos residuos implican en los costos de operación para las industrias y pueden convertirse en un problema ambiental. Por lo tanto, la extracción de aceite de semillas de maracuyá puede añadir valor a este residuo agroindustrial (Malacrida y Jorge, 2012).

Silva *et al.* (2015) determinaron las características químicas de las semillas del aceite obtenido de la semilla de maracuyá; se analizó humedad, materia seca, lípidos, proteínas, cenizas, fibras, la acidez titulable, pH, sólidos solubles y actividad antioxidante. El aceite se caracteriza por parámetros tales como el valor de ácido, saponificación, yodo y peróxido. El contenido de aceite extraído demuestra que tiene un buen potencial para la utilización en el sector industrial. Según los análisis, el aceite tiene características similares a los aceites

comestibles convencionales, tales como soya, y puede ser una nueva fuente de alimentación humana. Las semillas de maracuyá tienen alto valor nutricional, lo que demuestra que es un producto prometedor, sobre todo porque contiene cantidades significativas de proteínasa. Por lo tanto, las semillas y su aceite se deben utilizar como materia prima en la industria alimentaria, química e industria farmacéutica, ya que tienen características beneficiosas.

Las semillas de estas frutas son ricas en fibra, minerales y lípidos, con una buena cantidad de proteínas (Oliveira *et al.* 2011). Chau y Huang (2004) informaron que las semillas de maracuyá son ricas en lípidos y fibra dietética insoluble, el aceite de semilla de maracuyá tiene sabor agradable y suave olor y lo compara con el aceite de semilla de algodón en valor nutricional y digestibilidad (Ferrari *et al.*, 2004).

Pueden ser utilizados para la alimentación animal dado su alto contenido de carbohidratos estructurales



Método que permite almacenar grandes volúmenes de material a bajo costo en época de cosecha



Contiene carbohidratos solubles que benefician la eficiente fermentación



Figura 1.9. Uso de subproductos agrícolas en el ensilado (Rigueira *et al.*, 2013).

## -Proceso conservación



### Conservación

- **Fresco**
- **Ensilado puro y mezcla**
  - **Maracuyá + pasto elefante**
  - **Puro**

- Las inclusiones de subproductos de maracuyá en los ensilados de gramíneas favorecen el proceso fermentativo y mejoran las composiciones químicas bromatológicas de los ensilajes (Cândido *et al.*, 2007) así como la

viabilidad económica de la inclusión de subproductos agrícolas depende de su disponibilidad y precio de compra (Rêgo *et al.*, 2010). Sena *et al.* (2015) realizaron su trabajo de investigación sustituyendo el pasto Tifton (*Cynodon spp.*) por residuo de cáscara de maracuyá (0, 20 40 y 60% de inclusión) en la ingesta, digestibilidad *in vivo* y balance de nitrógeno en el engorde de ovinos.

Las experiencias desarrolladas indicaron que el tratamiento que contenía el 30% de cáscara de maracuyá presentó la mejor opción para reducir los costos de alimentación, sin perjudicar el rendimiento y características de la canal.

### Fresco

El producto en fresco rápidamente se estropea y genera problemas de conservación. Asimismo, su uso en fresco genera frecuentemente patologías y desequilibrios metabólicos en los animales.

### Ensilado en laboratorio (mezcla de maracuyá con pasto tropical)

En la Tabla 1.7 se muestra una revisión actualizada de diferentes ensilados de pastos tropicales con distintos niveles de maracuyá. La mayor parte de trabajos proceden de Brasil, no obstante, los resultados son extrapolables en parte a las condiciones edafoclimáticas y ecológicas de Ecuador.

**Tabla 1.7. Revisión de trabajos de ensilado de maracuyá y forraje.**

Producto	Título	Referencia
Cascara de maracuyá	Composición química-bromatológica y degradabilidad in situ de materia seca, proteína bruta y fibra detergente neutra de cáscara del fruto de tres variedades de maracuyá de tres variedades	Vieira <i>et al.</i> (1999)
Cascara de maracuyá	Caracterização e extração de compostos voláteis de resíduos do processamento de residuos de maracuyá	Oliveira <i>et al.</i> (2012)
Cascara de maracuyá con Pasto	Intake, digestibility, performance, and carcass traits of rams provided with dehydrated passion fruit ( <i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> ) peel, as a substitute of Tifton 85 ( <i>Cynodon</i> spp.)	Sena <i>et al.</i> (2015)
Cascara de maracuyá	Valor nutritivo de silagens de capim-elefante enriquecidas com subproduto de procesamiento de maracuyá	Neiva <i>et al.</i> (2006)
Cascara de maracuyá	Efecto de de diferentes aditivos sobre los contenidos de proteína bruta, extracto etero y digestibilidad de silajes de maracuyá	Junior <i>et al.</i> (2006)
Cascara: maracuyá, Piña, guayaba, melón	Caracterización física y química de residuos de frutas para uso animal	Lousada Junior <i>et al.</i> (2005)
Semilla de maracuyá	Características físicas y químicas de aceite de semilla del maracuyá	Malacrida y Neuza (2012)

### Descripción de la Mezcla/residuos de la planta

#### Conservación de forrajes

El exceso forraje producido por las especies perennes en la temporada de lluvias debe conservarse y debe ser considerado un recurso potencial de forraje para la alimentación en la estación seca. (Rigueira *et al.*, 2013) manifestaron que el uso de residuos agroindustriales en la alimentación de rumiantes es de gran importancia, ya que un tercio del residuo producido en el mundo se destina a los animales domésticos, en detrimento de la gran parte

de la población mundial, no utiliza los residuos agroindustriales en la alimentación de rumiantes, y se llegó a la conclusión de que en todos los países, existe una gran variedad y cantidad de los residuos, los alimentos con diferentes potenciales. Sin embargo, la mayor parte de estos residuos se pierde o son subutilizados debido al poco conocimiento de su valor nutritivo y sus limitaciones en cuanto a la respuesta del animal, con su inclusión en la dieta (Vieira *et al.*, 1999).

Para minimizar estos problemas, se puede promover la incorporación de residuos de frutas tropicales en ensilajes de gramíneas tropicales. Estos subproductos generados en grandes cantidades son contaminadores del medio ambiente cuando no tienen destino apropiado. Por lo que la adición de cascara de maracuyá en el ensilaje de gramíneas favorece el proceso de fermentación y mejora la composición química (Cándido *et al.*, 2007). Caraballo *et al.* (2007) nos indica que con el ensilaje no se mejora el valor nutritivo de los forrajes frescos, pero si mantener ese valor. Según Nussio *et al.* (2002), en algunos lugares del mundo, la producción de ensilaje contribuye con 10 a 25% de los piensos para rumiantes y representa el 2% del suministro de alimentos adicionales, como el promedio global. Para minimizar estos problemas, se puede promover el uso de residuos de los subproductos de frutas tropicales como el maracuyá (*Passiflora edulis*). Estos subproductos son generados en grandes cantidades en la zona norte de la provincia de los Ríos y están contaminando el medio ambiente cuando no tienen destino apropiado, bien podría incorporarse al pasto Saboya como dieta para los rumiantes (Espinoza *et al.*, 2015)

## **Ensilado**

Ensilaje es un método de conservación, que mediante un proceso de fermentación realizado en ausencia de oxígeno en un lugar seco y protegido llamado silo, permite mantener estable la composición del material ensilado durante un largo tiempo (Sánchez *et al.*, 2012). Este proceso permite almacenar alimento en tiempos de cosecha conservando calidad y palatabilidad, lo cual posibilita aumentar la carga animal por hectárea y sustituir o complementar concentrados (Molina *et al.*, 2004).

## **El proceso del ensilaje**

El ensilaje es una técnica de preservación de forraje que se logra por medio de una fermentación láctica espontánea bajo condiciones anaeróbicas, en las siguientes fases (Oude *et al.*, 2001):

**Fase 1 - Fase aeróbica.** En esta fase que dura sólo pocas horas el oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los materiales vegetales y a los microorganismos aeróbicos y aeróbicos facultativos como las levaduras y las enterobacterias. Además, hay una actividad importante de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal (pH 6,5-6,0).

**Fase 2 - Fases de fermentación.** Temprana. Se produce ácido fórmico y otros ácidos orgánicos como resultado del crecimiento de bacterias enterobacterias aeróbicas facultativas, pudiendo durar este proceso de 1 a 2 días.

Láctica. Esta fase comienza al producirse un ambiente anaeróbico. Dura de varios días hasta varias semanas, dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad de las Bacterias Acido Lácticas (BAC) proliferará y se convertirá en la población predominante. A causa de la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores de entre 3,8 a 5,0.

**Fase 3 - Fase estable.** Mientras se mantenga el ambiente sin aire, ocurren pocos cambios. La mayoría de los microorganismos de la *Fase 2* lentamente reducen su presencia. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas.

En la Figura 2.1, se indica la evolución de la temperatura, oxígeno, pH, ácido láctico y glúcidos solubles en las distintas fases del ensilaje, notando que: la temperatura debido a la respiración libera calor en la primera fase, subsecuentemente disminuye ligeramente y se estabiliza. La presencia de oxígeno desaparece rápidamente en la fase aeróbica reapareciendo en el momento de apertura del silo. El pH disminuye rápidamente hasta

alcanzar un nivel donde se estabiliza (3,8 a 5) posterior a la apertura aumenta. El ácido láctico es determinante en la correcta conservación del forraje evitando la contaminación con otras bacterias ya que este baja el pH a niveles donde solo pueden sobrevivir aquellas que lo producen. Las bacterias lácticas pueden progresar en ambientes donde se cumplan sus requerimientos y uno de estos es la presencia de glúcidos solubles rápidamente fermentables, puesto que estas los consumen para producir energía, por lo tanto, el contenido de estos carbohidratos se disminuye conforme evoluciona el silo.

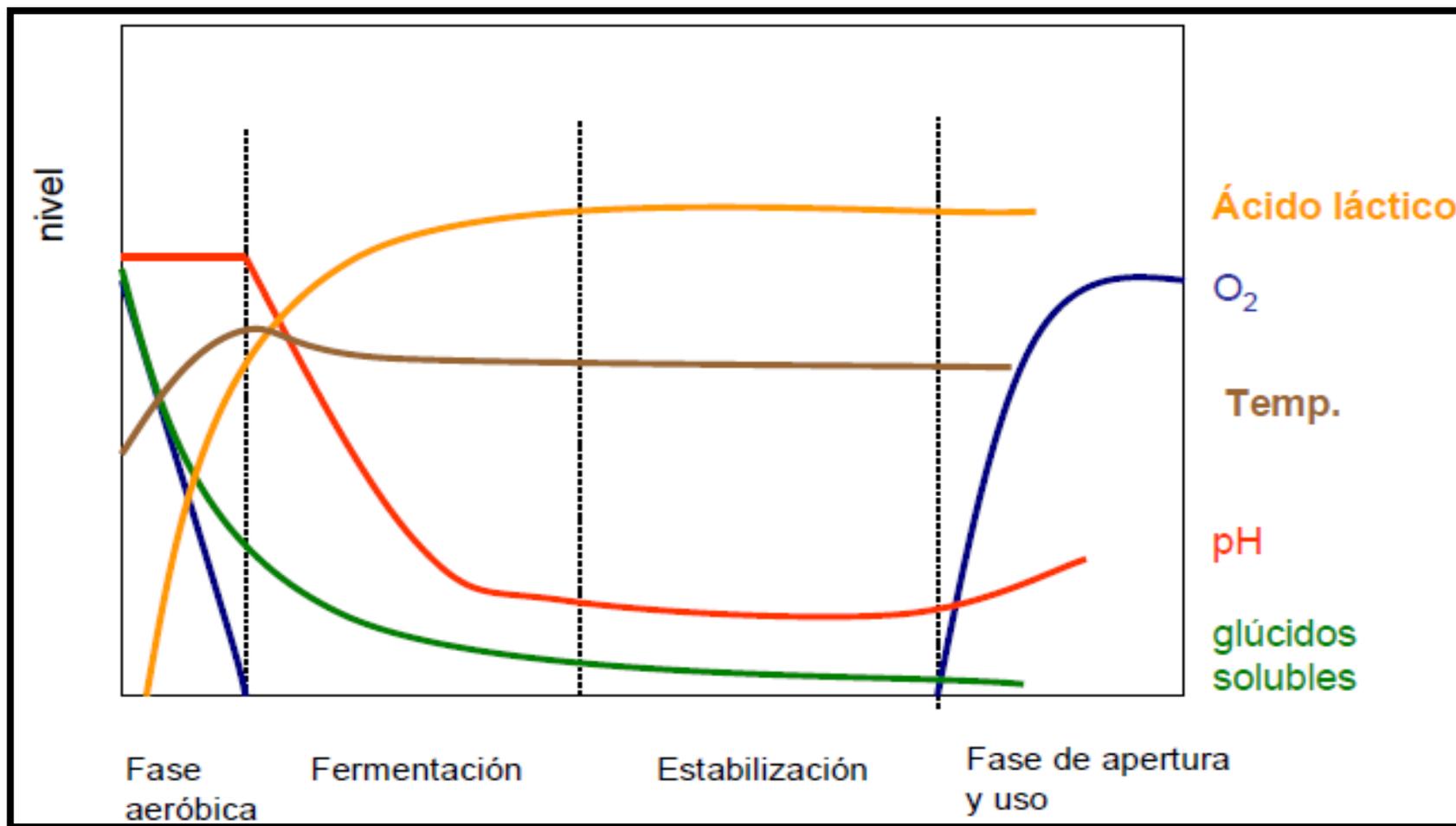


Figura 2. 1. Evolución de un silo en las diferentes fases.

## Consideraciones prácticas para lograr un buen ensilaje

Trujillo (2010) describe cuatro condiciones básicas que son indispensables en todos los ensilajes sin discriminación de su origen, estas son:

- **Carbohidratos solubles:** Incluir ingredientes que contengan carbohidratos altamente fermentables como azúcares (caña de azúcar, melaza, frutas o residuos de estas) y almidones (yuca, banano, plátano).
- **Materia seca:** La masa a ensilar no debe estar ni muy húmeda ni muy seca. Una masa muy húmeda generará ensilajes avinagrados de muy corta duración, por el contrario, una MS muy alta impedirá el crecimiento de las bacterias benéficas y favorece el crecimiento de hongos. Dificulta la compactación
- **Tamaño de partícula (picado):** A menor fracción de las partículas mejor será la condición compactación y acción de los microorganismos productores de ácido láctico.
- **Anaerobiosis:** Es una de las condiciones más importantes, pues esta garantiza la correcta conservación ya que en ese ambiente se desarrollan las bacterias ácido lácticas que conservaran el ensilaje.

En un contexto generalizado las mayores ventajas del ensilaje según (Chedly & Lee, 2001) son:

- Uso eficaz para la alimentación estratégica en períodos críticos;
- Aumento del forraje almacenado, sobre todo al asegurar alimento de vacas por parir;
- Alimentos para reducir la presión sobre las praderas pastoreadas;
- Aumento de la ración del ganado en época seca;
- Es un buen alimento barato hecho en la finca que reduce el costo de producción de leche y carne;
- Mejora la palatabilidad, reduce considerablemente la incidencia de sustancias tóxicas que se encuentran normalmente en algunas especies vegetales (como glucósidos cianogénicos en hojas frescas de yuca) y destruye microorganismos dañinos que pueden encontrarse en camadas avícolas o desechos de pescado;

- Puede asumir el papel de alimento base que debe ser suplementado con otros alimentos, o ser empleado para suplementar la ración base de animales en pastoreo.

Es posible ensilar alimentos que contengan niveles superiores al 30% de materia seca y que presente azúcares solubles para ser fermentados (Sánchez *et al.*, 2012). Se pueden emplear diferentes aditivos para acelerar el proceso como melaza, pulpa de cítricos y maíz triturado. Estos proveen una fuente de azúcares solubles que la bacteria utiliza para producir ácido láctico. Si el forraje ensilado posee niveles de humedad superiores al 70%, los aditivos aseguran que los niveles de azúcares solubles sean suficientes para realizar el proceso (Molina *et al.*, 2004). La densidad energética de los ensilados se incrementa de acuerdo a la adición de carbohidratos (López *et al.*, 2009).

El uso de alimentos de alta calidad y de sus subproductos ha resultado ser la mejor opción como aditivos para forrajes difíciles de ensilar, como las especies con gruesos tallos de *Pennisetum* spp. y *Panicum* spp. Su precio puede ser alto, pero en el cálculo de la rentabilidad se debe tomar muy en cuenta la mejoría del valor nutritivo del forraje ensilado. La melaza puede ser más adecuada para forrajes marchitos o materiales con valores más altos de MS (>25 %), mientras que fuentes de almidón usadas solas, y en combinación con melaza para ensilajes de forrajes frescos con valores bajos de MS. Otra buena alternativa es usar alimentos absorbentes, disponibles localmente y económicos, como la pulpa seca de citrus (Mühlbach, 2001).

El resultado final del ensilaje puede cambiarse fácilmente por medio de una adecuada elección de ingredientes y de sus posibles combinaciones para obtener mezclas específicas. Esta flexibilidad técnica del ensilaje permite ajustar el tipo de ensilaje a distribuir, de acuerdo a las necesidades individuales de diversas clases de animales (Chedly y Lee, 2001).



Figura 2. 2. Proceso de ensilaje (Espinoza *et al.*, 2015).

## CAPÍTULO 2. VALORACION DE SUBPRODUCTOS

### 2.1. Valoración química nutricional

La mayor parte de la información existente sobre la composición de los alimentos se ha obtenido siguiendo un sistema analítico inmediato de los alimentos, establecido por Henneberg y Stohmann, en este sistema de análisis, los alimentos se dividen en 6 fracciones: Humedad, cenizas, proteína bruta, extracto etéreo, fibra bruta y extractivos libres de nitrógeno (McDonald *et al.*, 2006).

El análisis de Weende es, sin duda, el más conocido y, si bien posee una utilidad relativa, en algunos aspectos, no ha sido superado. El método fue ideado por Henneberg y Stohmann (1867) en la estación experimental de Weende (Alemania) y consiste en separar, a partir de la MS de la muestra, una serie de fracciones que presentan unas ciertas características comunes de solubilidad o insolubilidad en diferentes reactivos. Con este método se obtienen cinco principios nutritivos brutos que incluyen los siguientes compuestos.

#### **-Materia seca**

Si bien no es considerado un análisis químico *per se*, una correcta determinación del contenido de materia seca de un alimento es fundamental, ya que un error en este paso se transfiere al resto de los componentes químicos, los cuales debieran ser expresados sobre base materia seca para permitir comparaciones con otros alimentos. En el caso de forrajes frescos o heno, las opciones para una correcta determinación del contenido de materia seca son variadas, e incluyen el secado en horno a 65° C por 48 h, a 100° C por 24 h, o a 135° C por 3 h (Cherney, 2000). La estimación del porcentaje de materia seca en los sistemas de producción permite una mejor administración de los pastos como alimento para el ganado (Posada *et al.*, 2007). El porcentaje de materia seca de los pastos y los forrajes es uno de los factores que determina la capacidad de consumo de los animales (Colombatto, 2004) y es un indicador importante para calcular la disponibilidad de forraje en una explotación ganadera. La oferta de MS a su vez permite establecer el consumo de nutrientes, el balance nutricional, y el cálculo de raciones, haciendo posible ajustar la suplementación de los animales en las épocas y cantidades adecuadas. La determinación del contenido en MS de una muestra

consiste en provocar la evaporación del agua presente en la misma, y luego por gravimetría estimar el porcentaje de este componente (Ferret, 2003).



Figura 2. 3. Determinación de materia seca, AOAC 1991.

### -Análisis de proteína

El contenido proteínico de los alimentos puede determinarse por medio de diversos métodos. La forma más habitual es su cuantificación de forma indirecta y aproximada, bien a partir del contenido en nitrógeno de la muestra, o bien deduciendo su cantidad a partir del contenido de uno o dos aminoácidos particulares que conforman la proteína, fáciles de identificar y de cuantificar por su reactividad química específica. Este segundo procedimiento conlleva una mayor inexactitud. Desde hace más de 100 años se está utilizando el método Kjeldahl para la determinación del nitrógeno en una amplia gama de muestras (alimentos y bebidas, piensos, forrajes, fertilizantes) para el cálculo del contenido

en proteína. También se utiliza el método Kjeldahl para la determinación de nitrógeno en aguas residuales y suelos. Es un método oficial descrito en múltiples normativas: AOAC, USEPA, ISO, Farmacopeas y distintas Directivas Comunitarias. La convención general, sobreentendida, es que la totalidad del nitrógeno de la muestra está en forma proteica, aun cuando la realidad es que, según la naturaleza del producto, una fracción considerable del nitrógeno procede de otros compuestos nitrogenados (bases púricas y pirimidínicas, creatina y creatinina, urea, amoníaco, etc., por ello se denomina “proteína bruta” o “proteína total” a la obtenida por este método. Con este análisis, sin embargo, no se determina el nitrógeno nítrico, el cianhídrico, el de la hidracina, el de grupos azo y el nitrógeno de un núcleo cíclico (García y Fernández, 2012).

Los contenidos de nitrógeno totales de una muestra de alimento son generalmente determinados usando alguna variante del método Kjeldhal (Cherney, 2000). Alternativamente, se puede realizar una combustión total en un autoanalizador (AOAC, 1990). El principio básico para estimar el contenido de proteína de una muestra a partir del contenido de N total es que la proteína total contiene un 16% de N. Sin embargo, esto no es siempre así, por lo que Cherney (2000) sugirió la inclusión de un factor de corrección para el contenido de N en la determinación de proteína cruda. Así planteado, el análisis de proteína cruda no explica suficientemente la calidad de la proteína (Van Soest, 1994; Cherney, 2000). De acuerdo con Broderick (1994) y Beever y Mould (2000), el análisis de la fracción proteica de un alimento debería describir el grado de contribución de esa proteína a la formación de proteína microbiana y a la cantidad de proteína dietaria que escapa a la degradación ruminal. Existen diversos métodos de fraccionamiento de la proteína dietaria, tales como los descritos por Sniffen *et al.* (1992) y Licitra *et al.* (1996), los cuales han sido discutidos por Cherney (2000), adonde se refiere al lector para su más detallada explicación.

Los valores de proteínas de muchos alimentos varían en un corto intervalo y, por tanto, las tablas de composición de alimentos predicen la ingesta proteica con una exactitud razonable (error máximo del 7 %). Las proteínas se expresan en las tablas de composición de alimentos como proteína total, ya que en los análisis por el método Kjeldahl se obtiene nitrógeno que se multiplica por un factor correspondiente dependiendo del alimento, por ejemplo 5,8 para los cereales, 6,5 para la leche, etc., o por un factor genérico igual a 6,25 cuando no se indica ningún factor específico; se propone la utilización de este valor hasta obtener uno más

preciso. Por tanto, no se considera el nitrógeno no proteico, lo que constituye una fuente de error, y además todas las proteínas no contienen por término medio un 16 % de nitrógeno.

**Tabla 2. 1. Factores para la conversión de los valores.**

Producto alimenticio	Factor	Producto alimenticio	Factor
Productos animales		Productos vegetales	
Carne y pescado	6,25	Trigo	
Gelatina	5,55	Entero	5,83
Leche y productos lácteos	6,38	Salvado	3,31
Caseína	6,4	Embriones	5,8
Leche humana	6,37	Endosperma	570
Huevos		Arroz y harina de arroz	5,95
Enteros	6,25	Centeno y harina centeno	5,83
Albúmina	6,32	Cebada y harina cebada	5,83
Vitelina	6,12	Avena	5,83
		Mijo	6,31
		Maíz	6,25
		Frijoles	6,25
		Soja	5,71
		Nueces	
		Almendra	5,18
		Maníes	5,46
		Otras	5,3

Cuando no se indica ningún factor específico se debe utilizar el 6.25 hasta que se establezca uno más específico.

Fuente: FAO, 2001.

La determinación del nitrógeno total incluye sustancias nitrogenadas no proteicas (urea, creatinina, ácido úrico, bases púricas y pirimídicas, etc.), lo que puede conducir a error en los alimentos ricos (pescados, frutas, hongos, verduras y hortalizas). De esta manera, cuando se comparan datos de composición de alimentos de diferentes fuentes, los usuarios deberían considerar el factor de conversión del nitrógeno y si el nitrógeno no proteico ha sido excluido del contenido de proteína (Requejos, 1999). Cuando se requiere una alta exactitud, como en estudios metabólicos, investigación clínica, etc., los datos nutricionales deberían basarse en análisis químicos directos cuando las ingestas se relacionan con medidas fisiológicas (Pérez, 2013).

- Reactivos**
- Ácido Sulfúrico concentrado 96-98%
  - Solución de Hidróxido de Sodio al 40%
  - Solución de Ácido Bórico al 2%
  - Solución de Ácido Clorhídrico 0,1 N, Estandarizada
  - Tabletas Catalizadoras
  - Indicador Kjeldahl
  - Agua destilada
  - Acetona
  - Indicador para titulación de proteína

## Proteína Cruda (PC)

Incluye proteínas verdaderas y compuestos nitrogenados

**PC= Contenido nitrógeno (%) x 6.25**

Molécula de proteína contiene en promedio 16% de nitrógeno

**100 ÷ 16 = 6.25**

Ejemplo: Forraje con 2% de

**$\frac{2N \times 100}{16N} = 12.5\% \text{ PC}$**



Figura 2. 4. Determinación de proteína (AOAC, 1991).

### - Análisis de fibra.

Los sistemas tradicionales para determinar el contenido de fibra en alimentos animales han sido el análisis proximal (método Weende) y el método de los detergentes de Van Soest (Van Soest *et al.*, 1991). Éste último tiene ventajas sobre el primero porque separa a los carbohidratos de acuerdo a su disponibilidad nutricional y hasta puede servir como un predictor de digestibilidad (Van Soest, 1994). La fibra en detergente neutro (FDN) es el residuo remanente después de una solubilización del alimento en detergente neutro. Está compuesta por hemicelulosa, celulosa, lignina, cenizas y proteína ligada, y por esto ha sido comparada con el término “pared celular”. Sin embargo, esta relación no es tal, ya que la pared celular es una estructura biológica muy compleja, mientras que la FDN es un producto analítico con características nutricionales (Jung y Allen, 1995). En algunos casos, las concentraciones de FDN y de pared celular son similares, pero en el caso de las leguminosas la concentración de FDN es mucho menor, debido a que las pectinas (componentes de la pared celular) son solubilizadas por el detergente neutro, no apareciendo en el residuo. De todas las fracciones fibrosas, la FDN es la que mejor se correlaciona con el consumo voluntario, siendo por esto la fracción más importante dentro de la fibra a considerar. La fibra en detergente ácido (FDA) es el residuo remanente de la solubilización del alimento en detergente ácido. Este detergente provoca la solubilización de los mismos componentes que el detergente neutro más la hemicelulosa. A pesar de las asociaciones estadísticas positivas encontradas entre concentración de FDA y digestibilidad (Weiss, 1994), no existe una base científica sólida que conecte estos dos parámetros (Van Soest *et al.*, 1991).

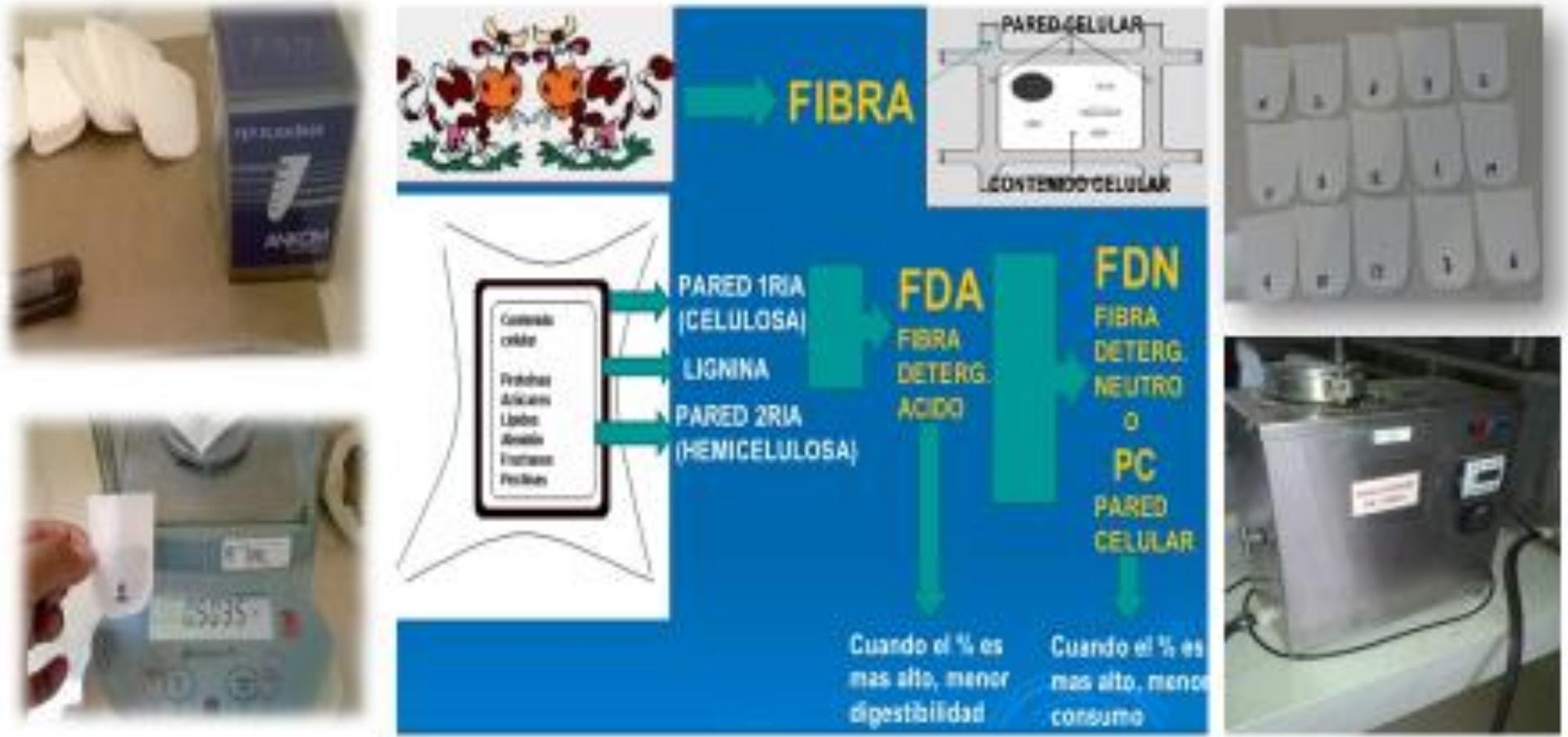


Figura 2. 5. Análisis de fibra (Van Soest, 1994).

## 2.2. Valoración biológica (digestibilidad, degradabilidad, consumo voluntario)

### -Digestibilidad *in vivo*

McDonald *et al.*, (2006) indica que la digestibilidad de los alimentos puede definirse, con cierto grado de exactitud, como la cantidad que no se excreta en las heces y que, por tanto, se considera absorbida por el animal. Normalmente se expresa en relación con la materia seca, como un coeficiente o porcentaje (Figura 2.7). Londoño (1993) expresa que la digestibilidad de los nutrientes es la diferencia, expresada como un porcentaje, entre los nutrientes presentes en el alimento ingerido y la fracción correspondiente no digerida que aparece en la excreta. La importancia de determinar la digestibilidad de un alimento radica en que es un valor variable entre distintos alimentos y posee un valor práctico; una digestión incompleta frecuentemente representa pérdidas en la cadena productiva.

### - Digestibilidad *in situ*

La técnica de degradación *in situ* ha sido ampliamente adoptada para evaluar la tasa y la extensión de la degradación de los alimentos en el rumen. Los nuevos modelos para formulación y evaluación de raciones requieren de la determinación precisa de aspectos dinámicos de la degradación de alimentos en el rumen y han adoptado a la técnica *in situ* como instrumento para facilitar este tipo de mediciones. Numerosas son las fuentes de variación relacionadas con la técnica que pueden alterar las estimativas de la tasa y la extensión de la degradación, entre ellas podemos citar: el tamaño de los sacos de nylon, el tamaño de los poros del saco, la posición de los sacos dentro del rumen, el tamaño de partícula del alimento y el procesamiento matemático de la información. Diferentes modelos matemáticos han sido propuestos para estudiar la cinética de degradación. En la construcción de estos modelos han sido tenidas en cuenta las características particulares del sustrato en estudio, aspectos anatómicos y fisiológicos del animal y procesos relacionados con la hidratación y colonización del sustrato por parte de los microorganismos ruminales (Rosero y Posada, 2007). Entre las técnicas propuestas para evaluar digestión ruminal de materias primas, se encuentra la de Orskov *et al.* (1980) que utilizó bolsas no degradables en el rumen para incubar muestras, asumiendo que la porción que desaparece de éstas es la fracción degradable de ese alimento, mientras que la que permanece en las bolsas es la fracción no degradable (Figura 2.8).

$$D. \text{ aparente MS} = \frac{\text{Cantidad de MS ingerida} - \text{Cantidad de MS excretada}}{\text{Cantidad de MS ingerida}} \times 100$$



Figura 2. 6. Digestibilidad *in vivo* (McDonal *et al.*, 2006).



## VACAS FISTULADAS PARA LA INVESTIGACIÓN

La fistulación en rumiantes es una técnica que se utiliza para estudiar la eficiencia y digestibilidad de la alimentación, para abaratar costos y obtener mayor producción de leche y carne.



El rumen es el primer compartimiento del estómago. Es el centro de la actividad microbiana.



Las bacterias en el rumen necesitan de un ambiente cálido, húmedo y sin oxígeno para su óptimo crecimiento.



**Bolsas de nylon tamaño del poro  $50\mu$  con 5 o 10 gramos de alimento, se colocan en el rumen, por un periodo de incubación de 0 – 72 horas para luego ser lavadas, secadas y analizadas.**

Figura 2. 7. Degradabilidad *in situ* (Orskov *et al.*, 1980).

### **-Digestibilidad *in vitro***

La medición de las tasas de digestión resulta cada vez más importante, debido al avance ocurrido en los nuevos sistemas de alimentación, en los que la disponibilidad de nutrientes a nivel ruminal, es calculada en base a la competencia entre la tasa de digestión y la tasa de pasaje. La mayoría de los procedimientos *in vitro* desarrollados hasta el momento miden la desaparición de sustrato en un punto final de medida. Con el objetivo de obtener sistemas reproducibles y repetibles, se han propuesto sistemas estáticos y estandarizados. Para el estudio de la digestión ruminal, la mayoría de los sistemas utilizan inóculo microbiano. Dado que la actividad microbiana, incluye la formación de biomasa microbiana con la consecuente captura de nitrógeno, estos sistemas presentan limitaciones para medir la degradación de los componentes nitrogenados. Consecuentemente existe una tendencia a la sustitución de microbios por enzimas a pesar de que éstas pueden ser inactivadas por la presencia de sustancias anti nutricionales, o la presencia de fibra. En algunos casos excepcionales puede ocurrir lo mismo con los inóculos microbianos, en situaciones de sustrato limitante, donde ocurre lisis microbiana seguida por una inactivación. Las técnicas *in vitro* empleadas en estudios de cinética de digestión, basadas en análisis de residuos no digeridos o fermentados, a diferentes tiempos de incubación, presentan una serie de desventajas, entre las que se puede mencionar, alto costo, no es posible determinar el rol de los componentes solubles del forraje y es muy difícil el estudio de las fases tempranas de fermentación (Bruni y Chilibroste, 2001).

Los sistemas *in vitro* de Tilley and Terry (1963) modificado por Goering y Van Soest (1970), usando líquido ruminal, son los más antiguos y aún los más comunes para medir la digestibilidad (Figura 2.9). Estos consisten en una fermentación del alimento durante 48 horas con microorganismos ruminales. La cantidad de muestra (alimento) que desaparece se considera que ha sido “digerida”.

La digestibilidad *in vitro* es un método, que se basa en el principio de someter una muestra de alimento (forraje o grano) en un recipiente a la acción de inóculo de líquido ruminal, con el fin de simular las condiciones que ocurren en el rumen. Después de un determinado tiempo se mide la cantidad de materia seca, materia orgánica o celulosa que ha desaparecido durante la incubación, la proporción desaparecida se denomina digestibilidad *in vitro* (Bruni y Chilibroste, 2001)

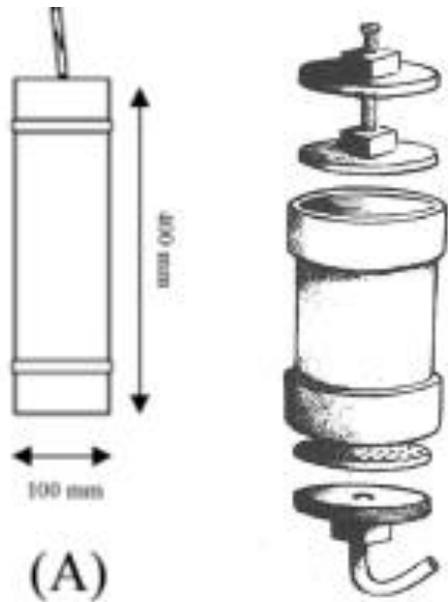
Dentro de los métodos químicos y biológicos descritos para predecir la digestibilidad *in vivo* de los alimentos, el propuesto por Tilley and Terry (1963) aún se reconoce como uno de los más interesantes. Este se basa en la acción de dos tratamientos, uno biológico y otro químico, sobre la muestra a analizar. El tratamiento biológico se refiere a una digestión anaeróbica de una muestra seca de forraje con microorganismos ruminales, de 38 a 40 °C en pH constante de 6.8 a 6.9 por 48 horas bajo oscuridad. Esta digestión debe hacerse en tubos de vidrio asegurándose que la producción de gas, como consecuencia de la fermentación mantiene la condición de anaerobiosis. El tratamiento químico consta de una digestión en pepsina, cuya finalidad es solubilizar la gran proporción de proteína que resiste al tratamiento biológico previo.



Figura 2. 8. Degradabilidad *in vitro* (Tilley and Terry, 1963).

### **-Sistema ANKOM de digestibilidad**

El sistema ANKOM (Daisy II, ANKOM Corp., Fairport, NY, EEUU), ha sido recientemente introducido en el mercado para simplificar la estimación de digestibilidad *in vitro*. El método consiste en digerir muestras de alimentos en bolsas dentro de frascos, los cuales rotan permanentemente dentro de una cámara aislada y mantenida a 39°C. Algunos autores han reportado que la técnica entrega predicciones relativamente precisas de digestibilidad aparente y verdadera (Julier *et al.*, 1999; Vogel *et al.*, 1999). Mould y Nordheim (1998) adaptaron esta técnica para estimar además la tasa de degradación de la materia seca y otras fracciones de los alimentos, retirando bolsas de los frascos a diferentes tiempos de incubación. Esta modificación ha sido adoptada con éxito para evaluar el efecto de aditivos enzimáticos en alfalfa (Colombatto, 2000). Esta técnica tiene desventajas similares a las descritas para la técnica de la bolsita de nylon. El potencial de pérdida de partículas solubles o simplemente pequeñas limitan el tipo y procesado de las muestras. Adicionalmente, los efectos asociativos entre alimentos incubados en un mismo frasco de fermentación podrían influenciar los resultados, aunque Holden (1999) no encontró evidencias de ello. A pesar de esto, la técnica ANKOM representa un medio más rápido y más conveniente para determinar la tasa y extensión de la digestión de alimentos *in vitro* (Figura 2.10).



(A)  
**(Pereira, et al., 2005 y Dormond, et al., 2011)**



**Sistema de incubación *in vitro*  
DAISY II (ANKOM Technology,  
2008).**

Figura 2. 9. Sistema de incubación *in vitro* (ANKOM, 2008).

### **-Técnica de producción de gases**

Rosero y Posada (2007) describen la técnica de producción de gases como otro método *in vitro* que permite determinar la extensión y la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas producido durante el proceso fermentativo. Una de las ventajas de este procedimiento es que el curso de la fermentación y la función de los componentes solubles del sustrato pueden ser cuantificados. Otro problema inherente a los métodos *in situ* e *in vitro* que se han tratado de solucionar a través de la técnica de producción de gas es el estudio de las fases tempranas de la fermentación, ya que los procedimientos gravimétricos no son lo suficientemente sensibles para medir los pequeños cambios que ocurren en el peso del sustrato durante las primeras horas de fermentación (Figura 2.11).

Posada y Noguera (2005) nos indican que 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*; dentro de estos últimos se encuentra la técnica de producción de gases, la cual a diferencia de otras técnicas *in vitro* e *in situ*, no sólo determina la extensión, sino también la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas liberado, directamente como un producto de la fermentación, principalmente cuando se produce mayor proporción molar de acetato y butirato, e indirectamente desde la neutralización del fluido ruminal. Al igual que otras técnicas de bioensayo, la técnica de producción de gases emplea sustratos molidos, medio anaeróbico, temperatura de 39°C e inóculo ruminal. La técnica puede medir el volumen de gas a presión atmosférica constante, la presión de gas a un volumen fijo, o hace una combinación de ambos procedimientos; disponiendo para tal efecto de metodologías manuales, semiautomáticas y automáticas. Los perfiles de producción de gas obtenidos pueden ajustarse a diferentes ecuaciones para resumir la información cinética, permitiendo la comparación de los sustratos, la evaluación de diferentes ambientes de fermentación y la obtención de las tasas de fermentación de los constituyentes solubles y estructurales. Si determinaciones gravimétricas son realizadas a determinados intervalos de tiempo, la producción de gas por unidad de materia seca o de materia orgánica puede ser cuantificada. Algunos de los factores que afectan la producción de gas se encuentra el tipo de sustrato y de inóculo, la especie animal donadora del inóculo, su alimentación, el pH del medio y el tampón empleado.

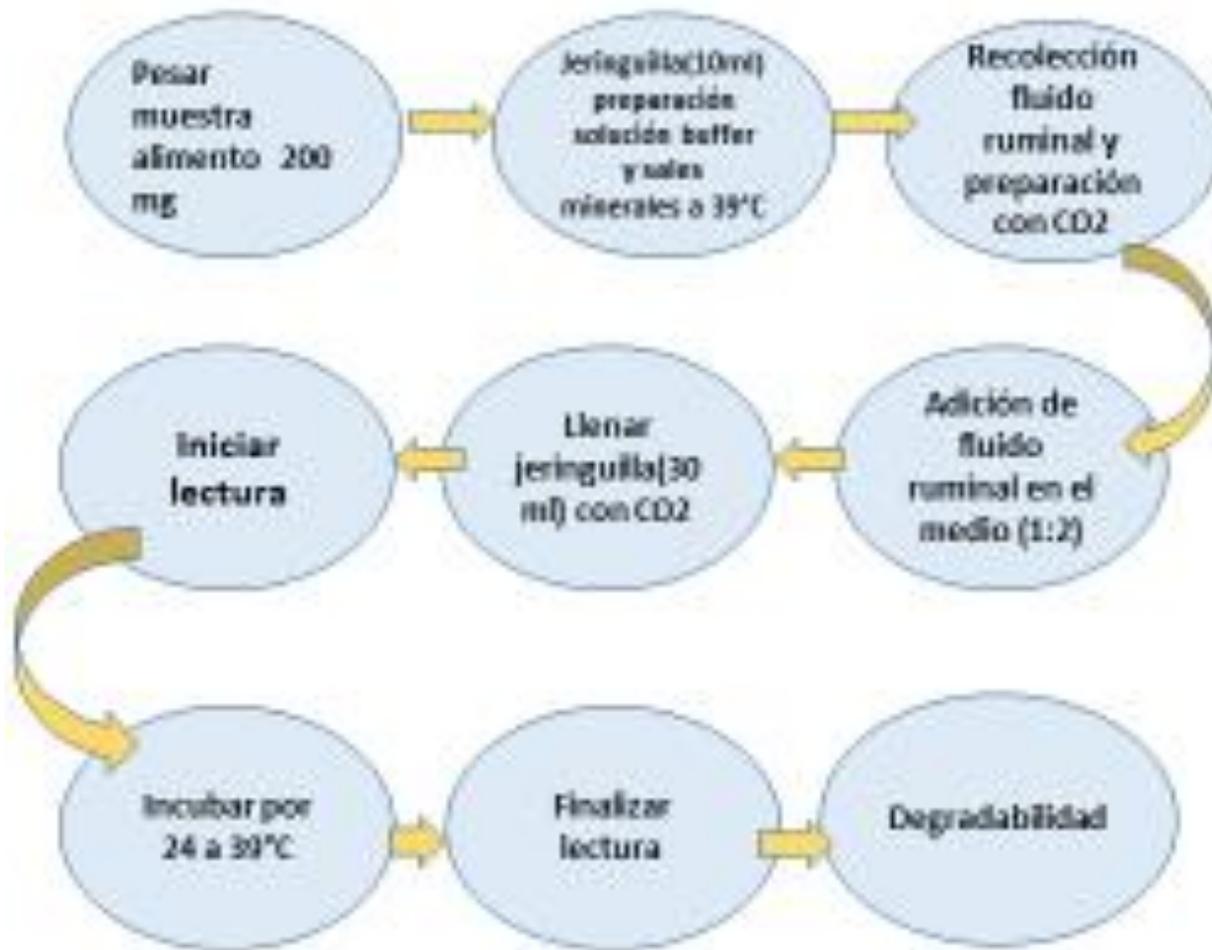


Figura 2. 10. Método *in vitro* gas (Posada y Noguera, 2005).

## **-Cinética de degradación ruminal**

El consumo y la digestibilidad, son temas de gran interés para los nutricionistas, puesto que en la producción animal se requiere de alimentos con alta aceptación y excelente aprovechamiento, con bajas pérdidas de nutriente por excretas (Navarro *et al.*, 2011).

La descripción de los diferentes componentes de los alimentos tiene gran importancia. La materia orgánica representa el contenido relativo de nutrientes que desaparecen después del proceso de calcinado (Shimada, 2003), en esta fracción se encuentran los carbohidratos (solubles y estructurales), grasas y proteínas, si bien de esta determinación se obtiene por diferencias la proporción de cenizas o materia inorgánica, que es un indicativo inespecífico de la proporción mineral de un alimento, pues no discrimina un elemento en común, (Shimada, 2003).

El proceso de digestión de los animales rumiantes es complejo ya que involucra una serie de interacciones entre la dieta, los microorganismos ruminales y el hospedero. Separar el proceso en sus distintos componentes permite un mejor entendimiento de su dinámica y facilita su representación matemática (Rosero y Posada, 2007). Puesto que la cinética como tal se describe mediante modelos matemáticos de regresión no lineal que se derivan de la degradación de los materiales nutricionales a diferentes tiempos de incubación en el rumen, esta fermentación microbiana se da en tres estados o fracciones obedeciendo a una fase inicial de digestión lenta, seguida de una fase de aceleración y otra de desaceleración hasta alcanzar un valor asintótico, al que se le ha llamado digestibilidad potencial (Mertens, 1993 citado por Naranjo *et al.*, 2005), conforme aumenta el tiempo de exposición en el rumen.

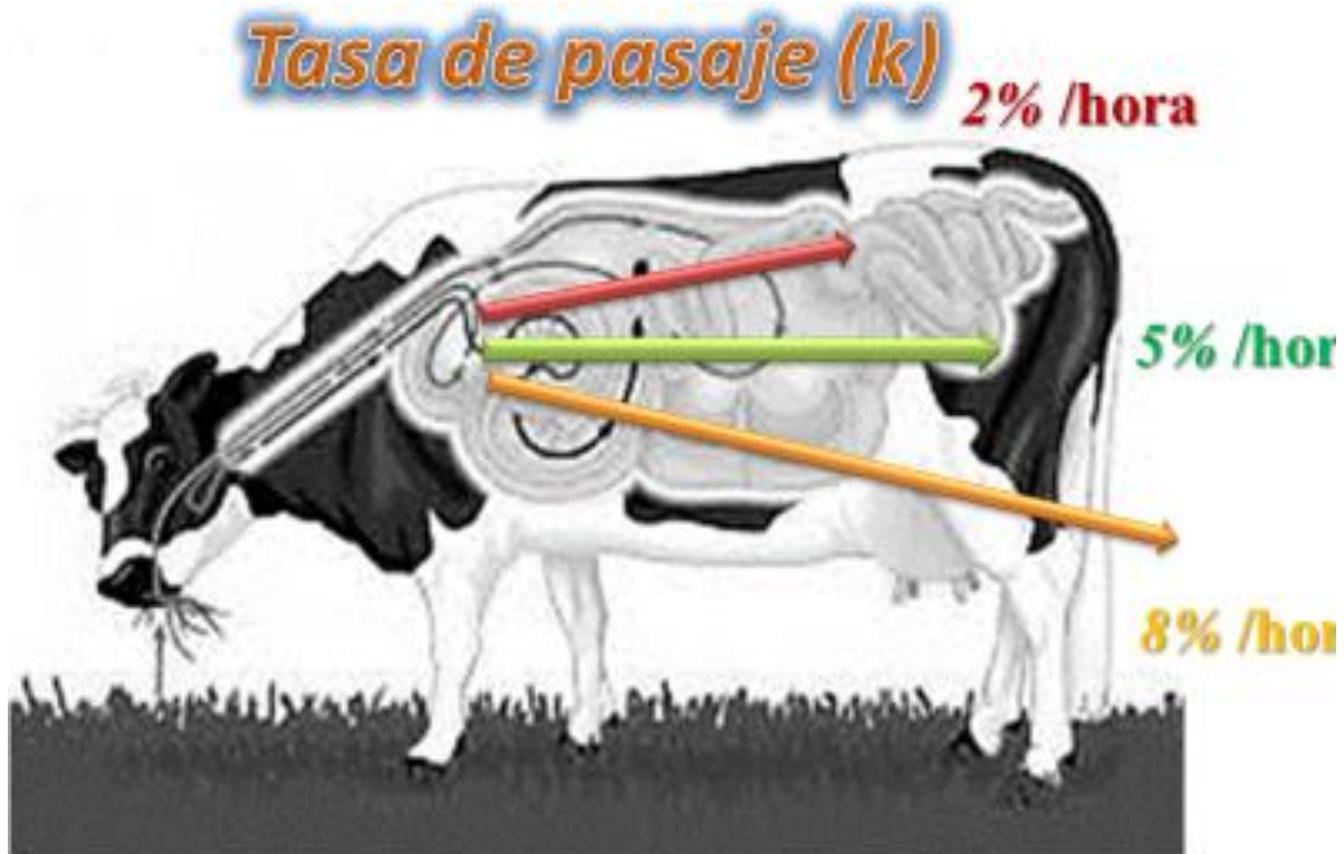
La degradabilidad permite estimar la tasa o porcentaje de la degradación para predecir el valor nutricional de un alimento, no obstante estas estimaciones están relacionadas directamente al tiempo de incubación, sin considerar los procesos de la dinámica ruminal (el movimiento de la degradación respecto al tiempo de incubación), además considerando también la tasa de pasaje (tiempo de estancia de un alimento en la sección ruminal) se pueden estimar parámetros más precisos sobre la velocidad de degradación que se ha denominado Degradabilidad Efectiva (DE) (Correa, 2009).

Los modelos matemáticos permiten estudiar y estimar parámetros que describen la naturaleza intrínseca de los alimentos y las interacciones de los nutrientes que limitan su

digestión (Rosero y Posada, 2007). Uno de los modelos que más se han utilizado es la descrita por Ørskov y McDonald (1979) (Rosero y Posada, 2007; Fernández, 2004; Correa, 2004, 2009; Naranjo *et al.*, 2005; Navarro *et al.*, 2011) (Figura 2.12).

Un cálculo complementario de gran importancia es la Degradabilidad ruminal Efectiva (DE) dado que permite establecer la proporción de fracciones nutricionales que son degradadas y aquellas que escapan a la degradación ruminal. La estimación correcta de la degradabilidad ruminal efectiva en el rumen (DE) de las distintas fracciones nutricionales de los alimentos es fundamental para el desarrollo de programas eficientes de alimentación para rumiantes (Correa, 2009).

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 (Fox *et al.*, 2000 y Van Soest, 1994, citados por Arreaza *et al.*, 2005). Para el cálculo de la degradabilidad efectiva (DE) se consideran generalmente una tasa de pasaje baja (2%/hora), media (5%/hora) y alta (8%/hora) (Guimarães *et al.*, 2008). Cabe señalar que a mayor tasa de pasaje menor degradabilidad, debido a que disminuye el tiempo de fermentación microbiana o acción enzimática en el rumen (Church y Pond, 1990). De manera ilustrativa se presenta la representación gráfica de las fracciones mencionadas en la (Figura 2.11).



$$DE = A + \frac{(Bxc)}{c+k}$$

Figura 2. 11. Tasa de pasaje en rumiantes (Orskov y McDonald ,1979).

### 2.3. Valoración fermentativa y microbiana

#### -Estabilidad aeróbica

El momento de apertura del silo se considera una etapa crítica del proceso de ensilaje. En esta fase, el material ensilado entra de nuevo en contacto con el oxígeno y comienza la oxidación de los azúcares y la degradación del ácido láctico producido durante la fermentación, lo que causa su deterioro y la reducción del valor nutricional de la mezcla.

La resistencia de la masa del forraje ensilado ante el deterioro, después de abrir el silo y quedar expuesto al aire, se define como estabilidad aeróbica (Jobim *et al.*, 2007). Una vez que el silo ha sido abierto para remover el material, el ingreso de aire es inevitable, lo que promueve el crecimiento de microorganismos tolerantes a ácidos y la oxidación de los productos de la fermentación presentes en el ensilado (Danner *et al.*, 2002). El valor del pH indica la acidez del ensilaje como resultado de la acción de las bacterias ácido lácticas. La disminución de este inhibe el desarrollo de los microorganismos indeseables, con lo que asegura la calidad de la fermentación. En la procesos de acidificación se desarrollan las bacterias productoras de ácido acético y butírico, y en estas condiciones se estimula la actividad proteolítica, por lo que se produce un ensilaje de media a baja calidad (Da Silva *et al.*, 2014.)



Figura 2. 12. Medición de pH y temperatura tras la apertura del silo (McDonald *et al.*, 2006).

El deterioro aeróbico es uno de los principales problemas que afectan a la conservación y la calidad higiénica de los ensilajes (Espinoza *et al.*, 2014). Se manifiesta por el incremento de

la temperatura del forraje y de su pH. (McDonald *et al.*, 2006). La estabilidad aeróbica puede ser medida por el incremento en pH y temperatura que se observa, que proviene del metabolismo de azúcares y ácidos orgánicos producidos por bacterias aeróbicas, hongos y levaduras (Spoeltra *et al.*, 1988). Cuando los ensilajes son expuestos al aire por la apertura de un silo, los ácidos y otras sustancias que han pasado por el proceso de fermentación son deteriorados por bacterias aeróbicas, hongos y levaduras (Wilkinson y Daviest, 2012).

### **-Análisis microbiológico en ensilajes**

Camacho *et al.* (2009) manifiestan que cuando se requiere investigar el contenido de microorganismos viables en un alimento, la técnica comúnmente utilizada es el recuento en placa. Esta técnica no pretende detectar a todos los microorganismos presentes, pero el medio de cultivo, las condiciones de temperatura y la presencia de oxígeno, permiten seleccionar grupos de bacterias cuya presencia es importante en diferentes alimentos; por ejemplo, las bacterias mesofílicas aerobias, o mesófilos aerobios son un indicador general de la población que pueden estar presente en una muestra y, por lo tanto, de la higiene con que ha sido manejado el producto. Este grupo en particular, se determina en la mayor parte de los alimentos, pero para algunos productos, también es importante determinar la presencia de bacterias termofílicas, psicofílicas y/o psicrotróficas para predecir la estabilidad del producto bajo diferentes condiciones de almacenamiento. La técnica básica es la misma, pero cambian las condiciones de incubación, medios de cultivo y algunos otros detalles, que se mencionan en la técnica. Si se modifican las condiciones de incubación o se somete la muestra a algún tratamiento previo, el método puede aplicarse también a la detección de otros grupos como anaerobios o esporulados, desde luego, con la adecuada selección de medios de cultivo. El método permite numerosas fuentes de variación, algunas de ellas controlables, pero sujetas a la influencia de diversos factores por lo que es muy importante apegarse a la técnica y controlar cuidadosamente las condiciones.

La técnica se basa en contar las “unidades formadoras de colonias” o UFC presentes en un gramo o mililitro de muestra. Se considera que cada colonia que desarrolla en el medio de cultivo de elección después de un cierto tiempo de incubación a la temperatura adecuada, proviene de un microorganismo o de un agregado de ellos, de la muestra bajo estudio; ese

microorganismo o microorganismos son capaces de formar la colonia, es decir una UFC. Para que las colonias puedan contarse de manera confiable, se hacen las diluciones decimales necesarias de la muestra, antes de ponerla en el medio de cultivo; la técnica para realizar este procedimiento se describe en “Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico” (Figura 2.14).

Los microorganismos que se desarrollan durante el ensilaje juegan un papel clave para el éxito del proceso de conservación. Los microorganismos pueden ser divididos en dos grupos principales: los microorganismos benéficos y los microorganismos indeseables. Los microorganismos benéficos son las bacterias ácido lácticas (BAL). Los indeseables son aquellos microorganismos que causan el deterioro aeróbico como es el caso de las levaduras, bacilos, listerias y mohos. Muchos de estos organismos indeseables no solo reducen el valor nutritivo del ensilaje, sino que pueden además afectar la salud de los animales o alterar la calidad de la leche, o ambas, como por ejemplo la *Listeria sp.*, *Clastridium*, hongos y bacilos (Stefani, 2011).

Las bacterias ácido lácticas pertenecen a la microflora epifítica de los vegetales. Su población natural crece significativamente entre la cosecha y el ensilaje. Los microorganismos que se asocian en el proceso de ensilaje pertenecen a los géneros: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Streptococcus*. La mayoría de ellos son mesófilos, es decir que pueden crecer en un rango de temperaturas que oscila entre 5° y 50°C, con un óptimo entre 25° y 40°C. Son capaces de bajar el pH del ensilaje a valores entre 4 y 5, dependiendo de las especies y del tipo de forraje (Oude *et al.*, 2001).

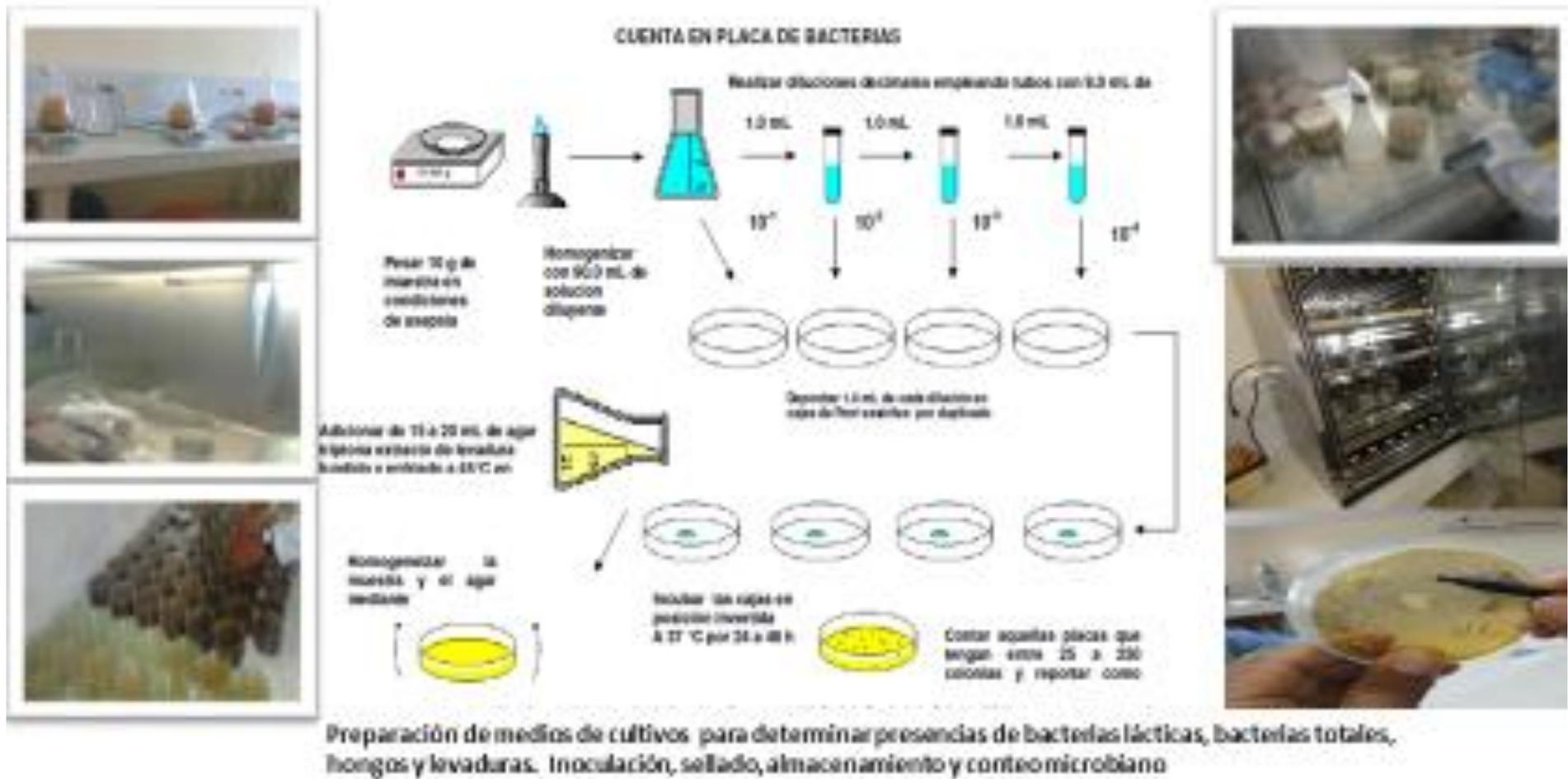


Figura 2. 13. Conteo microbiano (Stefanni, 2011).

)

Las levaduras son microorganismos eucarióticos, anaeróbicos facultativos y heterotróficos. En todo ensilaje, tanto la actividad de levaduras anaeróbicas como aeróbicas son indeseables. Bajo condiciones anaeróbicas las levaduras fermentan azúcares produciendo etanol y CO<sub>2</sub> (Schlegel, 1987; McDonald *et al.*, 1991 citados por Oude *et al.*, 2001). Las enterobacterias son organismos anaeróbicos facultativos. Se considera que la mayoría de las enterobacterias presentes en el ensilaje no son patógenas. Los clostridios son bacterias anaeróbicas que forman endosporas. Muchas de ellas pueden fermentar tanto carbohidratos como proteínas, por lo cual disminuyen el valor nutritivo del ensilaje y al igual que las endobacterias crean problemas al producir aminas biogénicas. Los mohos son organismos eucarióticos. Es fácil identificar un ensilaje infestado por mohos debido a los filamentos de diversos colores y de gran tamaño que producen muchas especies. Los mohos se desarrollan en cualquier sitio del ensilaje donde encuentren oxígeno, inclusive solo trazas (Oude *et al.*, 2001).

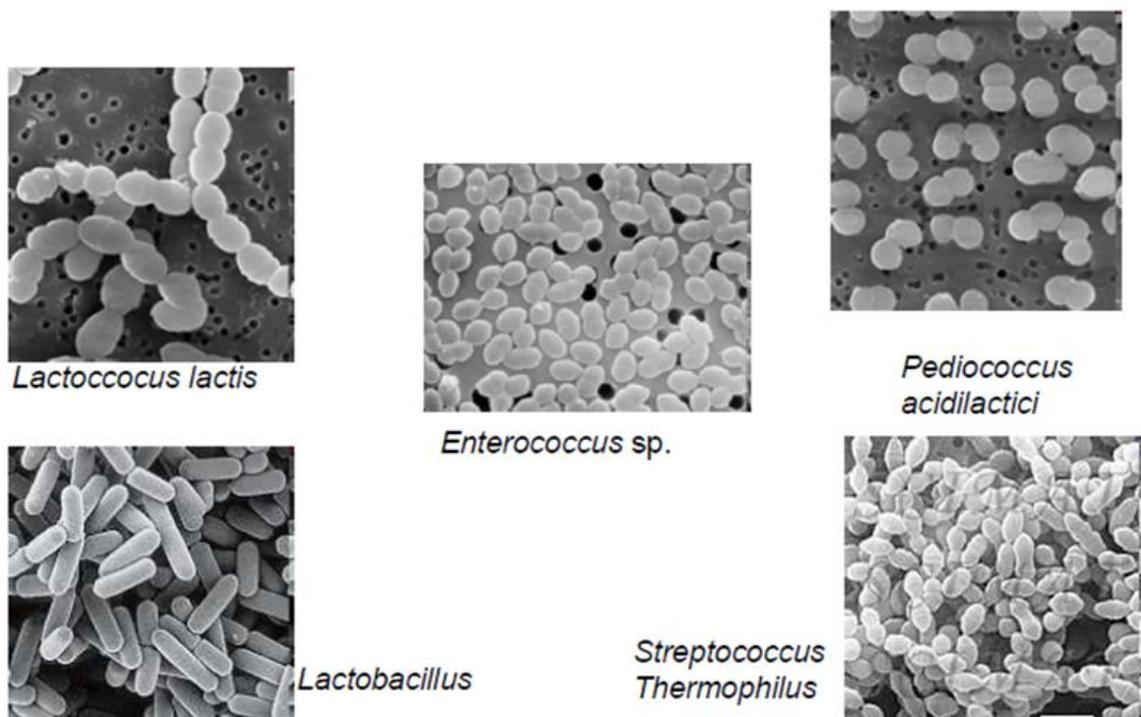


Figura 2. 14. Microorganismos del ensilado.

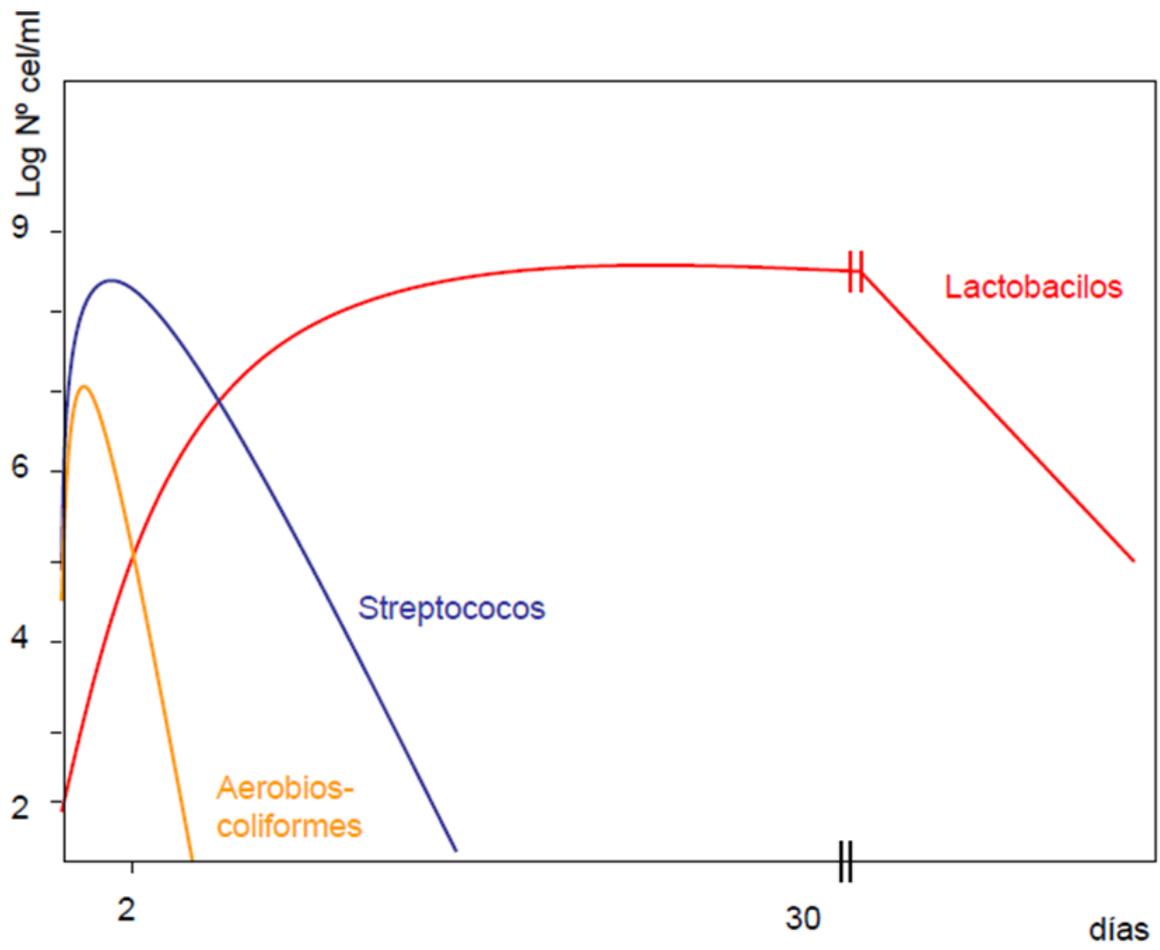


Figura 2. 15. Evolución de microorganismos en el ensilado.

#### 2.4. El Rumen. Microorganismos ruminales

Castillo *et al.* (2014) describe al rumen como un ecosistema complejo donde los nutrientes consumidos por los rumiantes son digeridos mediante un proceso de fermentación realizado por los microorganismos ruminales (bacterias, protozoos y hongos). Dichos microorganismos están en simbiosis, debido a su capacidad de adaptación e interacción, y mientras el rumiante proporciona el ambiente necesario para su establecimiento estos proporcionan energía al animal, la que proviene de los productos finales de la fermentación. Dentro del rumen, los microorganismos coexisten en un entorno reducido y a un pH cercano a la neutralidad. Estos microorganismos fermentan los sustratos presentes en la dieta del rumiante (azúcares, proteínas y lípidos). Sin embargo, el proceso de fermentación no es 100% eficaz, ya que durante la fermentación existen pérdidas de energía, principalmente en forma de gas metano ( $\text{CH}_4$ ), el que representa un problema medioambiental, ya que es un gas de efecto invernadero. Por consiguiente, para mejorar la eficiencia de los sistemas de producción de rumiantes se han establecido estrategias nutricionales que tienen como objetivo manipular la fermentación ruminal mediante el uso de aditivos en la dieta, como monensina, sebo, tampones, compuestos de nitrógeno, probióticos, etc. Estos aditivos permiten cambiar el proceso de fermentación y mejorar la eficiencia animal, además disminuyen la pérdida de energía. El objetivo de este trabajo es revisar los procesos fermentativos que tienen lugar en el rumen y aplicar los fundamentos de estos en el desarrollo de nuevas estrategias nutricionales que pudieran ayudar a mejorar los procesos de digestión, de manera que se alcance una máxima producción. Normalmente nos referimos a él como a una gran cuba de fermentación ya que el contenido de éste, en condiciones normales, representa más del 17 % del peso vivo del animal. La actividad de fermentación es realizada principalmente por bacterias y protozoos de distintos géneros y especies, al cual se agregan levaduras y hongos de reciente descubrimiento. Estos degradan distintos sustratos dando origen a los ácidos grasos volátiles, nitrógeno amoniacal, materia orgánica microbiana, ácido láctico, gas, etc. La cantidad de estos microorganismos en el rumen depende del régimen alimenticio al que es sometido el animal (tipo de dieta, frecuencia de alimentación, nivel de consumo, etc.).

## Características del Rumen

- Provee un ambiente muy favorable al crecimiento bacteriano:
- De gran tamaño de 100 - 150 litros.
- Su rango de PH 6.5
- Su posición en el tubo digestivo.
- Una temperatura elevada constante 39 grados C (esta en la franja mayoría de los sistemas enzimáticos).
- Ambiente anaeróbico.



### Microorganismos Ruminales

- **Bacterias** =  $\frac{1}{2}$  De la biomasa en el rumen normal (10.000 a 50.000 millones/ml), Por lo menos 28 especies son funcionalmente importantes.
- **Hongos**= El 8% de la biomasa intra-ruminal se ubican en la ingesta de lento movimiento evitando su rápido lavado. Digieren forrajes de baja calidad.
- **Protozoos** = 20 – 40% De la biomasa, contribución menor por su gran retención y menor actividad metabólica

**El conocimiento del proceso digestivo y microbiológico del rumen ha sido posible creando una fistula en un rumiante, lo que permite acceder al rumen y tomar muestras de su contenido para analizarlas.**

Figura 2. 16. Características del rumen (Castillo *et al.*, 2014).

(Cheng *et al.*, 1980), reporta que la población de microorganismos ruminales, dependiendo de su ubicación en el rumen, se divide en tres grupos: microorganismos asociados a la pared del rumen, microorganismos libres en el fluido ruminal y microorganismos asociados a las partículas de alimento. Por otro lado, según Franzolin (1998) los protozoos, bacterias y hongos existentes en el rumen-retículo son responsables de la digestión de la mayoría de los nutrientes, principalmente de los carbohidratos complejos de la pared celular de los vegetales. El tipo de dieta y el nivel energético y nitrogenado de la ración influyen en la concentración y composición de la fauna ruminal a través de la acción directa o indirecta sobre el pH y la tasa de pasaje del contenido ruminal.

Relling y Mattioli (2004), manifiestan que los microorganismos responsables de la digestión fermentativa incluyen bacterias, protozoos y hongos. Las bacterias representan la fracción de la población ruminal imprescindibles para la vida del rumiante. El neonato adquiere esta flora por el contacto directo con otros bovinos o bien por contacto indirecto a través de elementos contaminados como forrajes o agua de bebida. Si bien existe una amplia variedad de bacterias y alternativas para clasificarlas, resulta útil agruparlas en base a los sustratos que emplean y a los productos finales de su fermentación. El ecosistema ruminal se compone de una amplia diversidad de microorganismos que se encuentran en una relación simbiótica en un ambiente anaerobio estricto (Ozutsumi *et al.*, 2005). La microbiota está formada por las bacterias ruminales, protozoos, y hongos, en concentraciones de  $10^{10}$ ,  $10^6$ , y  $10^4$  células/ml, respectivamente. Las poblaciones bacterianas son las más vulnerables a las propiedades fisicoquímicas del rumen (McAllister *et al.*, 1990).



## Parte B. Cascara de maracuyá

### CAPÍTULO 3. COMPOSICION Y DEGRADACION IN VITRO

*Este capítulo ha dado lugar a los siguientes trabajos:*

Ítalo Espinoza Guerra, Christian Pérez, León Montenegro, Adolfo Sánchez, Antón García, Andrés Martínez Marín. 2016. **Composición química y cinética de degradación ruminal in vitro del ensilado de pasto saboya (*Megathyrus maximus*) con niveles crecientes de inclusión de residuo de maracuyá (*Passiflora edulis sims.*)** Revista Faculta Agronomía Zulia (En edición)

Ítalo Espinoza Guerra, Christian Perez, Jorge Gustavo Zamora, Diego Romero Garaycoa, Erika Carranza Boza, Andrés Martínez, Elena Angón. **Composición y cinética de degradación in vitro de ensilajes de pasto saboya (*Panicum áximum Jacq.*) con inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis Sims*).** III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Book of Proceedings. Bolívar. Ecuador. ISBN: 978-9978-364-14-7. pp. 355 – 360

#### 3.1. Composición química y cinética de degradación ruminal in vitro del ensilado de pasto saboya (*Megathyrus maximus*) con niveles crecientes de inclusión de residuo de maracuyá (*Passiflora edulis sims.*)

##### -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 (Chedly y Lee 1999; Wong, 2001). 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 (Yitbarek y Tamir, 2014). 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% (Machin, 1999)

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 (Verdecia *et al.*, 1999), mientras que la edad más apropiada de corte para el ensilaje parece que está comprendida entre 42 y 63 d (Castro *et al.*, 2010). Sin embargo, el bajo contenido de MS y carbohidratos fermentables, y la elevada capacidad tampón (Castro *et al.*, 2010; Coan *et al.*, 2007; Verdecia *et al.*, 20087) 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 (Caraballo *et al.*, 2007; Pompeu *et al.*, 2006).

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) (Oliveira *et al.*, 2002), 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 (Vieira *et al.*, 1999). Trabajos previos han evaluado el efecto de la inclusión del residuo de maracuyá fresco (Reis *et al.*, 2000) o desecado al sol (Cándido *et al.*, 2007; Da Cruz *et al.*, 2010, Neiva *et al.*, 2006; Razz *et al.*, 2004) 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.

### **-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 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) (Pereira *et al.*, 2005), modificados para la extracción de efluentes (Dormond *et al.*, 2001). 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, 1990) y de fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD), con el procedimiento de ANKOM Technology 2008.

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® (Ankom b), usando bolsas filtro ANKOM F-57 (Ankom Technology, Macedon, NY, EUA) con tamaño de poro de 25 micromilímetros ( $\mu\text{m}$ ) y dimensiones de 5 x 4 cm fabricadas de

poliéster/polietileno con filamentos extruidos en una matriz de tres dimensiones (Giraldo *et al.*, 2007). 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. 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 (Orbegozo 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 CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub>, 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  $p = a + b \times (1 - e^{-ct})$  (Ørskov, 1979), donde p es la desaparición de la MS a tiempo t, a es la fracción soluble por lavado de las bolsas a la h 0 (%), b es la fracción insoluble pero potencialmente degradable (%), y c es la tasa de degradación de b (h<sup>-1</sup>). La degradabilidad efectiva (DEMS) se calculó para tres tasas de paso ruminal (k): 0,02, 0,05 y 0,08 h<sup>-1</sup>, 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.

**Tabla 3. 1. Composición química de los materiales utilizados en el ensilaje.**

Contenido	Pasto saboya ( <i>Megathyrus maximus</i> )	Residuo de maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> 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

### -Resultados y discusión

La composición química del pasto saboya y el residuo de maracuyá utilizados en los ensilados se muestra en la (Tabla 3.1). Los valores obtenidos de ambos productos están en general de acuerdo con los reportados por trabajos previos (Castro *et al.*, 2007; Noguera *et al.*, 2014; Verdecia *et al.*, 2008; Vieira *et al.*, 1999). La composición química del ensilado de pasto saboya con la inclusión de niveles crecientes de residuo de maracuyá se muestra en la (Tabla 3.2). 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 3.1). Los resultados coinciden con los de Reis *et al.* (2000) que adicionaron niveles crecientes de residuo de maracuyá fresco (19% MS) al ensilado de pasto elefante, mientras que Neiva *et al.* (2006); Pompeu *et al.* (2006); Cândido *et al.* (2007) y Da Cruz *et al.* (2010), 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.

**Tabla 3. 2. Composición química de los ensilados de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de residuo de maracuyá.**

Composición	Nivel de maracuyá (%)	EEM	P

	10	20	30	40		Lineal
Materia seca (MS), %	21,0 <sup>a</sup>	20,1 <sup>b</sup>	19,5 <sup>b</sup>	18,8 <sup>c</sup>	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 <sup>a</sup>	67,2 <sup>b</sup>	64,0 <sup>bc</sup>	63,2 <sup>c</sup>	0,77	<0,001
Fibra ácido detergente, %MS	51,6 <sup>a</sup>	50,0 <sup>ab</sup>	49,5 <sup>b</sup>	49,1 <sup>b</sup>	0,28	<0,001

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

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 *et al.* (2000). Por el contrario, otros autores observaron aumentos de los contenidos de PB en el ensilado con la inclusión de residuo de maracuyá (Cándido *et al.*, 2007; Cheedly y lee 1999; Neiva *et al.*, 2006; Razz *et al.*, 2004). 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 *et al.* (2000) tuvieron contenidos de PB prácticamente iguales entre si. Hubo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en los contenidos de FND entre tratamientos en concordancia con lo reportado en diferentes trabajos (Cándido *et al.*, 2007; Cheedly y lee 1999; Neiva *et al.*, 2006; Razz *et al.*, 2004; Reis *et al.*, 2005) 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 *et al.* (2010) y difiere de los trabajos de Reis *et al.* (2000); Neiva *et al.* (2006); Pompeu *et al.* (2006) y Cándido *et al.* (2007). 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 3. 3. Cinética de degradación ruminal in vitro de la materia seca de ensilados de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de residuo de maracuyá.**

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

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

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 3.3). 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 (Van Soest, 1991) 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 (Jung *et al.*, 2012) y la degradabilidad ruminal de las pectinas es prácticamente total (Nocek *et al.*, 1991). 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<sup>-1</sup> vs. 0,15 y 0,04 h<sup>-1</sup>), mientras que la fracción potencialmente degradable es

prácticamente igual, con un valor en torno 0,58 (Razz *et al.*, 2004). 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. (1987).

### **3.2. Composición y cinética de degradación *in vitro* de ensilajes de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) con inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.)**

#### **-Introducción**

En el Litoral ecuatoriano al igual que en varios países tropicales, la irregularidad de las precipitaciones anuales, provocan una inadecuada oferta de biomasa forrajera para los hatos ganaderos. A medida que los países progresan se presentan nuevas aspiraciones y el productor ya no acepta que la cosecha diaria de forraje, aún en mal tiempo, sea la única opción para alimentar a sus animales (Wong, 2001). La conservación de los recursos forrajeros en la época de abundancia, mediante el proceso de ensilaje, es una de las alternativas para los periodos estacionarios de escases (Chedly y Lee, 2001).

El ensilaje es un procedimiento complejo, que está en función de muchos factores, como la población microbiana natural, el contenido de azúcar del forraje y las condiciones en donde se lleva a cabo, por consiguiente, la calidad del ensilaje puede ser muy variable (Yitbarek y Tamir, 2014). Las condiciones típicas requeridas indican una baja capacidad tampón, un contenido de materia seca mayor a 20 por ciento, y una concentración de carbohidratos fermentables de cinco a 20 por ciento (Machin, 2001).

El pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) es un forraje de buena calidad nutritiva y eficiente comportamiento productivo (Santos *et al.*, 2008), es una de las especies más abundantes en los trópicos, se aprovecha con edades de 30 a 45 días para evitar la disminución de los principales indicadores nutricionales como la proteína, la materia seca y la digestibilidad (Homen *et al.*, 2010; Verdecia *et al.*, 2008). Para el proceso de ensilaje se utiliza pastos de 42 a 63 días, debido a su contenido bajo (<75%) de humedad (Castro *et al.*, 2010).

No obstante, su característica de pasto tropical C<sub>4</sub> que requiere de luz solar intensa para mejor productividad (Bidwell, 1993), con bajo valor de materia seca en la época de mejor

valor nutritivo con 16,86% de MS y 11,62% de PB a los 30 días (Verdecia *et al.*, 2008); 22,70% de MS y 9,77% de PB a los 42 días de corte (Castro *et al.*, 2010), el reducido contenido de carbohidratos solubles (3,2%) (Coan *et al.*, 2007) y la elevada capacidad de amortiguación (19,3 meq HCL/100gMS (Coan *et al.*, 2007) que se pueden atribuir a la presencia de ácidos orgánicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos y cloruros (Ávila *et al.*, 2006), dificultan el proceso de fermentación en el ensilaje (Mühlbach, 2001), evitando la reducción de pH y subsecuentemente deteriorando el alimento almacenado por proliferación de bacterias clostridiales, incremento de ácido butírico y la pérdida de nutrientes especialmente de la proteína (proteólisis) a través de efluentes.

Los problemas señalados pueden minimizarse con el uso de aditivos, que están asociados a la incorporación de fuentes de carbohidratos solubles como la melaza (Caraballo *et al.*, 2007) o subproductos de frutas tropicales (Pompeu *et al.*, 2006) como la cáscara de maracuyá (Cândido *et al.*, 2007) que contiene 76,63% de carbohidratos totales y 23,05% de carbohidratos solubles (Regadas *et al.*, 2011).

Por otro lado, el género *Passiflora*, es el más importante de la familia *Passifloraceae*, se distribuye en regiones tropicales y subtropicales desde el nivel del mar hasta altitudes superiores a 3 000 msnm (Marín *et al.*, 2009). Comprende alrededor de 450 especies, no obstante, solo se produce comercialmente la maracuyá *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. la badea, *P. quadrangularis* L. y la curuba, *P. mollissima* Just., el principal productor es Brasil (Aular y Rodríguez, 2003). En la agroindustria de extracción de pulpa de maracuyá los subproductos o residuales representan más de 70,0% (53,0% en cáscaras y 20,9% en semillas) del volumen total procesado (Oliveira *et al.*, 2002).

Particularmente se han realizado diversos estudios sobre la utilización de la cáscara de maracuyá en el ensilaje de pasto elefante (*Pennisetum sp.*), sin embargo, es escasa la información sobre el uso de este subproducto en el ensilaje de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.), entre la evidencia científica disponible se resalta que la incorporación de cáscara de maracuyá como aditivo, favorece el proceso fermentativo (Cândido *et al.*, 2007) y mejora la calidad nutricional (Pompeu *et al.*, 2006; Da Cruz *et al.*, 2010) quedando pendiente determinar el efecto sobre la degradabilidad ruminal. En el ensilaje de *Panicum maximum*, se reportan trabajos con la adición de pulpa cítrica deshidratada, encontrando un efecto positivo en la reducción de pH de la biomasa almacenada (Coan *et al.*, 2007).

La calidad del ensilaje terminado puede manejarse mediante una eficiente selección de los materiales y del conocimiento previo de sus características individuales y en mezcla (Chedly y Lee, 2001). El objetivo de la presente investigación fue evaluar la composición y cinética de degradación *in vitro* de ensilajes de pasto saboya con niveles de inclusión de cáscara de maracuyá, como alternativa para la alimentación de rumiantes.

### **-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. Coordenadas geográficas de 01° 06' de latitud Sur y 79° 29' de longitud Oeste. A una altura de 73 msnm, temperatura 25,47 °C, humedad relativa 85,84%, precipitación anual 223,78 mm y zona ecológica de Bosque Húmedo Tropical.

Se evaluó ensilajes de pasto saboya (PS) (*Panicum maximum* Jacq.) y cáscara de maracuyá (CM) (*Passiflora edulis* Sims.) en las siguientes proporciones, que se consideraron como tratamientos: T1: PS 90% + CM 10%; T2: PS 80% + CM 20%; T3: PS 70% + CM 30%; T4: PS 60% + CM 40%, en base fresca.

El pasto saboya se obtuvo de una parcela establecida en el Campus Experimental "La María", Facultad de Ciencias Pecuarias (FCP) de la UTEQ, se realizó un corte de igualación y se cosechó el pasto posteriormente a los 45 días, no se realizó fertilización ni riego. El residuo de maracuyá (cáscara) fue obtenido en la empresa de extracción de jugos TROPIFRUTAS S.A.

Antes del ensilaje de recolectaron muestras del material a ser ensilado y se determinó su contenido (Tabla 3.4) de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) en el Laboratorio RUMEN. Se utilizaron 24 silos experimentales construidos con tubos PVC de 30 cm de longitud por 10 cm de diámetro, con una capacidad de almacenamiento de 3 Kg, con el modelo de Pereira *et al.* (2005) y las modificaciones para la extracción de efluentes de Dormond *et al.* (2011). El tamaño de las partículas del pasto y subproducto fue 2 a 5 cm, obtenidos con la utilización de una picadora de pasto SC Cevacos Trapp® ES 400.

El material se pesó y homogenizó de acuerdo a los tratamientos. Se empleó un instrumento de compactación manual tipo tornillo y se sellaron bajo presión con patones PVC, tornillos y cinta de embalaje. Se colocaron en un depósito a temperatura ambiente con iluminación natural, sin radiación solar directa. Los silos experimentales se abrieron 35 días posteriores al almacenamiento.

Las muestras representativas de los ensilajes se secaron en estufa Memmert<sup>®</sup> a 65 °C por 48 horas. Se trituró en un molino Thomas Willy<sup>®</sup> con criba de 2 mm para la determinación de la composición (cuadro 2) de MS, MO, MI y PB (micro-Kjeldahl), según lo descrito por la AOAC, (1990), para el contenido de FDN y FDA se utilizó la metodología estándar planteada por ANKOM Technology (ANKOM Technology, 2008b).

**Tabla 3. 4. Composición química de los materiales utilizados en el ensilaje.**

Contenido (%)	Pasto saboya ( <i>Panicum maximum</i> Jacq.)	Cáscara de maracuyá ( <i>Passiflora edulis</i> Sims.)
MS	20,59	15,10
MO	82,63	88,27
MI	17,37	11,73
PB	8,38	8,77
FDN	74,08	61,54
FDA	55,29	36,39

MS: Materia seca; MO: Materia orgánica; MI: Materia inorgánica; PB: Proteína bruta; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido.

Para determinar la degradabilidad *in vitro* de la materia seca, se siguió el protocolo recomendado por el fabricante del sistema de incubación DAISY II<sup>®</sup> (ANKOM Technology, 2008a), usando bolsas filtro ANKOM F-57 (Ankom Technology, Macedon, NY, EUA) con tamaño de poro de 25 µm y dimensiones de 5 x 4 cm fabricadas de poliéster/polietileno con filamentos extruidos en una matriz de tres dimensiones (Giraldo *et al.*, 2007), cada una se llenó con 0,5 g de la muestra molida, luego se sellaron con prensa térmica, se incubaron seis bolsas por cada tiempo de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas) y por cada tratamiento,

más dos bolsas blanco por cada tiempo de incubación para determinar el factor de corrección para el efecto del lavado, en caso del incremento o pérdida de peso de la bolsa.

El principio del sistema de incubación ANKOM DAISY II<sup>®</sup> consiste en establecer condiciones lo más cercanas al medio ruminal *in vivo*, por lo cual mantiene condiciones de anaerobiosis, agitación constante y una temperatura de  $39,5 \pm 0,5$  °C, además, emplea inóculo ruminal y una solución mineral buffer recomendada por Goering y Van Soest (1979). La relación entre solución buffer y líquido ruminal fue 3:2.

El inóculo ruminal se obtuvo de tres bovinos Brahaman de  $500 \text{ kg} \pm 25 \text{ kg}$  de peso vivo, castrados y fistulados en el rumen alimentados en pastoreo libre con pasto saboya. El inóculo ruminal se extrajo con una bomba de vacío en termos aclimatados a 39 °C, inmediatamente llevado al laboratorio, se filtró y saturó con CO<sub>2</sub> y se colocó junto con la solución buffer en las farras de fermentación donde se colocaron las bolsas F-57 en cada tiempo establecido, a la inversa, es decir, al inicio los del tiempo 72 horas, consecutivamente los demás hasta el tiempo cero, este último consistió en sumergir las bolsitas durante 5 minutos en la solución. El tipo y la actividad de los microorganismos ruminales presentes en el líquido ruminal son los responsables de la digestión *in vitro* de los alimentos, por tal razón la fuente del líquido ruminal es una variable importante, que explica el grado de degradación del material incubado (Cid *et al.*, 2003).

Una vez cumplido el periodo de incubación se lavaron todas las bolsas en agua fría hasta obtener un efluente transparente. Se secaron en estufa a 65 °C por 48 horas para determinar la degradabilidad *in vitro* de la materia seca (datos no mostrados). Con la siguiente ecuación adaptada de Londoño-Hernández *et al.* (2002):

$$\%DIV_{MS} = \frac{M_{pre} - M_{post}}{M_{pre}} \times 100$$

Donde, %DIV<sub>MS</sub>: degradabilidad *in vitro* de la materia seca; *M<sub>pre</sub>*: materia pre-incubada y *M<sub>post</sub>*: materia post-incubada. Para estimar los parámetros de la cinética de degradación y la degradabilidad efectiva se empleó las ecuaciones propuestas por Ørskov y McDonald (1979):

$$P = A + B(1 - \exp^{-ct})$$

Donde, P: Por ciento de degradación a tiempo (t); A: fracción soluble por lavado de las bolsas a la hora cero; B: fracción insoluble pero potencialmente degradable; c: tasa de degradación de B; t: tiempo de incubación; A + B: Degradabilidad potencial de la muestra para t igual a 72 horas. La degradabilidad efectiva (DE) se determinó considerando una tasa de pasaje baja (2% hora<sup>-1</sup>), media (5% hora<sup>-1</sup>) y alta (8% hora<sup>-1</sup>) de acuerdo a lo señalado por Guimarães *et al.* (2008).

$$DE = A + \frac{(Bxc)}{c + k}$$

Donde A, B y c fueron anteriormente descritas y k es la tasa de pasaje.

#### **-Diseño experimental y análisis estadístico**

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y seis repeticiones, con el modelo estadístico:

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

Donde,  $Y_{ij}$ : Valor de la variable de respuesta;  $\mu$ : Media general;  $\alpha_i$ : Efecto del tratamiento;  $\varepsilon_{ij}$ : Error experimental.

En la composición química de los ensilajes se aplicó el procedimiento PROC CORR y PROC REG del paquete estadístico SAS (SAS Intitute, 2002), para determinar la correlación y la tendencia lineal entre los niveles de inclusión del subproducto de maracuyá y la composición. Para el cálculo de los parámetros de la cinética de degradación se empleó el modo de resolución GRG NONLINEAR de la función SOLVER de Microsoft EXCEL<sup>®</sup> según lo descrito por Fernández (2004). Para la comparación de medias de los tratamientos se empleó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error con el procedimiento GLM del programa estadístico SAS (SAS Intitute, 2002).

## -Resultados y Discusión

### Composición química

La inclusión de cáscara de maracuyá (CM) tuvo efecto sobre la composición química (Tabla 3.5), en el contenido de MS demostró una correlación negativa ( $R=-0,9920$ ), y de acuerdo al análisis de regresión expresa un efecto lineal decreciente ( $P<0,05$ ) el 10% de inclusión de CM reportó el promedio más alto (21,76%), de igual manera en MI ( $R=-0,9281$ ) y FDN ( $R=-0,9838$ ) donde este nivel (10%) obtuvo los valores más altos (14,50 y 63,50%), este descenso se debe a la diferencia entre el contenido de estos parámetros en el pasto con respecto al subproducto (Tabla 3.4), por diferencias entre los volúmenes, considerando que la mezcla con el subproducto se realizó en estado húmedo. Por cada unidad porcentual de CM se disminuyó 0,098; 0,061 y 0,066% de MS; MI y FDN en el ensilaje respectivamente (Tabla 3.5).

Cândido *et al.* (2007) observaron un incremento del contenido de MS en el ensilaje de pasto elefante con adición de cáscara de maracuyá deshidratada (CMD), obtuvieron valores entre 15,1% y 24,6% (0 y 14% de inclusión) un incremento de 0,68% por cada unidad porcentual de CMD, el efecto observado por estos autores, puede atribuirse al reducido contenido de humedad del subproducto (16,7%) debido a la deshidratación previa. Coan *et al.* (2007), determinaron 27,3% de MS en ensilajes de *Panicum maximum* cv. Tanzânia, de 64 días de rebrote con la inclusión del 10% de pulpa cítrica peletizada, esta diferencia está influenciada por la edad del pasto y el contenido de MS de la pulpa cítrica peletizada que fue de 89,6 por ciento.

En la MI los resultados obtenidos (12,61 a 14,50 %) fueron superiores a los registrados por Da Cruz *et al.* (2010) que no sobrepasaron de 9,40% en ensilajes de *Pennisetum* sp. y cáscara de maracuyá deshidratada con la inclusión de hasta el 30% de subproducto, estos autores encontraron un contenido de MI de 9,9% en el subproducto de maracuyá y 9,7% en el pasto, de manera comparativa los valores observados en la investigación de 11,73 y 17,37% (subproducto y pasto) (Tabla 3.4), indicaron un mayor contenido de la fracción mineral, que podría deberse a las condiciones de fertilidad del suelo.

Neiva *et al.* (2006), obtuvieron valores superiores en FDN, con la misma tendencia decreciente conforme al aumento de cáscara de maracuyá en el ensilaje de pasto elefante con valores de 78,6% sin inclusión hasta 70,3% con el 14% de cáscara de maracuyá, en la

presente investigación se obtuvo en promedio 64,19%, esta diferencia puede deberse a que el pasto utilizado por estos autores comparativamente tiene mayor edad (80 días) y consecuentemente mayor fracción de fibra. Santos *et al.* (2008), encontraron 67,39 a 63,79% de FDN en ensilajes de pasto Tanzania (*Panicum maximum* Jacq.) de 50 días de corte con un inoculante biológico (Sil All<sup>®</sup> C4 de Altech Brasil) y con activación previa del inoculante (leche desnatada) respectivamente, que tuvo como objetivo contrarrestar pérdidas por gases y reducción de MS y PB.

El contenido de MO y PB, presentó una relación directa ( $R=0,9281$  y  $0,9655$ ) con el nivel de inclusión de cáscara de maracuyá, el análisis de regresión indicó un efecto lineal creciente ( $P<0,05$ ) aun cuando la diferencias entre los contenidos de MO y PB de los materiales antes de ensilar fue reducida (Tabla 3.4), Se incrementaron 0,061 y 0,034% de MO y PB por cada unidad porcentual de cáscara de maracuyá adicionada.

Se muestra una reducción del porcentaje de PB respecto de los materiales antes del ensilaje (Tabla 3.4), no obstante, las pérdidas son mayores con el nivel de inclusión del 10% (6,70%) que con el nivel más alto de 40% (7,70%).

Con todos los niveles de inclusión se obtuvo el intervalo mínimo de PB requerido para el buen funcionamiento ruminal de que es de 6-8% según lo escrito por Van Soest (1994). La actividad de las enzimas proteolíticas puede disminuir el valor nutritivo del ensilado, a través, de la transformación del nitrógeno proteico en formas de nitrógeno no proteico, como péptidos o como aminoácidos libres, haciendo que estos últimos se transformen en una variedad de ácidos orgánicos,  $CO_2$ , amoníaco y aminas, productos relacionados a la reducción del consumo voluntario de los animales Mulligan *et al.* 2002 citados por Senger *et al.* (2005).

**Tabla 3. 5. Composición química de los ensilajes de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá.**

Ŷ Contenido (%)	Nivel de inclusión de cáscara de maracuyá (x)				Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>	CV (%)
	10%	20%	30%	40%			
MS	21,76	20,54	19,93	18,68	$\hat{Y} = 22,69 - 0,09850 x$	98,41	0,97
MO	85,50	86,75	87,22	87,39	$\hat{Y} = 85,18 + 0,06140 x$	86,15	0,44
MI	14,50	13,25	12,78	12,61	$\hat{Y} = 14,81 - 0,06140 x$	86,15	2,93
PB	6,70	6,80	7,20	7,70	$\hat{Y} = 6,25 + 0,03400 x$	93,23	2,04
FDN	63,50	62,80	61,90	61,60	$\hat{Y} = 64,10 - 0,06600 x$	96,80	0,30
FDA	50,00	49,00	49,10	49,10	$\hat{Y} = 49,95 - 0,02600 x$	51,21	0,81

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación; CV: Coeficiente de variación; MS: Materia seca; MO: Materia orgánica; MI: Materia inorgánica; PB: Proteína bruta; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido.

Cândido *et al.* (2007) observaron incrementos en el contenido de PB en ensilajes de *Pennisetum* sp., con la adición de CMD, entre 6,10% sin inclusión y 8,80% con el 14% de adición de subproducto, de igual forma, Da Cruz *et al.* (2010) obtuvo 5,4% sin la inclusión y 11,9 con el 30% de CMD, con incrementos de 0,19 y 0,21% por cada unidad porcentual de CMD respectivamente en cada caso.

La FDA no estuvo altamente correlacionada (R=-0,7156), el análisis de regresión no indicó un efecto lineal (P>0,05) sin embargo se encontró un porcentaje menor (49,00 a 50,00%) (Tabla 3.5), al del pasto sin ensilar (55,29%) (Tabla 3.1), que indica un mejoramiento de las características nutricionales. El efecto observado por Pompeu *et al.*, (2006) fue similar, obtuvieron un promedio de 48,47% con un nivel de inclusión de hasta el 20% de cáscara de maracuyá en ensilajes de *Pennisetum* sp., en el subproducto estos autores encontraron un porcentaje de 48,90% de FDA. Esta fracción de fibra es determinante en la digestibilidad pues presenta la menor disponibilidad en la fermentación ruminal (Church y Pond, 1990).

### **-Cinética de degradación**

Los parámetros de la cinética de degradación de la materia seca se muestran en el (Tabla 3.6). El ensilaje T4 (inclusión del 40% de CM) presentó los mayores ( $P < 0,05$ ) promedios en la fracción soluble (A) con 11,63%, esta proporción indica la degradación sin presencia de fermentación microbiana debido al escaso tiempo de exposición, la superioridad del ensilaje con mayor inclusión de cáscara de maracuyá podría deberse al aporte de carbohidratos solubles del subproducto. La degradación de esta fracción (A) se caracteriza por la solubilización de los azúcares restantes, principalmente de sacarosa, fructosa, glucosa y pequeñas cantidades de manosa y galactosa y también de compuestos nitrogenados formados en la fermentación del silo (Tonani *et al.*, 2001).

En la fracción potencialmente degradable (B) de igual manera T4 reportó el mayor ( $P < 0,05$ ) promedio con 47,52% en comparación a 42,99% de T1 (inclusión del 10% de CM), los componentes básicos de esta fracción son compuestos nitrogenados y carbohidratos estructurales (principalmente celulosa y hemicelulosa) (Tonani *et al.*, 2001) este incremento en la degradabilidad puede deberse a la reducción de FDN respecto a la inclusión de CM (Tabla 3.5).

La mayor ( $P < 0,05$ ) tasa de degradación de la fracción B, fue reportada por el ensilaje T2 ( $0,033 \text{ hora}^{-1}$ ) con 3,3% por hora. Ribeiro-Filho *et al.* (2004), de igual manera no demostraron una tendencia definida en dietas con la inclusión de cáscara de café (CC) con niveles de 0; 10; 20; 30 y 40% con valores de 0,0561; 0,0466; 0,0538; 0,0588 y 0,0543  $\text{hora}^{-1}$  respectivamente, la CC utilizada por estos autores presento una tasa de degradación de  $0,0356 \text{ hora}^{-1}$ . Se observan mayores diferencias en la tasa de degradación cuando los alimentos tienen características particulares Vergara-López *et al.*, (2002) tasas de degradación de 0,012; 0,026 y 0,035  $\text{hora}^{-1}$  en la harina de plumas, harina de maíz y heno de *Brachiaria humidicola*, respectivamente.

**Tabla 3. 6. Cinética de degradación in vitro de la materia seca de ensilajes de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá.**

Fracción	T1	T2	T3 Ensilaje	T4 Ensilaje	EEM	CV (%)	P<
	Ensilaje PS 90% + CM 10%	Ensilaje PS 80% + CM 20%	PS 70% + CM 30%	PS 60% + CM 40%			
A (%)	9,99 <sup>b</sup>	10,89 <sup>a</sup>	11,29 <sup>a</sup>	11,63 <sup>a</sup>	0,12	4,60	0,0001
B (%)	42,99 <sup>bc</sup>	41,58 <sup>c</sup>	45,16 <sup>ab</sup>	47,52 <sup>a</sup>	0,45	4,08	<,0001
c (%)	0,027 <sup>ab</sup>	0,033 <sup>a</sup>	0,025 <sup>b</sup>	0,024 <sup>b</sup>	0,001	17,37	0,0188
A+B (%)	52,99 <sup>b</sup>	52,48 <sup>b</sup>	56,46 <sup>a</sup>	59,16 <sup>a</sup>	0,46	3,39	<,0001
DE <sub>2%</sub> (%)	34,54 <sup>b</sup>	36,61 <sup>ab</sup>	36,52 <sup>ab</sup>	37,45 <sup>a</sup>	0,39	4,31	0,0282
DE <sub>5%</sub> (%)	24,96 <sup>a</sup>	27,33 <sup>a</sup>	26,47 <sup>a</sup>	27,03 <sup>a</sup>	0,40	6,11	0,0841
DE <sub>8%</sub> (%)	20,76 <sup>a</sup>	22,99 <sup>a</sup>	22,15 <sup>a</sup>	22,61 <sup>a</sup>	0,36	6,58	0,0740

PS: Pasto saboya; CM: Cáscara de maracuyá; EEM: Error Estándar de la Media; P<: Probabilidad; CV: Coeficiente de Variación; A: Fracción soluble; B: Fracción potencialmente degradable; c: Tasa de degradación de B; A+B: Degradabilidad potencial; DE: Degradabilidad efectiva considerando tasas de pasaje del 2, 5 y 8% hora<sup>-1</sup>; <sup>abc</sup> Promedios en cada fila con superíndices de letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey P≤0,05).

En la degradabilidad potencial (A+B) y degradabilidad efectiva (DE) considerando tasas de pasaje de 2% hora<sup>-1</sup> (simulación de animales en nivel de mantenimiento), 5% hora<sup>-1</sup> (animales en un nivel medio de producción) y 8% hora<sup>-1</sup> (animales con alto nivel de producción). El ensilaje T4 reportó la mayor (P<0,05) degradabilidad potencial con 59,16%, de igual manera en la DE con la tasa de pasaje de 2% con 37,45%, en las demás tasas de pasaje 5 y 8% por hora no se presentó diferencias (P>0,05) entre los tratamientos, T4 obtuvo los valores numéricos más altos (27,03 y 22,61%).

La medición de la degradabilidad en el rumen, sin tener en cuenta la tasa de pasaje, puede sobrestimar la extensión de la degradación, debido a que las partículas de alimentos están sujetos a la transferencia en los compartimientos del rumen para su degradación (Ferreira *et al.*, 2014). Guimarães *et al.*, (2008), encontraron en ensilajes de maíz forrajero de tres

genotipos (NPM-1; BRS-1501 y CMS-3), valores de DE con una tasa de pasaje de 2% hora<sup>-1</sup> de 32,22; 35,03 y 33,08% utilizando la técnica de digestión *in vitro* de producción de gases. Con una tasa de pasaje de 5 y 8 % hora<sup>-1</sup>, estos autores obtuvieron 20,52 y 14,92%; 21,60 y 14,67%; 19,61 y 12,72% para cada genotipo y tasa de pasaje respectivamente. A mayor tasa de pasaje menor degradabilidad, debido a que disminuye el tiempo de fermentación microbiana o acción enzimática en el rumen (Church y Pond, 1990).

El incremento del valor de los parámetros de fermentación ruminal respecto al aumento de los niveles de inclusión de CM, podría deberse a los altos parámetros de degradabilidad de este subproducto, Viera *et al.* (1999), determinaron en la CM A=33,00%; B=47,00%; c= 0,09 y DE con tasa de pasaje de 4,8% hora<sup>-1</sup> de 63,65%, respectivamente, mientras en el pasto saboya, Razz *et al.* (2004) observaron A=15,00%; B=58,68%; c= 0,038 y DE= 42,56%.

Se mejoraron los principales indicadores nutricionales con la inclusión de cáscara de maracuyá en el ensilaje de pasto saboya, no obstante, los mejores resultados se obtuvieron con el nivel más alto de inclusión (40%), para lograr una aplicación práctica de esta alternativa de alimentación para rumiantes, se requiere de una adecuada planificación en el cálculo de los volúmenes para la obtención del subproducto y la disponibilidad del forraje.



## **CAPÍTULO 4. CARACTERÍSTICAS MICROBIANAS, FERMENTATIVAS, Y DEGRADABILIDAD RUMINAL *IN SITU*.**

*Este capítulo ha dado lugar a los siguientes trabajos:*

*Italo Espinoza, Bolívar Montenegro, José Rivas, Manuel Romero, Anton García y Andrés Martínez. **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)** Revista Facultad Veterinaria Zulia (En revisión)*

*Ítalo Espinoza, Adolfo Sánchez, León Montenegro, Juan Avellaneda, José Rivas, Víctor Godoy. Composición química y estabilidad aeróbica de ensilados en forma de microsilos de la cáscara de maracuyá, Passiflora edulis. Proceedings del IV Simposium Latinoamericano de Producción Animal: REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA -UTEQ. SUPLEMENTO: VOL 7. Nº 2, 2014; CIENCIA. SUPLEMENTO: VOL 5. Nº 1, 2014; TALENTOS REVISTA DE INVESTIGACION- UEB. SUPLEMENTO: VOL 2. Nº 1, 2014; REVISTA LOGROS- UTB. SUPLEMENTO: VOL 3. Nº 1, 2013. P. 91 – 96*

*Espinoza I., Medina M., Avellaneda J., Montenegro L., Sánchez A., García A. y Martínez A. Degradabilidad ruminal in situ de ensilajes de pasto saboya (Panicum maximun) con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá (Passiflora edulis). XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) y XV Congreso de la Sociedad Chilena de producción Animal, Chile 2015.*

### **4.1. Características microbianas, estabilidad aeróbica y cinética de degradación ruminal del ensilado de pasto saboya (*Megathyrus maximus*) con niveles crecientes de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*)**

#### **-Introducción**

En las regiones tropicales, las estrategias de alimentación de los rumiantes se basan en gran medida en el aprovechamiento directo de pastos, así como la utilización de los recursos disponibles localmente, tales como los residuos agroindustriales (Bocquier y González-García, 2010). La mayor producción cuantitativa y cualitativa del pasto ocurre en la época de lluvia y los pastos no consumidos se agostan en la estación seca y pierden valor nutritivo, limitando la productividad de las explotaciones. La técnica del ensilado es la opción más viable, tanto para preservar forrajes y otros alimentos disponibles estacionalmente como para evitar el rápido deterioro de los subproductos agroindustriales con elevado grado de humedad, de forma que puedan suministrarse al ganado como alimento principal o complementario de los pastos durante la estación seca (Chedly y Lee, 2000).

El proceso de ensilado depende de la materia seca, el contenido de carbohidratos solubles y la población microbiana natural del producto (Woolford y Pahlow, 1998). Los forrajes tropicales tienen un bajo contenido de materia seca y carbohidratos fermentables, y una elevada capacidad tampón (Coan et al., 2007; Verdecia et al., 2008; Castro et al., 2010), lo que puede afectar negativamente al proceso de ensilado y reducir el valor nutritivo del producto obtenido. La adición a los forrajes tropicales de residuos del procesamiento de frutas puede aumentar la recuperación de materia seca y el valor nutritivo de los ensilados obtenidos, probablemente debido al rápido descenso del pH por un mayor crecimiento de las bacterias acidolácticas al disponer de abundantes carbohidratos fácilmente fermentables aportados por dichos residuos (Nussio y Ribeiro, 2008). Una vez abiertos los silos, la estabilidad aeróbica del ensilado, definida como el tiempo durante el que la temperatura permanece constante y no ocurre deterioro, se relaciona con positivamente con el contenido de bacterias y negativamente con el de levaduras (Wilkinson y Davies, 2013). A su vez, el crecimiento de las levaduras durante el proceso de ensilado es inhibido por los ácidos grasos de cadena corta (láctico, propiónico y, especialmente, acético) liberados por las bacterias acidolácticas al metabolizar los carbohidratos solubles (Wilkinson y Davies, 2013). Trabajos previos han evaluado el efecto de la inclusión del residuo de maracuyá fresco o desecado al sol en el ensilado de pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sobre su digestibilidad aparente (Reis *et al.*, 2000; Neiva *et al.*, 2006). Sin embargo, la información referida a la degradación ruminal in situ del ensilado de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) en combinación con el residuo del procesado de la fruta de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) es muy escasa.

El objetivo del presente trabajo fue contribuir al conocimiento de la microbiología y la estabilidad aeróbica del ensilado de pasto saboya con inclusión de niveles crecientes de residuo de maracuyá, así como la cinética de degradación ruminal in situ del mismo.

### **-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 Facultad de Ciencias Pecuarias de la UTEQ. Se realizó un corte de igualación y

se cosechó a los 45 días, no se realizó fertilización ni riego. El residuo de maracuyá se obtuvo en la empresa TROPFRUTAS S.A. (Quevedo, Ecuador) y consistió principalmente en cáscaras mezcladas con cantidades inferiores de pulpa y semillas. Muestras representativas del pasto segado y el residuo de maracuyá se recogieron previamente al ensilaje para formar sendas muestras compuestas de cada producto en las que se determinaron los contenidos de materia seca, materia orgánica, cenizas y proteína bruta, de acuerdo con los métodos de (AOAC, 1990), y de fibra neutro detergente y fibra ácido detergente, con el procedimiento de ANKOM Technology (Macedon, NY, USA) (Tabla 4.1).

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 20 silos experimentales (5 por tratamiento), contruidos con tubos PVC de 30 cm de longitud por 10 cm de diámetro, con una capacidad de almacenamiento de 3 kg (Pereira *et al.*, 2005), modificados para la extracción de efluentes (Dormond *et al.*, 2011). Tanto el pasto como el residuo se picaron en una picadora de pasto SC Cevacos Trapp® ES 400) para reducir la longitud de las partículas por debajo de 5 cm. El material se pesó 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 PVC, tornillos y cinta de embalaje. Los silos sellados se colocaron en un depósito a temperatura ambiente con iluminación natural, sin radiación solar directa. La apertura de los silos se hizo tras 21 días de almacenamiento. Inmediatamente tras la apertura, se determinó la temperatura de cada uno de los microsilos con un termómetro digital introducido a tres profundidades. A continuación, se extrajeron muestras con un sacabocados de extremo biselado y 40 cm de longitud y el orificio dejado se rellenó con el propio material del microsilos. La muestra de cada microsilos se mezcló cuidadosamente para la recogida de tres submuestras. Una de las submuestras se mezcló homogéneamente con las demás del mismo tratamiento en una única muestra para la determinación de la composición química con los mismos procedimientos descritos para el forraje y el subproducto (Tabla 4.1). Otra submuestra se utilizó para la determinación de pH, bacterias, hongos y levaduras se siguió la metodología descrita por Ranjit y Kung (2000) y Taylor y Kung Jr. (2002). Una cantidad de 25 g de cada microsilos se homogeneizó durante 1 minuto en 225 ml de solución estéril de Ringer al 25% para determinación del pH en la solución con un pH-metro digital. La misma solución se filtró con una gasa doble estéril en matraces estériles para la preparación de diluciones seriadas

(factor 10) en solución estéril de Ringer a partir de las que se hicieron las siembras por duplicado en placas de Petri con agar MRS y agar de extracto de malta. Las placas se incubaron a 32°C. El período de incubación fue de 72 h para las bacterias ácido lácticas y de 120 h para los hongos y levaduras. Pasado el tiempo de incubación, las colonias se enumeraron con un contador y los valores se expresaron como log<sub>10</sub> UFC/g. La estabilidad aeróbica (T<sup>a</sup> y pH) se determinó diariamente durante 6 días, a la misma hora y con registro de la T<sup>a</sup> ambiente, en los microsilos, utilizando los procedimientos y métodos descritos más arriba. Los microsilos se mantuvieron cubiertos con un paño de algodón que permitió el paso del aire, pero evitó la posible contaminación.

Para determinar la degradabilidad ruminal in situ de la MS, se preparó una muestra compuesta con alícuotas de la tercera submuestra de los microsilos 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 y 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<sup>-1</sup>). La degradabilidad efectiva (DEMS) se calculó para tres tasas de paso ruminal (k): 0,02, 0,05 y 0,08 h<sup>-1</sup>, de acuerdo con la ecuación  $DEMS = a + [(b \times c)/(c+k)]$ , donde a, b, c y k se han descrito anteriormente. Los parámetros de la cinética de degradación calcularon con el modo de resolución GRG NONLINEAR de la función SOLVER de Microsoft EXCEL®.

Todos los análisis estadísticos se hicieron con SAS 3,5 University Edition (SAS Institute Inc., Cary, NC). Los datos de microbiología y cinética de degradabilidad ruminal se analizaron con el procedimiento GLM, utilizando el tratamiento como efecto fijo, y las medias de mínimos cuadrados se compararon con el test de Tukey. Los datos de estabilidad aeróbica se analizaron con el procedimiento GLM, utilizando el tiempo o el tratamiento como efectos

fijos. La comparación de las medias de mínimos cuadrados Cuando el efecto estudiado fue el tiempo, la tendencia lineal se investigó mediante contrastes polinómicos. Adicionalmente, se realizó el test de Dunnet, utilizando como referencia la hora 0, cuando el efecto lineal fue significativo. La comparación de las medias de mínimos cuadrados cuando el efecto estudiado fue el tratamiento se realizó con el test de Tukey. La significación estadística se verificó con valores de  $P < 0,05$ .

### -Resultados y Discusión

La composición química del pasto saboya y el residuo de maracuyá (Tabla 4.1) estuvieron en general de acuerdo con los reportados por otros autores (Vieira *et al.*, 1999; Verdecia *et al.*, 2008; Castro *et al.*, 2010, Noguera *et al.*, 2014). La composición química de ambos productos no fue muy distinta, excepto en el caso de la FND y la FAD, indicando un mayor contenido de carbohidratos no fibrosos y hemicelulosa en el residuo de maracuyá, que se reflejó en parte en la composición de los ensilados obtenidos (Tabla 4.1).

**Tabla 4. 1. Composición química del pasto saboya (*Megathyrus maximum*), residuo de maracuyá (*Passiflora edulis sim.*) y ensilados experimentales**

Contenido	Pasto saboya	Residuo de maracuyá	Silos Experimentales <sup>1</sup>			
			10%	20%	30%	40%
Materia seca (MS), %	20,6	15,1	21,0	20,0	19,5	18,8
Materia orgánica, % MS	82,6	88,3	84,7	85,0	86,0	86,0
Cenizas, % MS	17,4	11,7	16,0	15,3	14,5	14,6
Proteína bruta, % MS	8,4	8,8	7,8	7,8	7,9	8,0
Fibra neutro detergente, % MS	74,1	61,5	71,2	67,2	64,0	63,2
Fibra ácido detergente, % MS	55,3	36,4	51,6	50,0	49,5	49,1

<sup>1</sup>Inclusión de residuo de maracuya

La combinación de residuo de maracuyá con pasto saboya tuvo pocos efectos en general sobre la microbiología del ensilado (Tabla 4.2). Por otra parte, los recuentos de bacterias acidolácticas del presente trabajo fueron similares a los encontrados por Parvin y Nishino (2009) en ensilados premarchitados de pasto saboya con dos niveles de humedad con tiempos de fermentación de 15 y 30 días (7,74 y 7,98 UFC g<sup>-1</sup>). Sin embargo, los recuentos de hongos y levaduras fueron muy superiores a los reportados por dichos autores (<2 UFC g-

1). La microbiología de los ensilados y particularmente de las bacterias acidolácticas presentes en los mismos es de una extraordinaria complejidad (Pahlow *et al.*, 2003; Muck, 2010; Tohno *et al.*, 2011). Las bacterias acidolácticas juegan un importante papel en la acidificación adecuada del ensilado para frenar el crecimiento microorganismos indeseables como clostridios, hongos y levaduras (Pahlow *et al.*, 2003) y su crecimiento requiere una abundancia de carbohidratos solubles en el material a ensilar (Nussio y Ribeiro, 2008). De acuerdo con nuestros resultados, las condiciones más favorables para el crecimiento de las bacterias acidolácticas se dieron en el ensilado con 30% de residuo de maracuyá ( $P < 0,05$ ). Por otra parte, el hecho de que en el presente trabajo se observaran elevados recuentos de hongos y levaduras podría explicarse por una predominancia de las bacterias acidolácticas homofermentativas (productoras de ácido láctico principalmente) frente a las heterofermentativas productoras de ácido acético y propiónico en menor medida) hasta el momento en que se abrieron los microsilos (Driehuis *et al.*, 2001). El crecimiento de las bacterias acidolácticas heterofermentativas en el ensilado es posterior en el tiempo al de las homofermentativas (González y Rodríguez, 2003), y los ácidos acético y propiónico, por su pKa más elevado, son mejores inhibidores del crecimiento de los hongos y levaduras al pH típico de los ensilados (4,3-4,7) (Danner *et al.*, 2003). No obstante, la hipótesis planteada requiere más investigaciones.

**Tabla 4. 2. Características microbianas de silos de pasto saboya con residuo de maracuyá.**

Microorganismo $\log_{10}$ UFC $g^{-1}$	Silos Experimentales <sup>1</sup>				EEM	P
	10%	20%	30%	40%		
Bacterias acidolácticas,	7,82 <sup>b</sup>	7,57 <sup>c</sup>	8,23 <sup>a</sup>	7,83 <sup>b</sup>	0,02	0,04
Hongos	7,34	7,30	7,30	7,30	0,02	0,42
Levaduras	7,32	7,30	7,30	7,30	0,03	0,42

<sup>1</sup>Inclusión de residuo de maracuyá.

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

EEM: Error estándar de la media.

En la Tabla 4.3 se muestran los valores de T<sup>a</sup> y pH durante 6 días después de la apertura de los microsilos. La T<sup>a</sup> no fue diferente ( $P > 0,05$ ) entre tratamientos en el transcurso del tiempo. Sin embargo, la temperatura aumentó ( $P < 0,05$ ) y tendió a aumentar ( $P = 0,06$ ) con el paso de los días en los tratamientos con 30 y 40% de residuo de maracuyá, respectivamente.

Por otro lado, todos los tratamientos mostraron un incremento de T<sup>a</sup> superior a 1°C únicamente en el último día del estudio, lo que indicaría que todos tuvieron la misma respuesta a la exposición al aire (Driehuis *et al.*, 2001).

**Tabla 4. 3. Estabilidad aeróbica de microensilados de pasto saboya con residuo de maracuyá.**

Tratamiento	días							P	
	0	1	2	3	4	5	6	EEM	lineal
T <sup>1</sup>									
10	23,4	23,0	24,4	23,0	23,7	23,8	24,4	0,17	0,22
20	23,5	22,6	23,6	23,1	23,4	23,4	24,6	0,21	0,32
30	23,2	22,0 <sup>B</sup>	25,2 <sup>A</sup>	23,6	24,4 <sup>A</sup>	23,6	24,2	0,19	0,04
40	23,2	22,8	24,8	23,1	24,0	23,8	24,6	0,20	0,06
EEM	0,19	0,26	0,21	0,17	0,14	0,11	0,14		
P	0,94	0,58	0,75	0,64	0,07	0,54	0,72		
pH									
10	4,8 <sup>a</sup>	4,8 <sup>a</sup>	5,9	6,2 <sup>A</sup>	6,9 <sup>bA</sup>	8,6 <sup>A</sup>	9,5 <sup>aA</sup>	0,31	<0,001
20	4,6 <sup>b</sup>	4,8 <sup>aA</sup>	6,3 <sup>A</sup>	5,4 <sup>A</sup>	8,9 <sup>aA</sup>	9,1 <sup>A</sup>	9,4 <sup>aA</sup>	0,34	<0,001
30	4,6 <sup>b</sup>	4,6 <sup>abA</sup>	5,7 <sup>A</sup>	5,7 <sup>A</sup>	7,0 <sup>bA</sup>	9,2 <sup>A</sup>	9,4 <sup>aA</sup>	0,33	<0,001
40	4,4 <sup>c</sup>	4,5 <sup>bA</sup>	5,7 <sup>A</sup>	5,9 <sup>A</sup>	5,8 <sup>bA</sup>	9,2 <sup>A</sup>	9,2 <sup>bA</sup>	0,33	<0,001
EEM	0,03	0,03	0,10	0,15	0,32	0,14	0,03		
P	<0,001	0,008	0,06	0,27	<0,001	0,43	0,002		

<sup>1</sup>Temperatura

<sup>a,b,c</sup>Dentro de cada hora, las medias de mínimos cuadrados sin un superíndice común son significativamente diferentes (P<0,05) entre tratamientos.

<sup>A,B</sup>Dentro de cada tratamiento, las medias de mínimos cuadrados con un superíndice son significativamente (P<0,05) mayores (A) o menores (B) en comparación con la hora 0.

EEM: Error estándar de la media.

Tanto el tratamiento como el tiempo tuvieron efectos importantes sobre los valores de pH. A la apertura de los microsilos, el pH fue mayor y menor (P<0,05) en los ensilados con 10 y 40% de maracuyá, respectivamente, y la diferencia se mantuvo prácticamente en todos los días del estudio. El pH aumentó linealmente (P<0,05) en todos los tratamientos, de forma que al final del estudio los valores registrados duplicaron a los observados a la apertura de los microsilos. De hecho, el incremento de pH fue mayor de 0.5 puntos al segundo día de exposición aeróbica en todos los tratamientos, lo que indica una elevada inestabilidad

aeróbica (Weinberg *et al.*, 2009). El deterioro aeróbico de los ensilados es un proceso microbiológico complejo en el que los productos de la fermentación, como el ácido láctico, y los carbohidratos solubles residuales sirven de sustrato para el crecimiento de bacterias aeróbicas, hongos y levaduras. Como resultado de la oxidación de los sustratos, la Tª del ensilado aumenta, a la par que el catabolismo del ácido láctico resulta en un incremento del pH (Pahlow *et al.*, 2003). Elevados recuentos de hongos y levaduras (>5 log<sub>10</sub> UFC g<sup>-1</sup>) y un elevado contenido de agua en el material vegetal fresco (>70%) se relacionan negativamente con la estabilidad aeróbica (Ohyama *et al.*, 1980; Borreani y Tabacco, 2010) y podrían explicar los resultados observados en el presente trabajo.

**Tabla 4. 4. Cinética de degradación ruminal in situ de ensilados de pasto saboya con residuo de maracuyá.**

Parámetro	Ensilados Experimentales <sup>1</sup>				EEM	P
	10%	20%	30%	40%		
a, % MS	14,67	15,01	16,57	15,58	0,31	0,41
b, % MS	40,35	41,34	42,27	43,52	0,45	0,34
c, h <sup>-1</sup>	0,063	0,072	0,063	0,070	0,061	0,25
DP, % MS	55,03	56,36	58,85	59,1	0,42	0,14
DEMS 2% h <sup>-1</sup>	45,31 <sup>b</sup>	47,35 <sup>ab</sup>	48,70 <sup>a</sup>	49,84 <sup>a</sup>	0,25	0,02
DEMS 5% h <sup>-1</sup>	37,20 <sup>c</sup>	39,41 <sup>b</sup>	40,20 <sup>ab</sup>	41,57 <sup>a</sup>	0,18	0,004
DEMS 8% h <sup>-1</sup>	32,48 <sup>c</sup>	34,61 <sup>b</sup>	35,25 <sup>ab</sup>	35,25 <sup>a</sup>	0,15	0,003

<sup>1</sup>Inclusión de residuo de maracuyá

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<sup>-1</sup>.

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

Los parámetros de la cinética de degradación ruminal in situ de la materia seca y los valores de degradabilidad potencial y efectiva se muestran en la (Tabla 4.4). La inclusión de residuo de maracuyá en el ensilado no tuvo efectos (P>0,05) sobre las fracciones soluble y potencialmente degradable, la tasa de degradación horaria y la degradabilidad potencial. Por el contrario, la DEMS fue claramente mayor (P<0,05) en los ensilados con los niveles más altos de inclusión de residuo de maracuyá, lo que sugiere que la materia seca de dichos

ensilados fue mejor utilizada por los microorganismos ruminales, probablemente debido a su mayor proporción de solubles en detergente neutro (SND = 100 – FND; Van Soest, 1994). Más aún, de acuerdo con Júnior *et al.* (2006), una parte los SND del residuo de maracuyá debieron ser pectinas, cuya degradabilidad ruminal de las pectinas es prácticamente total (Nocek y Tamminga, 1991). El aumento de la DEMS indica una mejora del valor nutritivo del ensilado con la inclusión de residuo de maracuyá (Orskov, 2000).

#### **4.2. Composición química y estabilidad aeróbica de ensilados de cáscara de maracuyá con adición de inoculantes bacterianos.**

##### **-Introducción**

En el Ecuador, la provincia donde se concentra la mayor extensión y producción de Maracuyá (*Edulis pasiflora*) es Los Ríos con 18.605 ha y una producción de 204.013t, seguida de Manabí que cuenta con 4.481 hectáreas y una producción de 27.407t, de Guayas 2.309 ha y 9.200t y Esmeraldas 1.514ha y 5.698t (III Censo Nacional Agropecuario, 2000). La cáscara constituye aproximadamente el 52% del peso de la fruta y se utiliza en la elaboración de abonos, obtención de pectina y fibra dietética (Contreras *et al.*, 2009).

El valor nutritivo y la fermentación del ensilaje puede ser mejorado por el tratamiento con inoculantes bacterianos (Ruiz *et al.*, 2009). Jones (1995) reportó que para la optimización de este proceso es recomendable la utilización de ciertos tipos de aditivos. Dentro de los aditivos destacan los inoculantes bacterianos, los cuales contienen bacterias productoras de ácido láctico que se agregan a la población bacteriana natural para ayudar a garantizar una fermentación rápida y eficiente en el silo (Muck y Kung, 1997). El valor nutritivo y la fermentación del ensilaje pueden ser mejorados por el tratamiento con inoculantes bacterianos (Ruiz, 2009). El objetivo de este trabajo fue analizar el efecto de los inoculantes bacterianos sobre la calidad de silajes de cascara de maracuyá y decidir la conveniencia de su aplicación.

## **-Materiales y métodos**

La investigación se realizó en el Laboratorio de Rumiología en la finca experimental “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7 de la vía Quevedo–El Empalme. Recinto San Felipe, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, entre las coordenadas geográficas de 01º 06’ de latitud Sur y 79º 29’ de longitud Oeste, a una altitud de 120 msnm con una temperatura media de 25.8oC. Se utilizó un diseño completamente al azar 3 tratamientos x 5 repeticiones cada uno, los tratamientos evaluados fueron T1, cáscara de maracuyá ensilada sin inoculante, T2, cáscara de maracuyá ensilada + inoculante (Lacto Silo®) y T3, cáscara de maracuyá ensilada + inoculante (Sil-All®4x4).

Fueron abiertos a los 7, 14 días y 21 días, se tomaron muestras de 500g de cada tratamiento y sus respectivas repeticiones donde se determinó la composición química nutricional del producto sin fermentar: materia seca, materia orgánica, cenizas, proteína, grasa, extracto libre de nitrógeno, mediante el análisis proximal propuesto por la (AOAC, 1990). Se analizó de cada microsilos la temperatura y pH cada siete días. Para determinar la estabilidad aeróbica. La estabilidad aeróbica en ensilajes con 14 y 21 días de conservación. El pH se midió con un potenciómetro sobre el extracto acuoso de una fracción de 10 g de ensilado en 100 ml de agua destilada, tras 1/2 hora de reposo. Los datos obtenidos fueron procesados en un análisis de varianza y separación de medias a través de la prueba de Tukey, con el uso del programa SAS 9.0.

## **-Resultados y discusión**

La composición química (Tabla 4.5) de uso de inoculantes comerciales en los residuos de cascara de maracuyá. No fueron encontradas diferencias significativas para los contenidos de materia seca ( $P>0,05$ ), Valores que fluctuaron entre 93,01 y 94,59%, estos valores son superiores a los alcanzados por otros autores que trabajaron con subproductos residuos de maracuyá (89,44 a 89,44%) (Astuti, 2011; Da Cruz et al., 2010; Neiva et al., 2007). Los valores de proteínas comparados con los reportados en trabajos previos (Júnior, 2006; Malacrida y Neuza, 2012; Neiva, 2006; Noguera, 2014; Pompeu et al., 2006; Vieira et al., 1999) que obtuvieron entre 8,6 y 12,35%. La adición de inoculantes microbianos no afectó ( $P>0,05$ ) al contenido en MS, EE y ELN a los 7, 14 o 21 días de fermentación.

**Tabla 4. 5. Efecto de la inclusión de inoculantes bacterianos sobre el valor nutritivo de ensilados de cáscara de maracuyá a los 7, 14 Y 21 días de fermentación.**

	T1	T2	T3	EEM1	P valor <sup>2</sup>
<b>Proteínas</b>					
07 días	14,79	14,61	14,74	0,08	0,5656
14 días	14,31 <sup>a</sup>	15,00 <sup>b</sup>	14,47 <sup>a</sup>	0,06	0,0009
21 días	14,73 <sup>ab</sup>	14,68 <sup>a</sup>	15,29 <sup>b</sup>	0,11	0,0278
<b>Materia seca</b>					
07 días	94,38	94,52	94,29	0,22	0,8660
14 días	93,31	93,03	93,01	0,14	0,5105
21 días	93,87	93,45	93,88	0,27	0,6630

<sup>1</sup>EEM = error estándar de la media; <sup>2</sup>Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (P>0.05)

Los resultados referentes a la temperatura y pH de los microsilos de cáscara de maracuyá en tres tiempos de fermentación 7, 14 y 21 días como se muestra en el (Tabla 4.6). Se pudo observar que la toma de temperatura y pH a las 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas no existe diferencia en (P<0,05) entre los tratamientos. Los valores de temperatura registrados para los microsilos evaluados en todos los tratamientos, están dentro del rango considerado como óptimo (20-30°C) para garantizar la anaerobiosis rápida y la estabilización de la masa ensilada de acuerdo a Betancourt *et al.* (2003), siendo similares a los reportados por Neiva, (2006) cuando evaluaron el efecto de diferentes aditivos sobre la calidad fermentativa de silage de residuo de maracuyá amarilla (Residuo de maracuyá 3,51; 90%, Residuo de maracuyá +10% de bagazo de caña 3.62; 90% de Residuo de maracuyá + 10% cáscara de café 3,77; 90% de Residuo de maracuyá + 10% de rastrojo de maíz 3,64). A pesar del aumento en el pH en los ensilajes, los valores estuvieron dentro del rango óptimo de 3,8-4,2 sugerido por McDonald (1981).

**Tabla 4. 6. Temperaturas de los ensilados cáscara de maracuyá a los 7, 14 y 21 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos comerciales.**

pH	T1	T2	T3	EEM1	P valor <sup>2</sup>
<b>07 días</b>					
0 horas	23,00	23,00	22,60	0,29	0,7131
24 horas	24,00	24,00	23,00	0,30	0,1780
48 horas	24,00	23,80	23,00	0,21	0,0635
72 horas	24,00	24,10	23,30	0,19	0,0971
96 horas	24,20	24,00	23,40	0,13	0,0236
120 horas	25,00	24,40	24,40	0,15	0,0878
144 horas	25,00	25,40	25,00	0,17	0,3966
<b>14 días</b>					
0 horas	22,40	22,60	22,80	0,21	0,6410
24 horas	22,60	23,20	23,20	0,25	0,3771
48 horas	24,20	24,20	23,80	0,24	0,6186
72 horas	24,40	24,80	24,20	0,21	0,3444
96 horas	24,60	24,80	24,80	0,16	0,7564
120 horas	25,00	25,00	24,80	0,16	0,7564
144 horas	25,20	25,40	25,80	0,21	0,3444
<b>21 días</b>					
0 horas	21,60	22,20	21,60	0,21	0,2877
24 horas	23,40	23,20	23,00	0,19	0,5645
48 horas	24,00	23,80	24,20	0,22	0,6610
72 horas	24,20	24,20	24,40	0,16	0,7564
96 horas	25,40	24,20	25,80	0,16	0,0006
120 horas	26,00	26,00	26,60	0,29	0,4792
144 horas	25,20	25,40	25,80	0,21	0,3444

<sup>1</sup>EEM = error estándar de la media; <sup>2</sup>Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (P > 0.05).

### 4.3. Degradabilidad ruminal *in situ* de ensilajes de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá

#### **-Introducción**

Los pastos y forrajes son la principal fuente de alimentos para los bovinos en el trópico, pero la producción forrajera varía en calidad y cantidad a través del año afectando directamente la productividad del ganado Peláez *et al.* (2011). Los sistemas de producción ganadero en el trópico se desarrollan básicamente, bajo pastoreo con monocultivos de gramíneas, generalmente con contenidos nutricionales de regular a baja calidad, principalmente por su alto contenido de fibra y bajos niveles de proteína (Carmona, 2007). El mayor limitante en la producción bovina de los países en desarrollo es la fluctuación en la cantidad y calidad de los recursos forrajeros. (Posada y Noguera, 2005). Los forrajes representan las fuentes más económicas para la alimentación de los rumiantes, principalmente en el trópico donde hay grandes extensiones de tierras dedicadas a la explotación ganadera. En casi todos los países tropicales la expansión de la frontera agrícola llegó a su límite, y el crecimiento actual de la actividad agropecuaria depende en alto grado de la intensificación y tecnificación de la producción (Avellaneda *et al.*, 2007).

En las regiones tropicales, los rebaños bovinos pastan principalmente pastos en los que la producción cuantitativa y cualitativa se distribuye en dos períodos distintos: una estación lluviosa y una temporada seca (Canesín *et al.*, 2014). En el trópico y subtrópicos los pastos y forrajes se producen abundantemente en la época de lluvia en la cual se ha llegado a obtener hasta el 80% en la producción anual, por lo que parte de los mismos no pueden ser utilizados por los animales y permanecen en el campo disminuyendo su valor nutritivo a medida que maduran (Caraballo *et al.*, 2007). El uso de residuos agroindustriales en la alimentación de rumiantes es de gran importancia, ya que un tercio del residuo producido en el mundo se destina a los animales domésticos, existe una gran variedad y cantidad de residuos con diferentes potenciales. Sin embargo, la mayor parte de estos residuos se pierde o son subutilizados debido al poco conocimiento de su valor nutritivo y sus limitaciones en cuanto a la respuesta del animal, con su inclusión en la dieta (Vieira *et al.*, 1999). El empleo de subproductos agroindustriales con tal fin contribuye a darle un noble fin a estos residuos potencialmente contaminantes (Olivera *et al.*, 2006).

Para minimizar estos problemas, se puede promover la incorporación de residuos de frutas tropicales. Estos subproductos generados en grandes cantidades son contaminadores del medio ambiente cuando no tienen destino apropiado. Por lo que la Adición de cascara de maracuyá en el ensilaje de gramíneas favorece el proceso de fermentación y mejora la composición química. (Cándido *et al.*, 2007). Caraballo *et al.*, (2007) nos indica que con el ensilaje no se logra mejorar el valor nutritivo de los forrajes frescos, pero si mantener ese valor. Según Nussio *et al.* (2002), en algunos lugares del mundo, la producción de ensilaje contribuye con el 10 a 25% de los piensos para rumiantes y representa el 2% del suministro de alimentos adicionales, como el promedio global. Para minimizar estos problemas, se puede promover el uso de residuos de los subproductos de frutas tropicales como la maracuyá (*Passiflora edulis*). Estos subproductos son generados en grandes cantidades en la zona norte de la provincia de los Ríos y están contaminando el medio ambiente cuando no tienen destino apropiado, bien podría incorporarse al pasto Saboya como dieta para los rumiantes. En base a los antecedentes expuestos la presente investigación tiene como finalidad de comprobar que la inclusión de niveles de residuos de cáscara de maracuyá puede mejorar el aporte nutricional y la degradabilidad *in situ* del ensilaje de pasto Saboya.

### **-Materiales y Métodos**

El experimento se realizó en laboratorio de Rumiología en la Finca experimental “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7 de la Vía Quevedo-El Empalme. En el cantón Mocache, provincia de Los Ríos, a una altura de 73 m sobre el nivel del mar. La precipitación promedio anual de 1690 mm. Fueron estudiados cuatro niveles de inclusión de residuos de cascara de maracuyá (RCM) (10, 20, 30 y 40%) en relación al pasto saboya. En la elaboración de los ensilajes experimentales se utilizó el pasto saboya (*Panicum maximum*) de una plantación ya establecida en la finca Experimental La María, de la UTEQ. La hierba fue cortada manualmente a los 35 días de edad y se molió posteriormente en la picadora de forraje. El residuo maracuyá utilizado en el experimento se recolectó de la empresa productora de jugo Tropifrutas, en la ciudad de Quevedo. Se elaboraron microsilos utilizando tubos PVC de 4 pulgadas con una dimensión de 30 cm de altura x 10 cm de ancho en el cual se sellaron la parte inferior con un tapón para tubos y se colocara una manguera para permitir la salida de fluidos, una vez elaborados se procedió a al llenado y comprimido con el material vegetativo en cada micro silo se colocaron 3 kg entre pasto Saboya

previamente picado a un tamaño de partícula entre  $\frac{1}{2}$  y 1 antes del sellado se colocara los porcentajes de cascara de maracuyá (10, 20,30 y 40%) en cada silo, posteriormente se sellaron los microsilos con un tapón superior se colocaran tonillos para asegurar la tapa y se sellaran con cinta de embalaje.

Una vez llenos todos los microsilos fueron almacenados por un periodo de 35 días a temperatura ambiente dentro de un depósito con iluminación natural 12 horas luz – 12 horas oscuridad, sin radiación solar directa, se procedió a la apertura a los 35 días de ensilaje, al abrirlos se tomaron muestras representativas de aproximadamente 500 gramos en cada uno, previa homogenización del material ensilado, las muestras se colocaron en una estufa a 65° C por 48 horas, para luego ser molidas en un molino de laboratorio Thomas Willy con criba de 2 milímetros. De cada muestra se realizó el análisis proximal (Materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas (C), proteína (P), energía (E), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA), hemicelulosa, lignina, calcio (ca) y fósforo (P), luego se llenaron las respectivas bolsitas para realizar la degradabilidad in situ en tiempo de 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas posteriormente del periodo de incubación se realizó los análisis de degradabilidad de materia seca (DIMS), degradabilidad de la materia orgánica (DIMO) y degradabilidad de la materia orgánica (DIMI).

La digestibilidad in situ de la MS, MO y MI se determinó utilizando la técnica de bolsa de nylon para lo cual se usaron tres bovinos (Brahaman) castrados y fistulados del rumen de 400 kg± de peso vivo. Para cada tratamiento, en cada repetición se usaron tres bovinos. Para cada corrida se utilizaron siete bolsas de nylon 10 x 21 cm y 53 mm de tamaño de poro, que contenían cada una 10 g de muestra molida, seis bolsas se suspendieron en la parte ventral del rumen, con una secuencia de incubación de 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 h. la desaparición del material en la hora cero, fue estimada en la séptima bolsa sin incubar en el rumen, lavándola de la misma manera que las demás. Durante la prueba los bovinos fueron alimentados con pasto saboya a libre acceso. Posteriormente las bolsas fueron secadas en una estufa a 60 °C durante 48 h; al residuo de cada bolsa en cada periodo de incubación se le determinó su contenido de MS, MO y MI, cuyo porcentaje de desaparición se estimó por diferencia utilizando la ecuación de Orskov y McDonald (1980). Los parámetros no lineales, así como la desaparición DISMS, DISMO y DISMI fueron calculados por medio del paquete computacional SAS 2001.

## Analisis estadisticos

Los parámetros no lineales, así como la desaparición DISMS, DISMO y DISMI fueron calculados por medio del paquete computacional SAS 2001. Los valores obtenidos en todas las variables fueron analizados según un diseño de bloques completos al azar. Se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de las medias bajo los niveles de probabilidad de  $P < 0,05$ .

### -Resultados y Discusión

#### Degradabilidad *in situ* de la materia seca (DIMS)

Los valores DIMS se presentan en la (Tabla 4.7), y no muestran diferencias ( $P > 0,05$ ) entre tratamientos en la 0 y 3 h de los periodos de incubación, contrario fueron los resultados a las 6, 12, 24, 48 y 72 h, destacándose el T4 con mayor degradabilidad a las 72 h (60,22%), seguido de T3, T2 y T1 (58,59; 56,54; y 55,24%; respectivamente). Se apreció que a medida que aumenta el tiempo de incubación se observa un aumento de la desaparición de la MS, debido al mayor tiempo de contacto de la muestra con el rumen.

**Tabla 4. 7. Digestibilidad *in situ* de la materia seca de los ensilajes de pasto Saboya con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá. Finca La María, UTEQ 2014.**

Tiempo de incubación (horas)	Tratamientos <sup>1</sup>				EEM	Probabilidad
	T1	T2	T3	T4		
0	14,17 <sup>a</sup>	15,69 <sup>a</sup>	16,97 <sup>a</sup>	16,21 <sup>a</sup>	0,42	0,4565
3	21,79 <sup>a</sup>	22,06 <sup>a</sup>	23,69 <sup>a</sup>	23,63 <sup>a</sup>	0,22	0,0761
6	26,62 <sup>b</sup>	28,91 <sup>a</sup>	29,06 <sup>a</sup>	30,10 <sup>a</sup>	0,17	0,0045
12	37,64 <sup>c</sup>	40,74 <sup>ab</sup>	40,49 <sup>b</sup>	42,89 <sup>a</sup>	0,19	0,0011
24	45,32 <sup>b</sup>	48,03 <sup>ab</sup>	49,48 <sup>a</sup>	51,67 <sup>a</sup>	0,67	0,0065
48	52,45 <sup>b</sup>	54,70 <sup>ab</sup>	56,04 <sup>a</sup>	57,56 <sup>a</sup>	0,25	0,0046
72	55,24 <sup>c</sup>	56,54 <sup>bc</sup>	58,59 <sup>ab</sup>	60,22 <sup>a</sup>	0,30	0,0094

EEM = error estándar de la media

<sup>abc</sup>Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>1</sup>T1 = Pasto saboya 90% + 10% cáscara maracuyá, T2 = Pasto saboya 80% + 20% cáscara maracuyá. T3 = Pasto saboya 70% + 30% cáscara maracuyá. T4 = Pasto saboya 60% + 40% cáscara maracuyá

### Digestibilidad in situ de la materia orgánica (DISMO)

Los valores de DISMO del presente estudio se muestran en la (Tabla 4.8), observándose que no hay diferencia entre los tratamientos ( $P>0,05$ ) a las 0, 3 y 48 h de incubación, mientras que hubo un comportamiento diferente ( $P<0,05$ ) a las 6, 12, 24 y 72 h de incubación. El mayor valor de desaparición de la MO fue a las 72 h de incubación en el T4 (59,46%) seguido de T3 (57,23%); T2 (54,79%); T1 (53,15%).

**Tabla 4. 8. Digestibilidad in situ de la materia orgánica de los ensilajes de pasto Saboya con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá. Finca la María, UTEQ 2014.**

Tiempo incubación (horas)	Tratamientos				EEM	Probabilidad
	T1	T2	T3	T4		
0	10,77 <sup>a</sup>	11,89 <sup>a</sup>	13,50 <sup>a</sup>	12,94 <sup>a</sup>	0,32	0,1553
3	17,05 <sup>a</sup>	17,38 <sup>a</sup>	19,57 <sup>a</sup>	19,14 <sup>a</sup>	0,21	0,0280
6	22,20 <sup>b</sup>	25,58 <sup>a</sup>	25,35 <sup>a</sup>	26,34 <sup>a</sup>	0,16	0,0012
12	34,34 <sup>b</sup>	36,94 <sup>ab</sup>	37,71 <sup>ab</sup>	39,73 <sup>a</sup>	0,36	0,0224
24	42,72 <sup>b</sup>	45,93 <sup>ab</sup>	46,07 <sup>ab</sup>	49,49 <sup>a</sup>	0,45	0,0224
48	50,91 <sup>a</sup>	53,04 <sup>a</sup>	55,42 <sup>a</sup>	53,77 <sup>a</sup>	0,53	0,1804
72	53,15 <sup>b</sup>	54,79 <sup>ab</sup>	57,23 <sup>ab</sup>	59,46 <sup>a</sup>	0,42	0,0209

EEM = error estándar de la media;

<sup>abc</sup>Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, Tukey ( $p\leq 0,05$ ).

<sup>1</sup>T1 = Pasto saboya 90% + 10% cáscara maracuyá, T2 = Pasto saboya 80% + 20% cáscara maracuyá. T3 = Pasto saboya 70% + 30% cáscara maracuyá. T4 = Pasto saboya 60% + 40% cáscara maracuyá.

### Digestibilidad in situ de la materia inorgánica (DIMI)

Los valores de DISMI del presente estudio se muestran en la (Tabla 4.9), observándose que no hay diferencia entre los tratamientos ( $P>0,05$ ) a las 0, 3, 6 y 72 h de incubación. Sin embargo, encontramos un comportamiento diferente ( $P<0,05$ ) entre tratamientos a las 12, 24 y 48 h de incubación. La mayor desaparición de MI a las 72 h de incubación fue para T4 (69,09%) seguido del T2 (66,98%), T3 (65,92%), T1 (64,96%).

**Tabla 4. 9. Digestibilidad in situ de la materia inorgánica de los ensilajes de pasto Saboya con diferentes niveles de inclusión de cáscara de maracuyá. Finca la María, UTEQ 2014.**

Tiempo incubación (horas)	Tratamientos				EEM	Probabilidad
	T1	T2	T3	T4		
0	36,28 <sup>a</sup>	38,34 <sup>a</sup>	42,33 <sup>a</sup>	41,70 <sup>a</sup>	0,85	0,2058
3	48,44 <sup>a</sup>	49,98 <sup>a</sup>	49,18 <sup>a</sup>	51,90 <sup>a</sup>	0,47	0,2383
6	51,75 <sup>a</sup>	55,24 <sup>a</sup>	52,20 <sup>a</sup>	53,80 <sup>a</sup>	0,69	0,4568
12	56,23 <sup>b</sup>	59,15 <sup>ab</sup>	57,80 <sup>b</sup>	61,53 <sup>a</sup>	0,28	0,0071
24	58,48 <sup>b</sup>	62,08 <sup>ab</sup>	60,93 <sup>ab</sup>	64,21 <sup>a</sup>	0,37	0,0191
48	61,08 <sup>b</sup>	64,10 <sup>ab</sup>	64,83 <sup>a</sup>	65,52 <sup>a</sup>	0,32	0,0228
72	64,96 <sup>a</sup>	66,98 <sup>a</sup>	65,92 <sup>a</sup>	69,09 <sup>a</sup>	0,48	0,1532

EEM = error estándar de la media

<sup>abc</sup>Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, Tukey ( $p \leq 0,05$ ),

<sup>1</sup>T1 = Pasto saboya 90% + 10% cáscara maracuyá, T2 = Pasto saboya 80% + 20% cáscara maracuyá, T3 = Pasto saboya 70% + 30% cáscara maracuyá, T4 = Pasto saboya 60% + 40% cáscara maracuyá.

Se observa que para todos los tiempos ocurre un aumento del desaparecimiento de la materia inorgánica con el pasar el tiempo de incubación

### **-Discusion**

Los resultados de la DISMS son superiores a los encontrados por Do Régo *et al*, (2010) quienes obtuvieron 36,66 hasta 50,78% de desaparición de la MS en inclusiones de achote en silajes de pasto elefante, además de mayor degradabilidad a mayor tiempo de incubación, Carvalho *et al*, (2008) observaron el mismo comportamiento para la fracción soluble de la MS mediante la inclusión de harina de cacao en ensilaje de pasto elefante, obteniendo mayor degradabilidad a más tiempo de incubación, Asimismo, Chizzotti *et al*, (2005) estudiaron niveles de inclusión de semilla de algodón en silajes de pasto elefante mostrando comportamientos similares en la DISMS, Júnior *et al*, (2006) obtuvieron DIMS de 59,9% para el Residuo de Cáscara Maracuyá (RCM); mientras que Ferreira, Neiva, y Rodriguez (2004) mostraron valores de 39,9% de digestibilidad de MS en el ensilado de pasto elefante y Reis (1994) obtuvo 48,25%, valores inferiores a los obtenidos en este estudio (60,22%) a las 72 h de incubación, Borges *et al*, (2005) reportaron valores más alto

para la desaparición de la MS a las 48 horas de los RCM (64,29%) en subproductos de maracuyá, valores inferiores fueron reportados por Manoel, Banys, y Pereira (2003) que encontraron una degradabilidad efectiva para residuos de cáscaras de maracuyá (55,22%) y para subproductos de melón (54,37%), Vieira, Vasquez y Da Silva (1999) alcanzaron medias altas entre 67 y 71% en el desaparecimiento de la MS de tres variedades de residuos de maracuyá, amarilla, roja y mixta, Estos resultados son similares a los encontrados por Schmidt *et al*, (2014) y Jarrige (1981) quienes mencionan que la DISMO de los forrajes está estrechamente ligada a las paredes celulares, de forma que la materia orgánica aparentemente indigestible del forraje depende esencialmente de la fracción indigestible de las paredes, por lo que la variación de la digestibilidad de los forrajes entre variedades es mayor que la variación entre especies,

Al comparar los valores de DISMI estimados en esta investigación, con los trabajos de (López *et al*, 2014) quienes al estudiar el valor nutricional de ensilajes de rastrojos de piña con niveles crecientes de urea encontró valores entre 67,32 y 71,30 % que son mayores a los reportados en esta investigación y son superiores a los obtenidos por S (Sánchez y Soto, 1998) para forrajes frescos, como el pasto Estrella (53,8%) y el *Brachiaria ruzi* (53,7%), Los tratamientos evaluados poseen una buena digestibilidad, esto indica que su aprovechamiento por el rumiante podría ser mayor al que se puede esperar de forrajes tropicales como la Morera, el pasto Jaragua y el pasto Kikuyo (Estrada *et al*, 1998)



## CAPÍTULO 5. ASOCIACION DE SUBPRODUCTOS

*Este capítulo ha dado lugar a los siguientes trabajos:*

Ítalo Espinoza Guerra, Juan Avellaneda, León Montenegro, Adolfo Sánchez, Antón García, Andrés Martínez Marín. 2016. **Composición química y cinética de degradación ruminal in vitro del ensilado de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) con inclusión de residuos de frutas tropicales.** Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias (En revisión)

Ítalo Espinoza Guerra, Paola Carranza Boza, Diego Romero Garaycoa, Jorge Quintana Zamora, Christian Pérez, Andrés Martínez, Elena Angón. **Composición química del ensilaje de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de residuos agroindustriales (residuos de maracuyá, piña y plátano).** III Congreso Internacional de Ciencia Tecnología, Innovación y Emprendimiento. Book of Proceedings. Bolívar. Ecuador. ISBN: 978-9978-364-14-7. P. 349 - 354.

Espinoza, I., Medina M., Montenegro, L., Sánchez, A., Medina, M., Quintana, G., Vanoni, J., Hurtado, J., García, A. y Martínez, A. **Composición química y degradabilidad ruminal in vitro de subproductos de maracuyá (*Passiflora edulis*) y plátano (*Musa AAB*).** XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) y XV Congreso de la Sociedad Chilena de producción Animal, Chile 2015.

Espinoza I. Medina M., Montenegro L., Sánchez A., Herrera M., Quintana G., Peñafiel C., Pérez C., García A. y Martínez A. **Composición química y degradabilidad ruminal in situ de subproductos de maracuyá (*Passiflora edulis*) y plátano (*Musa AAB*).** XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) y XV Congreso de la Sociedad Chilena de producción Animal, Chile 2015.

### 5.1. Composición química y cinética de degradación ruminal *in vitro* del ensilado de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) con inclusión de residuos de frutas tropicales

#### -Introducción

El cultivo de pasto saboya (*Panicum maximum* Jacq.) está ampliamente extendido en las regiones tropicales de ambos hemisferios, jugando un papel muy importante en la alimentación del ganado vacuno (Aganga y Tshwenyane, 2004). Su producción marcadamente estacional constituye una limitación para la eficiente alimentación del ganado que, no obstante, puede superarse mediante la conservación de los excedentes en forma de ensilado, para su posterior utilización en el período seco (Chedly y Lee, 2001). La

edad más apropiada de corte para la elaboración de ensilaje de pasto saboya está comprendida entre 42 y 63 días (Castro *et al.*, 2010). Sin embargo, su bajo contenido de materia seca y carbohidratos fermentables, y su elevada capacidad tampón (Castro *et al.*, 2010; Coan *et al.*, 2007; Verdecia *et al.*, 2008) pueden dificultar el proceso de ensilado y afectar a la calidad nutritiva del producto final (Bolsen *et al.*, 1996). Los inconvenientes mencionados pueden compensarse con la inclusión en el ensilado de residuos del procesamiento de frutas tropicales (Pompeu *et al.*, 2006).

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 coste 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 (Boucque y Fiems, 1988; O'Donovan, 1975). De hecho, su composición química los hace especialmente adecuados para su uso en alimentación de rumiantes (Nambi-Kasozi *et al.*, 2016; Suksathit *et al.*, 2001; Vieira *et al.*, 1999). Su utilización en alimentación animal favorece la sostenibilidad ambiental, no compite con alimentación humana y transforma el residuo en input de otro proceso productivo, de acuerdo con el concepto de economía circular y a los principios de la bioeconomía propuestos por (Philippidis *et al.*, 2014).

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 (Cândido *et al.*, 2007; Da Cruz *et al.*, 2010; Reis *et al.*, 2000) y piña (Ferreira *et al.*, 2009; Pompeu *et al.*, 2006). Sin embargo, la información referida al ensilado de residuo de plátano con gramíneas tropicales es limitada (Dormond *et al.*, 2011). Además, datos referidos al ensilaje de pasto saboya en combinación con los tres residuos mencionados es muy escasa. (Preston, 1986) señaló que la utilización apropiada de nuevos alimentos en las raciones del ganado requiere el conocimiento de su composición química y comportamiento digestivo.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la inclusión de residuo 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 materia seca, fibra neutro detergente y fibra ácido detergente.

## **-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 Facultad de Ciencias Pecuarias de la UTEQ. Se realizó un corte de igualación y se cosechó a los 45 días, no se realizó fertilización ni riego. Los residuos de maracuyá, plátano y piña se obtuvieron de la empresa TROPFRUTAS 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. En la preparación de los ensilados, se utilizaron 24 silos experimentales (6 por tratamiento), construidos con tubos PVC de 30 cm de longitud por 10 cm de diámetro, con una capacidad de almacenamiento de 3 kg (Pereira *et al.*, 2005), modificados para la extracción de efluentes (Dormond *et al.*, 2011). Tanto el pasto como los residuos se picaron en una picadora de pasto SC Cevacos Trapp® ES 400 para reducir la longitud de las partículas 2 a 5 cm. El material se pesó 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 PVC, tornillos y cinta de embalaje. Los silos sellados se colocaron en un depósito a temperatura ambiente con iluminación natural, sin radiación solar directa. La apertura de los silos se hizo tras 60 días de almacenamiento y se recogieron muestras representativas de los microsilos de cada uno de los tratamientos para el estudio de su composición química. Estas muestras se secaron en estufa Memmert® a 65 °C durante 48 horas y posteriormente se trituraron en un molino Thomas Willy® con criba de 2 mm.

En las muestras de pasto saboya, los tres residuos, y los ensilados se determinó el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas y proteína bruta (PB), de acuerdo con los métodos de (AOAC, 1990), y de fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD), con el procedimiento de ANKOM Technology, 2008a.

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 los microsilos correspondientes a los mismos. Se siguió el protocolo recomendado por el fabricante del sistema de incubación DAISY II<sup>®</sup> (ANKOM Technology, 2008b), usando bolsas filtro ANKOM F-57 (Ankom Technology, Macedon, NY, EUA) con tamaño de poro de 25 µm y dimensiones de 5 x 4 cm fabricadas de poliéster/polietileno con filamentos extruidos en una matriz de tres dimensiones (Giraldo *et al.*, 2007). En cada bolsa se introdujeron 0,5 g de muestra molida y luego se sellaron con prensa térmica. Por cada tratamiento y tiempo de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas), 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. La relación entre la solución tampón y el líquido ruminal fue 3:2. El inóculo ruminal se obtuvo de tres bovinos Brahman de 500 kg ± 25 kg de peso vivo, castrados y fistulados en el rumen, mantenidos en pastoreo libre sobre pasto saboya. El inóculo ruminal se extrajo con una bomba de vacío en termos aclimatados a 39 °C y se trasladó inmediatamente al laboratorio, donde se filtró y saturó con CO<sub>2</sub> y se colocó junto con la solución tampón en las farras de fermentación. 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 a 65 °C durante 48 horas, 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  $p = a + b \times (1 - e^{-ct})$  [26], 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<sup>-1</sup>). 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<sup>-1</sup> (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 calcularon con el modo de resolución GRG NONLINEAR de la función SOLVER de Microsoft EXCEL<sup>®</sup>.

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. 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 5.1). 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 (Castro *et al.*, 2010) y (Pompeu *et al.*, 2006) respectivamente. Los valores obtenidos en los residuos de plátano y piña mostraron variaciones con los reportados por otros autores (Dormond *et al.*, 2011; López-Herrera *et al.*, 2014; Lousada *et al.*, 2008; Pompeu *et al.*, 2006), 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 (Tabla 5.2). 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 (Tabla 5.1). De hecho, los resultados de (Neiva *et al.*, 2006; Pompeu *et al.*, 2006; Reis *et al.*, 2000), entre otros autores, 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 (Tabla 5.1) y están en coincidencia con los cambios observados en los ensilados de forrajes en respuesta a la inclusión de residuos de frutas (Bonfá, 2014; Ferreira *et al.*, 2007). 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 (Bonfá, 2014; Pompeu *et al.*, 2006) y en coincidencia con las observaciones de (Dormond *et al.*, 2011; Reis *et al.*, 2000). 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 (Bonfá, 2014; Pompeu *et al.*, 2006), mientras que los productos utilizados en nuestro trabajo (Tabla 5.1) y los de (Dormond *et al.*, 2011; Reis *et al.*, 2000), 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 (Bonfá, 2014; Ferreira *et al.*, 2007; Pompeu *et al.*, 2006). 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 y los estudios previos indican que la composición química de los subproductos en relación 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 5.3). 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 que de los restantes alimentos utilizados en los ensilados (Castro *et al.*, 2010; Happi-Emaga *et al.*, 2008; Lousada *et al.*, 2008; Negesse *et al.*, 2009), 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 (Grabber *et al.*, 2009). 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 de degradación horaria y la DP.

(Bhargava y Orskov, 1987) 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 esta en coincidencia 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 (Ferreira *et al.*, 2009; Neiva *et al.*, 2006; Neiva *et al.*, 2006; Reis *et al.*, 2000).

**Tabla 5. 1. 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

**Tabla 5. 2. Composición química de los ensilajes de pasto saboya con inclusión de residuos de frutas**

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

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

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

## 5.2. Composición química del ensilaje de pasto saboya con diferentes niveles de inclusión de residuos agroindustriales (residuos de maracuyá, piña y plátano)

### **-Introducción**

La industrialización de las frutas acarrea la obtención de subproductos, como la cáscara de maracuyá y piña, pero los avances en los esquemas alternativos de producción animal en el trópico han permitido el uso de la cáscara fresca y seca como suplemento en la alimentación de ganado de leche y carne.

La disponibilidad nacional del maracuyá es 191.168 TM/año. Al optimizar este recurso de manera integral se puede obtener un valor agregado para la alimentación de rumiantes (Bermeo, 2005). Debido a la creciente demanda, la producción mundial de plátano pasó de 30 millones de toneladas producidas en el año 2000 a 37 millones de toneladas en el 2012 (Henaó *et al.*, 2011).

### **-Metodología**

La investigación se llevó a cabo en la Finca Experimental “La María”, Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad Técnica Estatal de Quevedo (FCP-UTEQ). Localizada en el kilómetro siete de la vía Quevedo – El Empalme, Provincia de Los Ríos.

Se analizó el valor nutricional de MS, MO, MI, PB (AOAC, 1990), FDN y FDA (ANKOM Technology, 2008) del pasto saboya, los subproductos y los ensilajes con un tiempo de almacenamiento de 60 días. Los datos se analizaron bajo un Diseño Completamente al Azar. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error con el procedimiento GLM del programa estadístico SAS (SAS Intitute, 2002).

## -Resultados

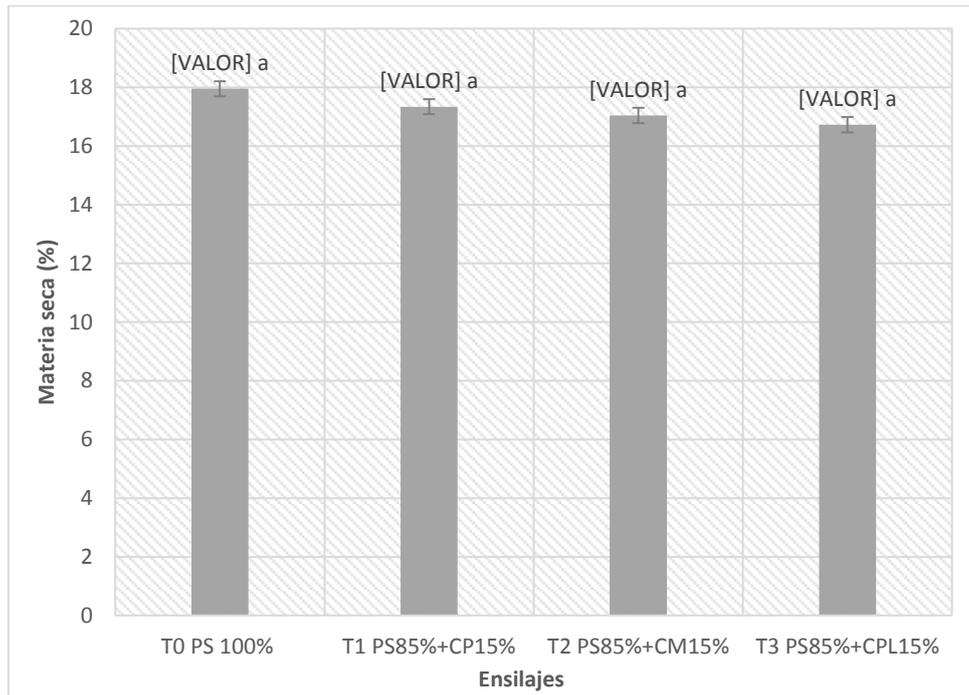


Figura 5. 1 Contenido de materia seca (MS) de ensilajes de pasto saboya 100% y con inclusión del 15% de subproductos de piña, maracuyá y plátano.

PS: Pasto saboya; CP: Cáscara de piña; CM: Cáscara de maracuyá; CPL: Cáscara de plátano; ab: medias con letras en común no son estadísticamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

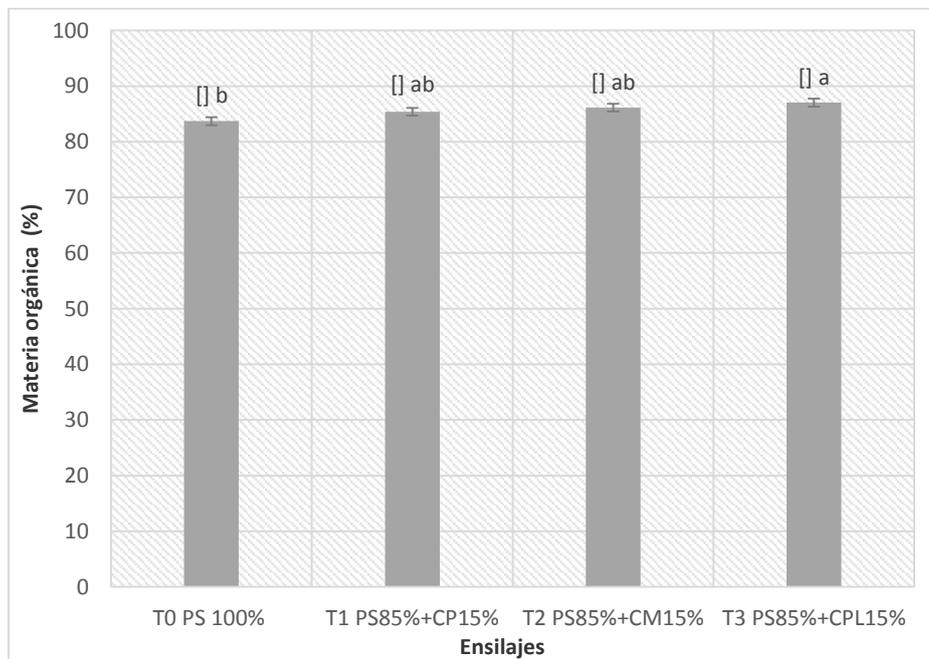


Figura 5. 2 Contenido de materia orgánica (MO) de ensilajes de pasto saboya 100% y con inclusión del 15% de subproductos de piña, maracuyá y plátano.

PS: Pasto saboya; CP: Cáscara de piña; CM: Cáscara de maracuyá; CPL: Cáscara de plátano; ab: medias con letras en común no son estadísticamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

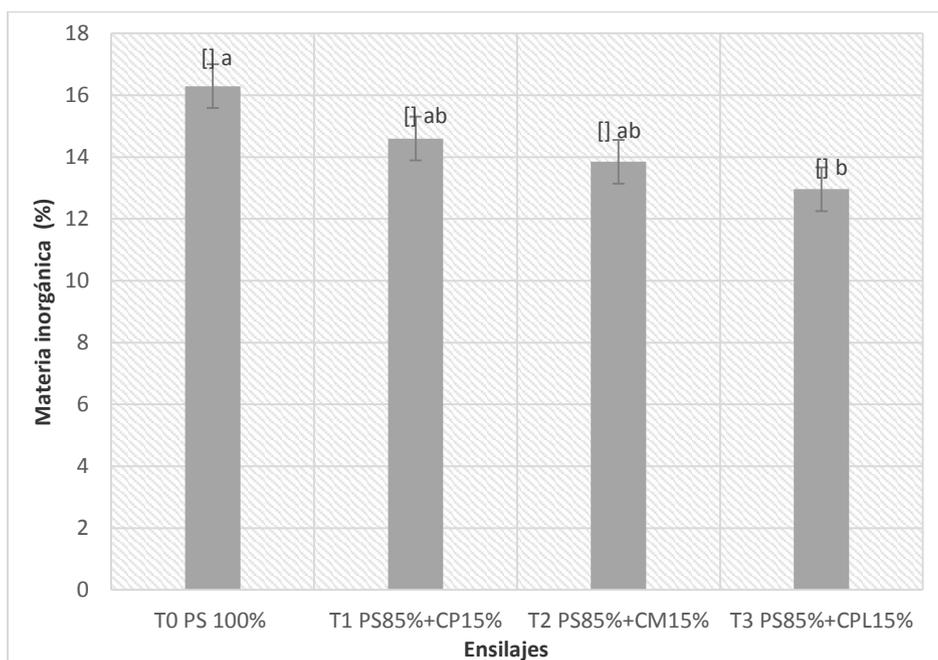


Figura 5. 3. Figura. 3 Contenido de materia inorgánica (MI) de ensilajes de pasto saboya 100% y con inclusión del 15% de subproductos de piña, maracuyá y plátano.

PS: Pasto saboya; CP: Cáscara de piña; CM: Cáscara de maracuyá; CPL: Cáscara de plátano; ab: medias con letras en común no son estadísticamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

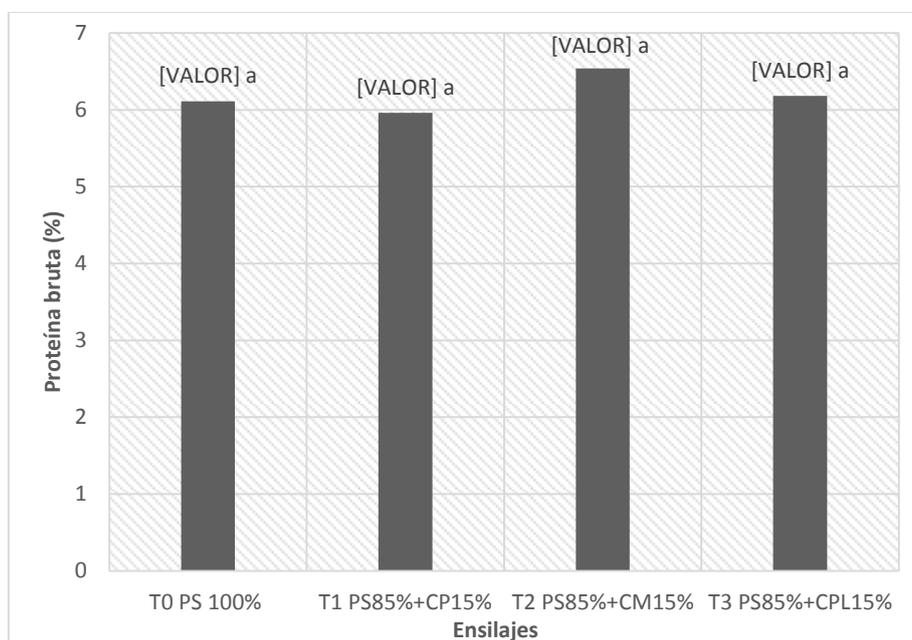


Figura 5. 4. Contenido de proteína bruta (PB) de ensilajes de pasto saboya 100% y con inclusión del 15% de subproductos de piña, maracuyá y plátano.

PS: Pasto saboya; CP: Cáscara de piña; CM: Cáscara de maracuyá; CPL: Cáscara de plátano; ab: medias con letras en común no son estadísticamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

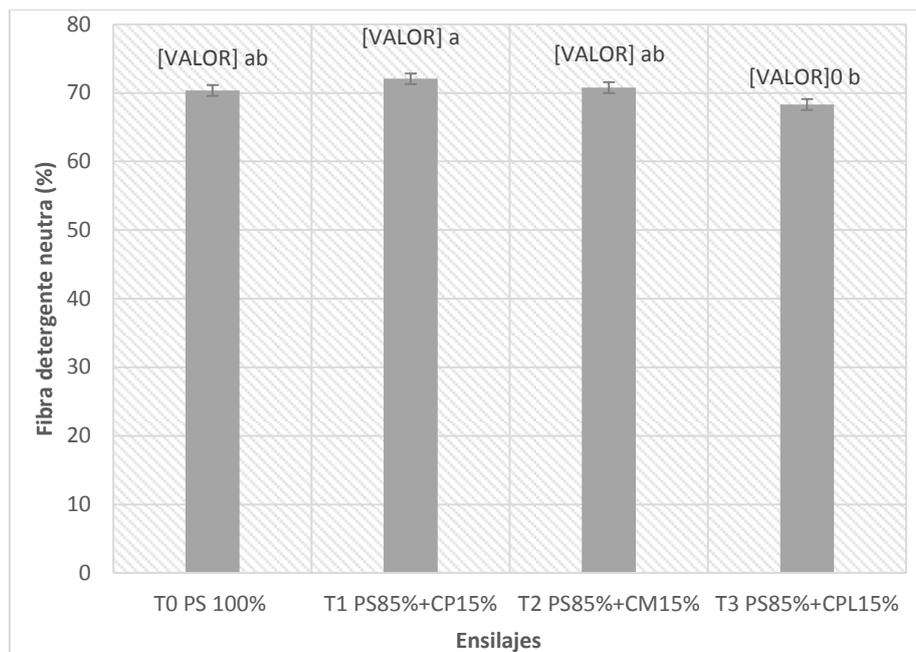


Figura 5. 5. Contenido de fibra detergente neutro (FDN) de ensilajes de pasto saboya 100% y con inclusión del 15% de subproductos de piña, maracuyá y plátano.

PS: Pasto saboya; CP: Cáscara de piña; CM: Cáscara de maracuyá; CPL: Cáscara de plátano; ab: medias con letras en común no son estadísticamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

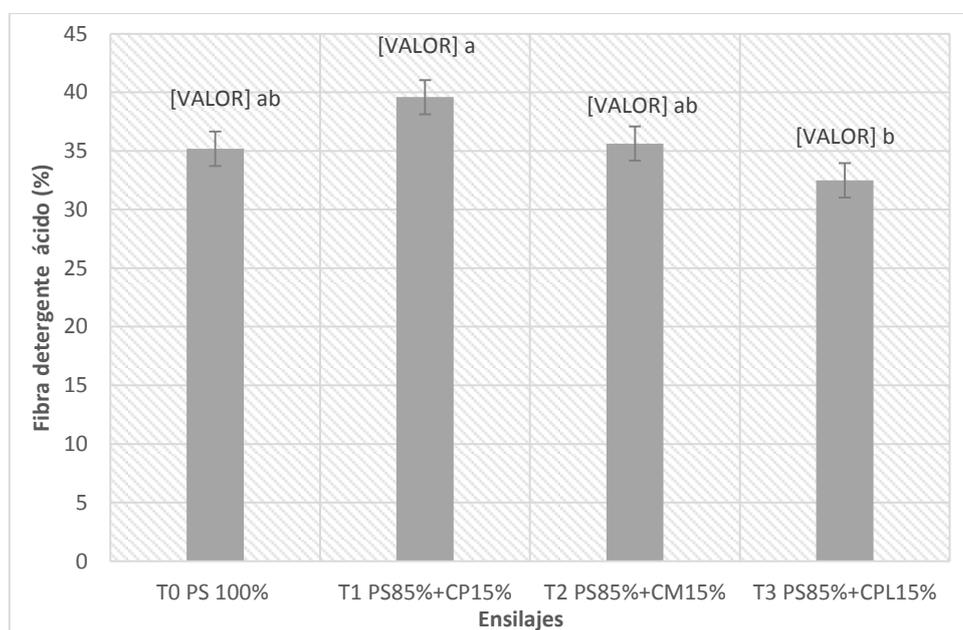


Figura 5. 6. Contenido de fibra detergente ácido (FDA) de ensilajes de pasto saboya 100% y con inclusión del 15% de subproductos de piña, maracuyá y plátano.

PS: Pasto saboya; CP: Cáscara de piña; CM: Cáscara de maracuyá; CPL: Cáscara de plátano; ab: medias con letras en común no son estadísticamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

### 5.3. Composición química y degradabilidad ruminal in vitro de subproductos de maracuyá (*Passiflora edulis*) y plátano (*musa AAB*)

#### -Introducción

En el Ecuador se generan anualmente miles de toneladas de residuos agrícolas que podrían ser utilizados como alimentación suplementaria para los animales, lo que aportaría indudables ventajas económicas y ambientales. La estrategia de valorización de tales residuos debe determinar por una parte, cuáles son los subproductos agroindustriales de mayor valor forrajero, atendiendo a su composición química, valor nutritivo y a su palatabilidad, así como estudiar las técnicas de conservación y mejora de los mismos. Pero por otro lado se deben contemplar una serie de criterios adicionales, tales como el calendario y volumen de producción, localización de las áreas que los generan, relación con las zonas de mayor consumo potencial y coste del transporte (Salazar, 2007).

En general, las características de los residuos agroindustriales son muy variadas, dependen de la materia prima y del proceso que los generó, no obstante, comparten una característica principal que es el contenido de materia orgánica, constituida por diferentes porcentajes de celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina. Por ser la materia orgánica su principal componente, en la práctica se les denomina “residuos orgánicos”, dentro de este rubro se incluyen otros residuos, como los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, la hojarasca de parques y jardines, así como los residuos domésticos y residuos sólidos municipales (Saval, 2012).

La estrategia que plantea este trabajo es una mayor integración de los sistemas de producción agrícolas y agroindustrial con los sistemas de producción ganadera para aprovechar los residuos de cosecha o de los procesos de industrialización con el objetivo de diseñar sistemas de suplementación, para lo cual se requiere explotar diversas alternativas de las cuales están los residuos de la industria de frutas y hortalizas (Conde y Sandoval, 2013).

En el Ecuador la provincia donde se concentra el mayor hectareaje y producción de Maracuyá (*Edulis pasiflora*) es la Provincia de Los Ríos con 18.605 hectáreas y una producción de 204.013TM, seguida de la Provincias de Manabí que cuenta con 4.481

hectáreas y una producción de 27.407 TM, la Provincias de Guayas 2.309 has y 9.200 TM y la provincia de Esmeraldas 1.514 hectáreas y 5.698 TM (III Censo Nacional Agropecuario 2000, citado por Espinoza, 2012). El Maracuyá industrialmente se utiliza para la preparación de concentrados, pulpas, néctares, mermeladas y jugos, la cáscara que es el residuo, constituye aproximadamente el 52 % del peso de la fruta y es utilizada en la elaboración de raciones alimenticias para animales, abonos, obtención de pectina y fibra dietética (Contreras *et al.*, citado por Espinoza, 2012). La Cáscaras de maracuyá es un residuo vegetal y muchas personas los utilizan como fuentes alternativas de alimento para animales (Astuti, citado por Espinoza, 2012). Los residuos agro-industriales de subproductos de la cáscara de maracuyá se utilizan como alimento, sobre todo como forraje (Sompong, citado por Espinoza, 2012). El cultivo de maracuyá no es estacional, por lo que puede obtenerse en cualquier momento las cáscaras de maracuyá tiene un contenido de proteína cruda 7,32%, que es similar a las gramíneas, se trata de una cáscara de fruta potencial para sustituir de forraje en el uso para la alimentación animal (Astuti, citado por Espinoza, 2012).

Cuando se cosecha el racimo de plátano, solo se está utilizando del 20 al 30% de su biomasa, quedando de un 70 a 80% por utilizar, lo que ha generado una de las principales problemáticas ambientales, puesto que en la mayoría de los casos son incinerados o vertidos a los causes receptores sin tratamiento previo, contribuyendo a la degradación del ecosistema; aunque, algunos productores aprovechan los residuos en la plantación en forma de abono verde y alimentación animal (Meneses *et al.*, 2012). Con estos antecedentes descritos se plantea esta investigación que plantea realizar la degradabilidad *in vitro* de subproductos de maracuyá.

### **-Materiales y métodos**

El experimento se realizó en laboratorio de Rumiología en la Finca experimental “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7 de la Vía Quevedo-El Empalme. En el cantón Mocache, provincia de Los Ríos, a una altura de 73 m sobre el nivel del mar. La precipitación promedio anual de 1690mm. Fueron estudiados cuatro niveles de inclusión de residuos de cascara de maracuyá (RCM) (10, 20, 30 y 40%) en relación al pasto saboya. En la elaboración de los ensilajes experimentales se utilizó el pasto saboya (*Panicum maximum*) de una plantación ya establecida en la finca Experimental La María, de la UTEQ.

La hierba fue cortada manualmente a los 35 días de edad y se molió posteriormente en la picadora de forraje. El residuo maracuyá utilizado en el experimento se recolectó de la empresa productora de jugo Tropifrutas, en la ciudad de Quevedo. Se elaboraron microsilos utilizando tubos PVC de 4 pulgadas con una dimensión de 30 cm de altura x 10 cm de ancho en el cual se sellaron la parte inferior con un tapón para tubos y se colocó una manguera para permitir la salida de fluidos, una vez elaborados se procedió a al llenado y comprimido con el material vegetativo en cada micro silo se colocaron 3 kg entre pasto Saboya previamente picado a un tamaño de partícula entre  $\frac{1}{2}$  y 1 antes del sellado se colocó los porcentajes de cascara de maracuyá (10, 20,30 y 40%) en cada silo, posteriormente se sellaron los microsilos con un tapón superior se colocaron tonillos para asegurar la tapa y se sellaron con cinta de embalaje.

Una vez llenos todos los microsilos fueron almacenados por un periodo de 35 días a temperatura ambiente dentro de un depósito con iluminación natural 12 horas luz – 12 horas oscuridad, sin radiación solar directa, se procedió a la apertura a los 35 días de ensilaje, al abrirlos se tomaron muestras representativas de aproximadamente 500 gramos en cada uno, previa homogenización del material ensilado, las muestras se colocaron en una estufa a 65° C por 48 horas, para luego ser molidas en un molino de laboratorio Thomas Willy con criba de 2 milímetros. De cada muestra se realizó el análisis proximal (Materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas (C), proteína (P), energía (E), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA), hemicelulosa, lignina, calcio (ca) y fósforo (P), luego se llenaron las respectivas bolsitas para realizar la degradabilidad *in situ* en tiempo de 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas posteriormente del periodo de incubación se realizó los análisis de degradabilidad de materia seca (DIMS), degradabilidad de la materia orgánica (DIMO) y degradabilidad de la materia orgánica (DIMI).

La digestibilidad *in situ* de la MS, MO y MI se determinó utilizando la técnica de bolsa de nylon para lo cual se usaron tres bovinos (Brahman) castrados y fistulados del rumen de 400 kg± de peso vivo. Para cada tratamiento, en cada repetición se usaron tres bovinos. Para cada corrida se utilizaron siete bolsas de nylon 10 x 21 cm y 53 mm de tamaño de poro, que contenían cada una 10 g de muestra molida, seis bolsas se suspendieron en la parte ventral del rumen, con una secuencia de incubación de 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 h. la desaparición del

material en la hora cero, fue estimada en la séptima bolsa sin incubar en el rumen, lavándola de la misma manera que las demás. Durante la prueba los bovinos fueron alimentados con pasto saboya a libre acceso. Posteriormente las bolsas fueron secadas en una estufa a 60 °C durante 48 h; al residuo de cada bolsa en cada periodo de incubación se le determinó su contenido de MS, MO y MI, cuyo porcentaje de desaparición se estimó por diferencia utilizando la ecuación de Orskov y McDonald (1980). Los parámetros no lineales, así como la desaparición DIMS, DIMO y DIMI fueron calculados por medio del paquete computacional SAS. Los valores obtenidos en todas las variables fueron analizados según un diseño de bloques completos al azar. Se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de las medias bajo los niveles de probabilidad de  $P < 0,05$ .

### **-Resultados y Discusion**

Los resultados de la degradabilidad *in vitro* de la materia seca de los residuos agroindustriales de cascara de maracuyá, cascara de plátano y semilla de maracuyá se muestran en la Tabla 5.4. Se encontró diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) entre los tratamientos con respecto a los coeficientes de degradabilidad *in vitro* de la materia seca a las 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas de incubación anaeróbica *in vitro*, siendo el de mejor comportamiento la cascara de plátano, en comparación con la cascara de maracuyá y semilla de maracuyá. La mayor degradabilidad *in vitro* de la cascara de plátano puede deberse a la mayor presencia de carbohidratos de fácil fermentación en comparación con la cascara de maracuyá y semilla de maracuyá, causando una mejor degradabilidad *in vitro* por parte de los microorganismos ruminales.

Arce (2015) investigó la degradabilidad *in situ* del pasto saboya más la inclusión de varias concentraciones de cascará de maracuyá en la nutrición de rumiantes encontró una mayor degradabilidad de la cascara de maracuyá a las 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas de incubación ruminal atribuyéndose al mayor contenido de carbohidratos solubles.

**Tabla 5. 4. Degradabilidad in vitro de la materia seca de subproductos agroindustriales en la nutrición de rumiantes.**

Horas de Incubacion ruminal	T1 Cascara de maracuya	T2 Cascara de platano	T3 Semilla de maracuya	EEM	CV%	p≤
0	7,56 <sup>a</sup>	10,81 <sup>a</sup>	6,68 <sup>a</sup>	1,04	37,28	0,085
3	14,88 <sup>a</sup>	14,74 <sup>a</sup>	10,09 <sup>a</sup>	1,12	25,45	0,0424
6	16,31 <sup>ab</sup>	19,45 <sup>a</sup>	11,93 <sup>b</sup>	1,23	23,37	0,011
12	25,76 <sup>b</sup>	32,78 <sup>a</sup>	14,51 <sup>c</sup>	0,8	9,86	≤,0001
24	44,13 <sup>a</sup>	49,80 <sup>a</sup>	17,87 <sup>b</sup>	1,79	14,41	≤,0001
48	58,84 <sup>a</sup>	6,86 <sup>a</sup>	20,48 <sup>b</sup>	1,01	6,40	≤,0001
72	60,95 <sup>b</sup>	72,87 <sup>a</sup>	23,53 <sup>c</sup>	1,53	8,77	≤,0001

EEM = Error estándar de la media; 1/ Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ( $p \leq 0,05$ )

En la Tabla 5.5, se muestra los resultados de la degradabilidad *in vitro* de la materia orgánica, indicando que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $P \geq 0,05$ ), a las 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas de incubación anaeróbica *in vitro* y el tratamiento que mejor comportamiento obtuvo fue la cascará de plátano debido a su mejor contenido mineral 9,33%. Estos resultados son inferiores a los reportados por (Junior *et al.*, 2005), quienes investigaron el consumo y digestibilidad de subproductos de procesamientos de frutas en ovinos, encontrando un valor de digestibilidad de la materia orgánica en cascará de maracuyá de 58,20% y un contenido de ceniza de 9,8%.

Los resultados de la composición química de los subproductos agroindustriales se encuentran en la (Tabla 5.6). (Junior *et al.*, 2008) evaluó la Caracterización físico-química de los subproductos obtenidos de la transformación de frutas tropicales para su uso en la alimentación animal encontró en la cascará de maracuyá un menor contenido de materia seca 83,33%, un mayor contenido de proteína 12,36% un menor contenido de fibra detergente neutra 56,15% y un mayor contenido de fibra detergente acida 48,90%. Así mismo Perea *et al.*, 2013, evaluó la caracterización bromatológica de especies y subproductos vegetales en el trópico húmedo de Colombia, donde encontraron un porcentaje de 91,26% de materia seca, 12,96% de ceniza, valor superior de proteína de

9,59%, valor similar de 46,52 % de fibra detergente neutra, y valores inferiores de fibra detergente acida 16,60%.

**Tabla 5. 5. Degradabilidad in vitro de la materia orgánica de subproductos agroindustriales en la nutrición de rumiantes.**

Horas de Incubación ruminal	T1 Cascara de maracuyá	T2 Cascara de plátano	T3 Semilla de maracuyá	EEM	CV%	p≤
0	5,35 <sup>ab</sup>	6,65 <sup>a</sup>	3,43 <sup>b</sup>	0,5	29,39	0,0079
3	9,55 <sup>a</sup>	9,85 <sup>a</sup>	5,18 <sup>b</sup>	0,34	12,79	≤,0001
6	12,46 <sup>a</sup>	11,95 <sup>a</sup>	7,12 <sup>b</sup>	0,65	18,59	0,0004
12	26,75 <sup>a</sup>	29,83 <sup>a</sup>	9,44 <sup>b</sup>	0,85	11,71	≤,0001
24	36,53 <sup>b</sup>	43,40 <sup>a</sup>	12,16 <sup>c</sup>	1,16	11,42	≤,0001
48	45,83 <sup>b</sup>	50,79 <sup>a</sup>	14,88 <sup>c</sup>	0,93	7,56	≤,0001
72	51,97 <sup>b</sup>	57,21 <sup>a</sup>	18,01 <sup>c</sup>	0,87	6,16	≤,0001

EEM = Error estándar de la media; 1/ Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ( $p \leq 0,05$ )

**Tabla 5. 6. Composición química de los subproductos agroindustriales de cascara de maracuyá, semilla de maracuyá y cascara de plátano.**

Subproducto agroindustrial	Humedad	Materia seca parcial	Materia seca total	Materia orgánica	Ceniza	Proteína	Fibra detergente neutra	Fibra detergente acida
Cascara de maracuyá	86,45 <sup>1/</sup>	15,10	98,86	88,49	6,76	8,75	63,24	37,45
Semilla de maracuyá	89,45	13,59	93,88	89,79	5,67	10,54	70,75	30,73
Cascara de plátano	88,90	13,50	99,56	90,77	9,33	3,10	45,11	38,87

\*Los valores son expresados en porcentajes.

Por otra parte, (Moncao *et al.*, 2014), investigó la degradabilidad ruminal de la materia seca y de la fibra detergente neutra de la cascara de banano tratada con cal virgen, y en la composición química en el tratamiento de testigo (cascara de banano), obtuvo los siguientes resultados valores inferiores de materia seca 78,75%, porcentaje superior de proteína y

ceniza (9,13% y 13,38%), valor superior de fibra detergente neutra 50,15% y porcentaje inferior de fibra detergente ácida de 28,67%.

#### 5.4. Composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de subproductos de maracuyá (*Passiflora edulis*) y plátano (*Musa aab*).

##### -Introducción

Se estima que, del total de frutas procesadas, en la producción jugos y pulpas, se genera un 40% de los residuos agroindustriales (Bartholo, 1994). Los mismos siguen convirtiéndose en un gran problema no sólo ambiental sino económico, ya que las mismas empresas tienen que asumir altos costos de disposición de éstos (Yépez *et al.*, 2008). Para el uso racional de residuos agrícolas de la agroindustria en nutrición animal es necesario el conocimiento de su valor nutritivo (Bertipaglia *et al.*, 2000). Luego viene la necesidad de estudiar la viabilidad para incluir diversas fuentes de alimentos alternativos y cuantificar las respuestas de los animales en términos productivos y económicos, una alternativa es la introducción de subproductos agroindustriales en la dieta de los animales; sin embargo, la mayoría de estos alimentos no ha sido estudiado como su composición y sus niveles de utilización adecuadas económica y biológica en la producción animal Lousada *et al.*, 2002.

La desaparición de la materia seca (MS) por la incubación del alimento en el rumen a través de la técnica *in situ* permite evaluar alimentos para rumiantes en cuanto a su potencial de degradación. Esta metodología es simple y no requiere complicadas técnicas de laboratorio para alcanzar este objetivo (Ceballos *et al.*, 2008).

Por lo tanto los subproductos resultantes de estas dos cadenas agroalimentarias de gran importancia en nuestro medio (maracuyá y plátano) presentan una gran alternativa de suplementación alimenticia para rumiantes, motivo por el cual se planteó el presente trabajo de investigación con el objetivo de evaluar la composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca, materia orgánica y materia inorgánica de la cáscara y semillas de maracuyá (*Passiflora edulis*) y cascara de plátano (*Musa AAB*). Se determinó una buena composición química y alta degradabilidad ruminal de los mismos.

## **-Materiales y Metodos**

El experimento se realizó en laboratorio de Rumiología en la Finca experimental “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en el km 7 de la Vía Quevedo-El Empalme. En el cantón Mocache, provincia de Los Ríos, a una altura de 73 m sobre el nivel del mar. La precipitación promedio anual de 1.690 mm. Fueron estudiados tres residuos agrícolas, cascara de maracuyá (RCM), residuos de cáscara de plátano (RCP) y residuos de semilla de maracuyá (RSM). El residuo maracuyá utilizado en el experimento se recolecto de la empresa productora de jugo Tropifrutas, y RCP en la planta de alimentos de la Oriental en la ciudad de Quevedo.

Se tomaron muestras representativas de aproximadamente 500 gramos en cada uno de los residuos, previa homogenización del material, las muestras se colocaron en una estufa a 65°C por 48 horas, para luego ser molidas en un molino de laboratorio Thomas Willy con criba de 2 milímetros. De cada muestra se realizó el análisis proximal (Materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas (C), proteína (P), energía (E), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA), hemicelulosa, lignina, calcio (ca) y fósforo (P). Se utilizó tres animales Brahaman de 500 ± 25 kg de peso vivo, castrados y fistulados en el rumen a los cuales se les extrajo líquido ruminal con un sistema de succión al vacío, en termos aclimatados con agua previamente a 40°C. Se preparó con anterioridad la solución buffer (saliva artificial) con fosfato de sodio di-básico anhidro (3,6 g/Lt), bicarbonato de sodio (9,8 g/Lt) y cloruros de sodio (47 g/Lt), calcio (4 g/Lt), potasio (57 g /Lt) y magnesio (6 g/Lt), aclimatada en baño maría a 40 °C, a la cual determino el pH, siendo optimo 7±0.5, de no cumplir con ese requerimiento se niveló adicionando hidróxido de sodio (pH < 6,5) y/o ácido sulfúrico (pH >7,5). Se utilizó una relación solución buffer: líquido ruminal (3:2).

Previo a la incubación se encendió el sistema ANKOM DAISY II para mantener la temperatura requerida de 40°C ± 0,5. Esta temperatura y condiciones simulan el estado del rumen por lo cual en el proceso de mezcla del líquido ruminal (9,6 Lt) y solución buffer (14,4 Lt) se mantuvo en presencia de CO<sub>2</sub> para evitar perdida de los microorganismos anaeróbicos. Para la prueba de digestibilidad *in vitro* se depositaron 0,5 gramos de muestra molida a 2 mm en el interior de bolsas ANKOM F-57 de tamaño de poro de 25 µm y dimensiones de 5 x 4 cm fabricadas de poliéster/polietileno con filamentos extruidos en una matriz de tres dimensiones, de acuerdo a la metodología planteada por (ANKOM Technology, 2008).

Incubando el material a 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas, por cada tratamiento se prepararon seis muestras. Finalmente se retiraron las muestras para ser lavadas con agua corriente, y secadas en una estufa Memmert a 65 °C por 48 horas. Para los cálculos respectivos de degradabilidad *in vitro* (DIV) de la MS, MO y MI.

### -Resultados y discusión

En la Tabla 5.7 se presentan los resultados del análisis químico de los subproductos evaluados.

**Tabla 5. 7. Composición química de la cáscara, semillas de maracuyá (*Passiflora edulis*) y cáscara de plátano (*Musa AAB*).**

Contenido (%)	Cáscara de maracuyá	Cáscara de plátano	Semilla de maracuyá
<i>MSP</i>	15,10	13,50	90,00
<i>MST</i>	98,86	99,56	93,88
<i>MO</i>	89,46	89,30	97,21
<i>MI</i>	10,54	10,70	2,79
<i>PB</i>	14,55	8,16	16,56
<i>GB</i>	2,98	4,91	9,60
<i>FDN</i>	63,24	45,11	70,75
<i>FDA</i>	37,45	38,87	30,73

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

El mayor contenido de materia seca parcial *MSP* se obtuvo de la semilla de maracuyá (*SM*) con 90%, seguido de la cascara de maracuyá (*CM*) con 15,10%, consecutivamente la cascara de plátano (*CP*) con 13,50%, resultados superiores a los reportados por (Viera *et al.*, 1999) quienes determinaron 10.78% de *MSP* en la *CM*. La cáscara de plátano (*CP*) presento el mayor porcentaje de *MST* (99,56) seguido de la *CM* (98,86), la *SM* presento el menor (93,88), resultados superiores a los obtenidos por (Espinoza *et al.*, 2014), en *CM* (94,38); (Monção *et al.*, 2014), en *CP* (78,75) y (Martínez *et al.*, 2011) en *SM* (92,40).

En el contenido de MO (%) la SM reporto el mayor porcentaje (97,21), consecuentemente la CM y CP presentaron porcentajes similares (89.46 y 89.30 respectivamente). El porcentaje de MI fue mayor en la CP (10,70) y CM (10,54), en la SM se encontró 2,79%, superiores a los demostrados por (Togashi *et al.*, 2007) en SM (1,4), e inferiores a los reportados por (Regadas, *et al.*, 2011 y Monção *et al.*, 2014) en CM (13,27) y CP (13,38).

La PB fue superior en las SM, con 16,56%, seguido por CM con 14,55% y CP con 8,16%, resultados superiores a los indicados por (Viera *et al.*, 1999) en CM (9,82) y (Togashi *et al.*, 2007) en SM (14,45), e inferior en la CP a la reportada por (Valdivié *et al.*, 2008) que encontraron 9,5%.

En el contenido de GB el mayor porcentaje lo obtuvo la SM (9,60), resultado inferior al reportado por (Togashi *et al.*, 2007) (24,5%), consecutivamente la CM (2,98), fue superior a lo indicado por (Cazarin *et al.*, 2014) quienes determinaron 0,31%. Mientras en la CP (4,91) el contenido fue inferior a lo demostrado por (Valdivié *et al.*, 2008) con 8,3%. El porcentaje de FDN fue superior en la SM (70,75), en la CM se obtuvo 63,24 y en la CP 45,11%. La FDA (%), fue similar en las cascaras 38,87 (CP) y 37,45 (CM) la SM obtuvo 30,73% en esta fracción, estos parámetros fueron similares a los reportados por (Regadas *et al.*, 2011) quienes obtuvieron 64,40 y 43,76 respectivamente en CM. Sin embargo en la CP fueron inferiores a los indicados por (Dormond *et al.*, 2011) 50,10 y 42,80 para FDN y FDA respectivamente.

#### **Degradabilidad *in situ* de la materia seca de los subproductos de maracuyá y plátano.**

La degradabilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) se demuestra en la Tabla 5.8. La DISMS en el tiempo de incubación de 0 horas fue superior ( $P<0,05$ ) en la cascara de plátano (CP), con 45,76% seguido de la cáscara de maracuyá (CM) con 35,46%, la semilla de maracuyá (SM) obtuvo el porcentaje más bajo (23,67). En el intervalo de 3 horas continuando la misma tendencia la SM presento la DISMS más baja con 32,38% mientras que las cascaras obtuvieron 50,12 (CM) y 38,22% (CP) respectivamente. La DISMS (%), en el periodo de incubación de 6 horas fue mayor ( $P<0,05$ ) en la CP (53,92), seguido de CM (41,12) y SM (36,00) con el promedio más bajo. A las 12 horas la DISMS fue superior ( $P<0,05$ ) en la CP, continuando, CM y SM respectivamente con 68,52; 57,24 y 38,16%.

**Tabla 5. 8. Degradabilidad in situ de la materia seca de la cáscara, semillas de maracuyá (*Passiflora edulis*) y cáscara de plátano (*Musa AAB*).**

Incubación Ruminal (horas)	Cáscara de Maracuyá	Cáscara de Plátano	Semilla de Maracuyá	EEM	CV	P<
0	35,46 <sup>b</sup>	45,76 <sup>a</sup>	23,67 <sup>c</sup>	0,83	7,12	0,0011
3	38,22 <sup>b</sup>	50,12 <sup>a</sup>	32,38 <sup>c</sup>	0,56	4,17	0,0005
6	41,12 <sup>b</sup>	53,92 <sup>a</sup>	36,00 <sup>c</sup>	0,51	3,58	0,0004
12	57,24 <sup>b</sup>	68,52 <sup>a</sup>	38,16 <sup>c</sup>	0,87	4,77	0,0004
24	74,09 <sup>b</sup>	80,15 <sup>a</sup>	39,65 <sup>c</sup>	0,13	0,61	<,0001
48	74,94 <sup>b</sup>	87,50 <sup>a</sup>	40,64 <sup>c</sup>	0,09	0,43	<,0001
72	78,75 <sup>b</sup>	89,05 <sup>a</sup>	41,09 <sup>c</sup>	0,99	4,27	<,0001

*EEM*: Error Estándar de la Media; *P*<: Probabilidad; *CV*: Coeficiente de Variación;

<sup>abc</sup> Promedios en cada fila con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey  $P \leq 0,05$ ).

Con la incubación ruminal de 24 horas, la CP obtuvo la mejor tasa de DISMS (80,15%), consecutivamente, la CM (74,09%) y SM (39,65%). Tendencia igualmente registrada a las 48 y 72 horas CP (87,50 y 89,05%), CM (74,94 y 78,75%) y SM (40,64 y 41,09%) respectivamente. Esta marcada tendencia de mayor degradación en la CP puede deberse principalmente al bajo contenido de FDN de este subproducto (Tabla 5.7), ya que estas fracciones de fibra son indicadores indirectos de la digestibilidad (Gallardo y Gaggiotti, 2004). De manera gráfica se demuestra estas interacciones en la (Figura 5.7) la semilla de maracuyá (SM) presentó una DISMS estable a través de los periodos de incubación. La DISMS de la cascara de maracuyá (CM) en los periodos de incubación de 6 a 72 horas fueron inferiores a los reportados por (Viera *et al.*, 1999), quienes obtuvieron degradabilidades de 49% a las 6 horas hasta 80% en las 72 horas, no obstante, similares el tiempo 0 horas (34%). Para la cascara de plátano (CP) los valores obtenidos en esta investigación fueron superiores a los demostrados por (Monção *et al.*, 2014), quienes obtuvieron a las 0 horas 43,62% y a las 72 horas 76,01%.

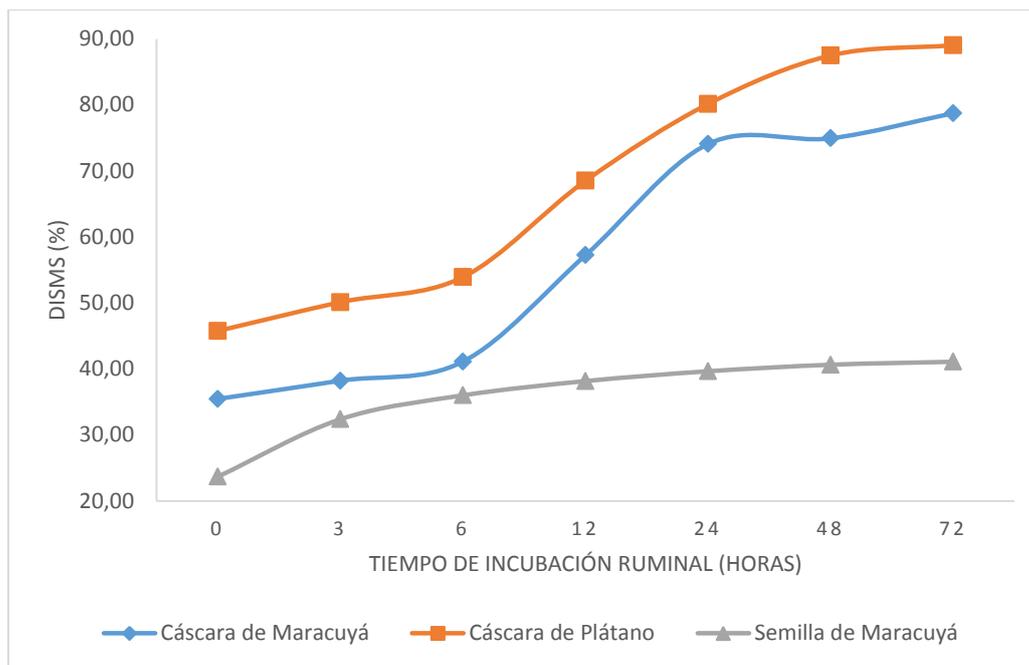


Figura 5. 7. Degradabilidad *in situ* de la materia seca de la cáscara, semillas de maracuyá (*Passiflora edulis*) y cáscara de plátano (*Musa AAB*).

#### Degradabilidad *in situ* de la materia orgánica de los subproductos de maracuyá y plátano.

Se encontraron diferencias ( $P < 0,05$ ) en la degradabilidad *in situ* de la materia orgánica (DISMO), en todos los intervalos de incubación. Se presentan a continuación en la siguiente Tabla 5.9.

En el intervalo de 0 horas el mayor porcentaje ( $P < 0,05$ ) de DISMO fue para la CP (40,47%), continuadamente CM (30,06%), SM (21,86%) con el menor promedio. La DISMO (%) en el periodo de incubación de 3 y 6 horas fue superior ( $P < 0,05$ ) en la CP (45,08 y 48,08%), la CM (33,80 y 36,36%) y SM (30,67 y 34,33%) fueron estadísticamente iguales. A las 12 horas de incubación ruminal el mayor porcentaje ( $P < 0,05$ ) de DISMO se obtuvo de la CP (65,51), continuadamente CM (53,61%) y SM (36,59%). De igual manera en el periodo de 24 horas, el mayor promedio reportó la RCP (78,45%), seguido de RCM (71,22%) y RSM (38,01%).

La DISMO (%) en el intervalo de incubación de 48 y 72 horas la cáscara de plátano (CP) obtuvo el mayor ( $p < 0,05$ ) promedio, con 86,66 y 88,33%, consecuentemente la cáscara de maracuyá (CM) con 72,26 y 76,58 y semillas de maracuyá (SM) con 38,59 y 39,20% con los promedios más bajo respectivamente. (Arce, 2015) encontró superiores valores de DISMO

en todos los periodos de incubación, promedios de 36,02 y 81,43% a las 0 y 72 horas respectivamente.

**Tabla 5. 9. Degradabilidad in situ de la materia orgánica de la cáscara, semillas de maracuyá (*Passiflora edulis*) y cáscara de plátano (*Musa AAB*).**

Incubación Ruminal (horas)	Cáscara de Maracuyá	Cáscara de Plátano	Semilla de Maracuyá	EEM	CV	P<
0	30,06 <sup>b</sup>	40,47 <sup>a</sup>	21,86 <sup>c</sup>	0,88	8,66	0,0027
3	33,80 <sup>b</sup>	45,08 <sup>a</sup>	30,67 <sup>b</sup>	0,60	5,03	0,0013
6	36,36 <sup>b</sup>	48,08 <sup>a</sup>	34,33 <sup>b</sup>	0,53	4,07	0,0009
12	53,61 <sup>b</sup>	65,51 <sup>a</sup>	36,59 <sup>c</sup>	0,86	4,99	0,0004
24	71,22 <sup>b</sup>	78,45 <sup>a</sup>	38,01 <sup>c</sup>	0,09	0,46	<,0001
48	72,26 <sup>b</sup>	86,66 <sup>a</sup>	38,59 <sup>c</sup>	0,12	0,56	<,0001
72	76,58 <sup>b</sup>	88,33 <sup>a</sup>	39,20 <sup>c</sup>	1,10	4,88	0,0001

*EEM*: Error Estándar de la Media; *P*<: Probabilidad; *CV*: Coeficiente de Variación;

abc Promedios en cada fila con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

En la Figura 5.8 se presenta los porcentajes de DISMO en los diferentes periodos de incubación. De igual forma la DISMO en la semilla de maracuyá fue relativamente estable en los periodos de incubación, sugiriendo una acción de fermentación microbiana ruminal más baja.

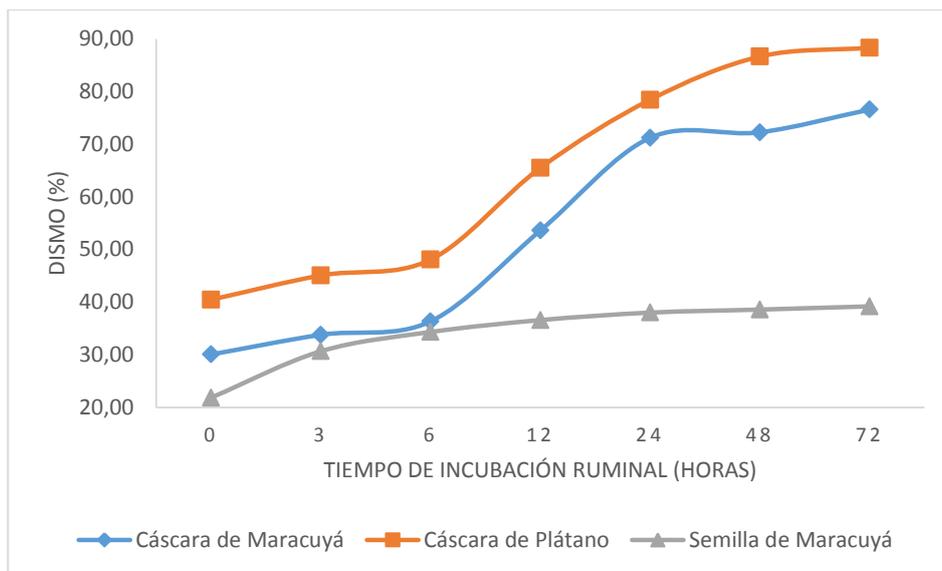


Figura 5. 8. Degradabilidad in situ de la materia orgánica de la cáscara, semillas de maracuyá (*Passiflora edulis*) y cáscara de plátano (*Musa AAB*).

### Degradabilidad *in situ* de la materia inorgánica de los subproductos de maracuyá y plátano.

La proporción de materia inorgánica (constituye las cenizas), se consideran representativas de los componentes inorgánicos del alimento, sin embargo, pueden incluir productos de origen orgánico como azufre y fósforo de las proteínas, en tanto que pueden producirse pérdidas de sustancias volátiles durante la combustión, como sodio, cloruros, potasio, fósforo y azufre. Por lo tanto, este indicador no es totalmente representativo del material inorgánico de los alimentos, por lo cual su medida es solo aproximada (McDonald *et al.*, 2006).

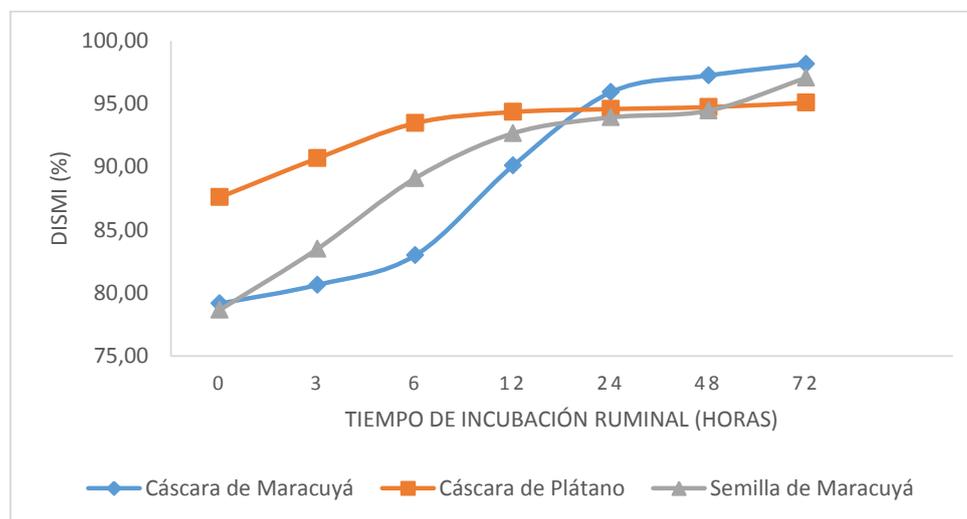
La degradabilidad *in situ* de la materia inorgánica (DISMI), en todos los intervalos de incubación, se presentan a continuación en la Tabla 5.10 y Figura 5.9. En el periodo de incubación de 0 y 3 horas la mayor DISMI se obtuvo de la CP con 87,59 y 90,68%, mientras que la CM (79,16 y 80,64%) y SM (78,65 y 83,50%) fueron estadísticamente iguales. En el intervalo de 6 horas la DISMI, CP fue superior ( $P < 0,05$ ), seguido de la SM y la CM respectivamente, 93,47; 89,10 y 82,98%. La DISMI (%), el periodo de incubación de 12 horas no presentó diferencias ( $P > 0,05$ ), no obstante, el mayor promedio se obtuvo con la CP (94,35%), seguido de RSM (92,66%) y RCM (90,09%). A las 24 horas no existió diferencias ( $P > 0,05$ ) en la DISMI, sin embargo, la RCM (95,92%) tuvo el mayor promedio,

consecuentemente la RCP (94,58%) y RSM (93,92%). En el intervalo de 48 y 72 horas se encontró diferencias ( $P < 0,05$ ) a las 72 horas, los valores obtenidos fueron 97,25 y 98,16% para la RCM, 94,74 y 95,08% para la RCP y la RSM con 94,46 y 97,06% respectivamente.

**Tabla 5. 10. Degradabilidad in situ de la materia inorgánica de la cáscara, semillas de maracuyá (*Passiflora edulis*) y cáscara de plátano (*Musa AAB*).**

Incubación Ruminal (horas)	Cáscara de Maracuyá	Cáscara de Plátano	Semilla de Maracuyá	EEM	CV	P<
0	79,16 b	87,59 a	78,65 b	0,87	3,19	0,0233
3	80,64 b	90,68 a	83,50 b	0,80	2,85	0,0164
6	82,98 c	93,47 a	89,10 b	0,47	1,61	0,0022
12	90,09 a	94,35 a	92,66 a	1,06	3,44	0,3539
24	95,92 a	94,58 a	93,92 a	0,53	1,67	0,3844
48	97,25 a	94,74 a	94,46 a	0,49	1,47	0,1277
72	98,16 a	95,08 b	97,06 ab	0,23	0,73	0,0147

*EEM*: Error Estándar de la Media; *P*<: Probabilidad; *CV*: Coeficiente de Variación; abc Promedios en cada fila con letras iguales no difieren estadísticamente (Tukey  $p \leq 0,05$ ).



**Figura 5. 9. Degradabilidad in situ de la materia inorgánica de la cáscara, semillas de maracuyá (*Passiflora edulis*) y cáscara de plátano (*Musa AAB*).**



## **III.- Conclusiones**



### **III. CONCLUSIONES**

#### **Respecto al Capítulo 1 y 2.**

En las regiones tropicales de Ecuador, existe un déficit importante en alimentación de rumiantes, marcado por la escasez de pastos en la época seca, la baja utilización de concentrados y el nulo (o bajo) nivel tecnológico. Por otra parte, son zonas muy ricas en la producción de subproductos y residuos agroindustriales que se utilizan de modo deficiente en alimentación animal.

La utilización de ensilado a pequeña escala constituye una alternativa de gran interés y de gran potencial en los sistemas de doble propósito. Adicionalmente, la asociación de subproductos y residuos con excedentes de pastos tropicales podría facilitar el proceso de ensilaje y mejorar el valor nutritivo del ensilado, a la vez que aseguraría la disponibilidad de alimentos de buena calidad durante los periodos de carestía.

Para el mejor aprovechamiento de los residuos agroindustriales en fresco o ensilados, solos o en combinación con forrajes, es necesario profundizar en el conocimiento de los subproductos en las distintas etapas tecnológicas. Algunas de las cuestiones se han abordado en el presente trabajo, como la caracterización de la producción, composición aptitud para el ensilaje del residuo de maracuyá solo o en combinación con forrajes tropicales. Igualmente, se han encontrado lagunas de conocimiento que han de determinar investigaciones futuras, como la necesidad de la valoración nutritiva in vivo del residuo de maracuyá y su repercusión en la calidad de la carne y la leche para el establecimiento de recomendaciones de uso en las raciones, así como el impacto económico y medioambiental de su utilización.

#### **Respecto al Capítulo 3.**

La combinación de residuo de maracuyá con pasto saboya podría ser una forma eficiente y aceptable medioambientalmente de utilizar el residuo en alimentación animal en el área tropical de producción. El residuo de maracuyá redujo el contenido de los carbohidratos menos digestibles y aumentó la degradabilidad efectiva de la materia seca. Los cambios en el

valor energético para rumiantes del ensilado se estimaron en 0,3 MJ por kilo de materia seca cuando el nivel de inclusión del residuo de maracuyá fue un 40% en peso fresco. Estas estimaciones tienen que ser confirmadas con animales en producción.

#### **Respecto al Capítulo 4.**

La combinación entre un 10 y un 40% sobre peso fresco de residuo de maracuyá con pasto saboya no tuvo efectos importantes sobre la microbiología ni la estabilidad aeróbica del ensilado. Todos los tratamientos mostraron una baja estabilidad aeróbica. Por otra parte, la degradación ruminal fue mayor en los ensilados que incluyeron 30 y 40% de residuo de maracuyá, lo indicaría un mayor valor nutritivo. El ensilado de pasto saboya con residuo de maracuyá podría sostener la productividad de los rebaños bovinos en la temporada seca. Sin embargo, la elevada inestabilidad aeróbica debe ser tomada en cuenta a la hora de manejar los ensilados para evitar pérdidas materiales y nutritivas.

#### **Respecto al Capítulo 5.**

El residuo de piña y, en menor medida, el de maracuyá mejoraron el valor nutritivo del ensilado de pasto saboya, mientras que el residuo de plátano tuvo un efecto neutro. Nuestros resultados sugieren que la combinación de pasto saboya con residuos de frutas tropicales para la elaboración de ensilados podría ser una forma eficiente de disponer de estos, reduciendo el riesgo medioambiental y contribuyendo a la mejora de la alimentación del ganado. Harían falta más estudios in vivo para establecer las mejores condiciones de uso de dichos ensilados en las raciones del ganado..

## **IV.- Resumen**



## IV. RESUMEN

En los países tropicales, el ensilado de forrajes se presenta como una alternativa viable para la época de escasez estacional de alimentos para el ganado. La combinación de residuos agroindustriales con los excedentes de forrajes para el ensilaje permitiría el aprovechamiento eficiente de los primeros y una mejora nutritiva de los segundos. El objetivo de la experiencia primera recogida en el 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 de edad. El ensilado 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.

El conocimiento de los subproductos agroindustriales y su utilización en alimentación animal ofrecen nuevas estrategias para el desarrollo de una ganadería sustentable en zonas tropicales. El objetivo de la segunda experiencia fue contribuir al conocimiento de la microbiología y la estabilidad aeróbica del ensilado de pasto saboya con inclusión de niveles crecientes de residuo de maracuyá, así como la cinética de degradación ruminal in situ del mismo. Se incluyeron cuatro niveles de residuo de maracuyá (10, 20, 30 y 40% en base fresca) en el ensilado de pasto saboya de 45 días de edad. El ensilado de los productos picados y homogeneizados se realizó en microsilos experimentales (5 réplicas por tratamiento). Tras 21 días, los microsilos se abrieron y se determinó la composición química, la carga microbiana, la estabilidad aeróbica  $-T^a$  y pH durante 6 días y la degradación in situ de la materia seca -0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas. La combinación de entre 10 y 40% sobre peso fresco de residuo de maracuyá con pasto saboya no tuvo efectos importantes sobre la

microbiología ni la estabilidad aeróbica del ensilado. En todos los tratamientos, se observó una baja estabilidad aeróbica con incremento de  $T^a$  superior a  $1^{\circ}C$  a los 6 días y del más de 0.5 unidades de pH tras 2 días. La degradación ruminal de la materia seca fue mayor ( $P<0,05$ ) en los ensilados que incluyeron 30 y 40% de residuo de maracuyá, lo que indicaría un mayor valor nutritivo. El ensilado de pasto saboya con residuo de maracuyá podría ser una forma eficiente y aceptable medioambientalmente de disponer de alimentos para sostener la productividad de los rebaños bovinos en la temporada seca. Sin embargo, la elevada inestabilidad aeróbica debe ser tenida en cuenta a la hora de manejar los ensilados para evitar pérdidas materiales y nutritivas.

El objetivo de la tercera experiencia fue estudiar el efecto de la combinación de 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 o piña o plátano. El ensilaje se realizó en microsilos experimentales (6 réplicas por tratamiento). Tras 60 días, 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, la fibra neutro detergente y la fibra ácido detergente, 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 materia seca 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 fibra neutro detergente y la fibra ácido detergente 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 estos, reduciendo el riesgo medioambiental y contribuyendo a la mejora de la alimentación del ganado.

## SUMMARY

In tropical countries, ensiling can be a viable way of preserving forages collected during the growing season and an effective method to dispose of agro-industrial by-products. The aim of this work (**First experience**) was to study the effects of mixing passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.) rind with 45 days (d) old saboya grass (*Megathyrsus maximus*) at increasing levels (10, 20, 30 and 40% as fresh matter) prior to silaging. Both products were chopped and thoroughly mixed, and introduced in experimental micro-silos (6 replicates per treatment) during 35 d. After opening the micro-silos, chemical composition and *in vitro* dry matter degradation at 0, 3, 6, 12, 24, 48 and 72 hours were determined. Acid detergent fibre content linearly decreased ( $P < 0.05$ ) and effective dry matter degradability linearly increased ( $P < 0.05$ ), due to a rise of both soluble and potentially degradable dry matter fractions, with the increasing levels of passion fruit rind. It was concluded that adding 40% passion fruit rind to 60% saboya grass could allow to improve the nutritive value of the obtained silage.

The knowledge of agro by-products and their inclusion in animal feeding offers new strategies for a sustainable livestock development in tropical areas. The aim of this study (**Second experience**) was to contribute to the knowledge in microbiology and aerobic stability of the Saboya-grass silages with increase levels of inclusion of passion fruit hulls, and its ruminal degradation kinetic *in situ*. Four levels of passion fruit hulls were added (10, 20, 30 y 40% on fresh basis) into saboya grass at 45 days. The silage of chopped and homogenized products was achieved in experimental micro-silos (five replicates per treatment). After 21 days, the micro-silos were opened and the chemical composition, microbial amount, the aerobic stability - $T^a$  y pH for 6 days (d) and the degradation of dry matter (DM) -0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 hours (h) were determined. Not important effects were found on the microbiology and the aerobic stability in the combination between 10 and 40% of the fresh weight of passion fruit hulls and saboya grass. All the treatments showed a low aerobic stability with an increase of  $T^a$  over  $1^{\circ}C$  after 6 d and more than 0.5 units of pH after 2 d. The DM degradation was higher in silages with 20% and 40% of passion fruit rind, which means a higher nutritional value. The silage of saboya grass added with passion fruit rind could be acceptable to the environment and an efficient way to dispose of forage in order to

sustain the productivity of the herd in dry seasons. However, the higher aerobic instability should be considered in the silage management and avoid losses materials and nutritional.

The aim of this work (**Third experience**) was to investigate the effects of mixing either passion fruit, pineapple or banana by-products with 45-day-old Guinea grass at 15% as fresh matter, prior to silaging. All products were chopped and thoroughly mixed, and introduced in experimental micro-silos (6 replicates per treatment) during 60 days. After opening the micro-silos, chemical composition and *in vitro* dry matter, NDF and ADF degradation at 0, 3, 6, 12, 24, 48 and 72 h were determined. The fruit by-products have few effects on silage composition. Effective degradability of dry matter was not different ( $P>0.05$ ) between silages with pineapple peels or passion fruit rind, both showing higher values ( $P<0.05$ ) than the guineas grass silage and that with banana peels. Effective degradability of NDF and ADF were higher ( $P<0.05$ ) in the silage that included pineapple peels and to a lesser extent in that with passionfruit rind than in the other silages. In tropical countries, ensiling can be a viable way of preserving forages collected during the growing season and an effective method to dispose of agro-industrial by-products.

## **V.- Bibliografía**



## V. BIBLIOGRAFIA

- Abreu SP 2011. Dossiê técnico: Cultivo do maracujá-azedo. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico – CDT/UnB, Brasília, Brazil 25.
- Abzueta I y Herrera M 2012. Extracción de pectina de alto metoxilo a partir de cascaras de parchita para la producción de mermelada. Tesis doctoral Facultad de Ingeniería- Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 37 pp.
- Aganga A, Tshwenyane S 2004. Potentials of guinea grass (*Panicum maximum*) as forage crop in livestock production. Pakistan J. Nutr. 3, 1-4 pp.
- Aguiar S, Vásquez M, Silva C 2000. Produção e composição químico-bromatológica do capim-furachão (*Panicum repens* L.) sob adubação e diferentes idades de corte. Revista Brasileira de Zootecnia. Brasil. 29, (2), 325-333pp.
- Alves GR, Fontes CADA, Processi EF, Fernandes AM, Oliveira TSD, Glória LS 2015. Performance and digestibility of steers fed by-product of fresh passion fruit or sorghum silage, with and without concentrate supplementation. Revista Brasileira de Zootecnia. 44 (9), 314-320.
- Andrade R, Mohamad L 2010. Estrategias para mejorar la estabilidad aeróbica del ensilaje. Producir XXI, A. 18, 58-62.
- Ankom Technology 2008. Method for Determining Neutral Detergent Fiber (NDF)
- ANKOM Technology 2008a. In vitro True Digestibility with DAISY II Incubator. ANKOM Technology, Macedon, NY.
- ANKOM Technology 2008b. Method for Determining Neutral Detergent Fiber (aNDF). ANKOM Technology, Macedon, NY.
- Anrique R, Paz M 2002. Efecto del ensilado sobre la composición química y degradabilidad ruminal de la pomasa de manzana. Archivos Medicina veterinaria XXXIV. 34 (2). 189-197.
- AOAC 1990. Official Methods of Analysis. 13th ed. Washington, EUA: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC 1990. Official Methods of Analysis. XIII edición. Association of Official Analytical Chemists. Washington, EUA.

- Araiza E, Delgado E, Carrete O, Medrano H, Solís A, Murillo MY, Haubi C 2013. Degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de diferentes formulaciones de ensilados de maíz-manzana adicionados con melaza. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 17 (2), 79-96.
- Arellanes M, Jaraba M, Mármol Z, Páez G, Mazzarri C, Rincón, M 2011. Obtención y caracterización de pectina de la cascara del cambur manzano (*Musa AAB*). *Revista Facultad Agronomía (LUZ)*. 28, 523-539.
- 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.
- Astuti T, Warly J, Eviyayani 2011. The effect of incubation time and level of urea on dry matter organic matter and crude protein digestibility of passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) hulls. *Journal Indonesian Trop. Anim. Agric*. 36 (3), 180-184.
- Aular J, Rodríguez Y 2003. Algunas características físicas y químicas del fruto de cuatro especies de passiflora. *Bioagro*. 15 (1), 41-46.
- Avellaneda J, Gonzales S, Pinos J, Hernández A, Montañez O, Ayala J 2007. Enzimas fibrolíticas exógenas en la digestibilidad in vitro de cinco ecotipos de *Brachiaria*. *Agronomía Mesoamericana*. 18 (1), 11-17.
- Bergamaschine A, Braga L, Sousa M 2005. Degradabilidade ruminal in situ da sapota (*quararibea cordata*) do maracujá (*passiflora* spp.) e da pupunha (*Bactris gasipaes*). *Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta*. 3, 76-83.
- Bertipaglia L, Alcalde C, Siquiea G, Melo G, Andrade P 2000. Degradação in situ da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de silagens de milho e do resíduo da extração do suco de maracujá. *Acta Scientiarum*. 22 (3), 765-769.
- Betancourt M, Martinez M, Clavero T, Razz R, Pietrosevoli S, Febres A 2003. Efecto de la melaza, ácido fórmico y tiempo de fermentación sobre el pH y temperatura en microsilos de *Leucaena leucocephala*. *Revista Agronomia*. 20 (4), 493-501.
- Bhargava PK, Ørskov ER 1987. Manual for the use of nylon bag technique in the evaluation of feedstuffs. The Rowett Research Institute. Scotland, UK. 1-21.
- Bolsen K, Barnes R, Miller D, Nelson C 1995. *Ensilaje, principios basicos. Forrajes*. 5.ed. Universidad Estatal de Iowa.

- Bolsen K, Lin C, Brente B, Feyerhem A, Urban J, Aimutis W 1992. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and com silages. *J Dairy Sci.* 75 (11), 3066-3083.
- Bolsen KK, Ashbell G, Weinberg ZG 1996. Silage fermentation and silage additives-Review. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 9, 483-494.
- Bonfá CS 2014. Silagem de capim-elefante adicionada de coprodutos de frutas. Dissertação, Mestrado em Zootecnia. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Brasil.
- Bonfá S, Castro F, Villela J, Santos A, Evangelista R, Jayme G, Gonçalves C, Pires S, Barbosa S 2015. Silagem de capim-elefante adicionada de casca de maracujá. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.* 67 (3), 801-808.
- Borges I, Rogério M, Silva A, Junior G, Neiva J, Rodriguez N, Do Carmo M 2005. Degradabilidade in situ da materia seca e fracos fibrosas do subproduto do maracujá e do Capim elefante em ovinos. *Sociedad Brasileira de Zootecnia.* Goiana, Goias, Brasil.
- Boucque CHV, Fiems LO 1988. Vegetable by-products of agro-industrial origin. *Livest. Prod. Sci.* 19, 97-135.
- Braga A, Amancio A, Goncalvez J, Assis L, Souza C, Maia I, Gerra D 2016. Ruminant degradability of agro-industrial fruit residues. *Semina: Ciências Agrárias.* Londrina. 37 (1), 279-292.
- Bravo-Martins C, Carneiro H, Castro-Gómez R, Figueiredo H, Schwan R 2006. Chemical and microbiological evaluation of ensiled sugar cane with different additives. *Brazilian Journal of Microbiology.* 37 (4), 499-504.
- Bruni M, Chilibroste P 2001. Simulación de la digestión ruminal por el método de la producción de gas. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal.* 9, 43-51.
- Camacho A, Giles M, Ortegón A, Palao M, Serrano B, Velázquez O 2009. Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. Facultad de Química, UNAM. México.
- Campo Y, Villada D, Meneses J 2016. Efecto del pre-tratamiento con ultrasonido en la extracción de pectina contenida en el albedo del maracuyá (*Passiflora edulis*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.* 14 (1), 103-109.

- Candido M, Neiva J, Rodriguez N, Ferreira A 2007. Características fermentativas e composição química de silagens de capimelefante. Revista Brasileira de Zootecnia. 36 (5), 1489-1494.
- Cândido M, Neiva J, Rodriguez N, Ferreira A 2007. Características fermentativas e composição química de silagens de capim-elefante contendo subproduto desidratado do maracujá. Rev. Bras. Zootec. 36, 1489-1494.
- Canesin R, Berchielli T, Messana J, Baldi F, Pires A, Frighetto R 2014. Effects of supplementation frequency on the ruminal fermentation and enteric methane production of beef cattle grazing in tropical pastures. Revista Brasileira de zootecnia, 43 (11), 590-600.
- Cañas Z, Restrepo D, Cortés M 2011. Revisión: Productos Vegetales como Fuente de Fibra Dietaria en la Industria de Alimentos. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. 64 (1), 6023-6035.
- Caraballo A, Betancourt M, Florio J 2007. Efecto de la melaza, estado fisiológico del pasto y tamaño del material cosechado sobre el ensilado de pasto guinea (*Panicum maximum*, Jacq.). Ciencia. 15, 35-46.
- Carmona J 2007. Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. Revista lasallista de investigación. 4 (1).
- Carr J 2002. The lactic acid bacteria: A literature survey. Critical Reviews in Microbiology. 28 (4), 281-370.
- Carvajal L, Turbay S, Álvarez L, Rodríguez A, Álvarez M, Bonilla K, Parra M 2014. Propiedades funcionales y nutricionales de seis especies de *Passiflora* (*Passiflora* *ceae*) del departamento de Huila. Colombia. Botánica Económica. 36 (1), 1-15.
- Carvalho G, Garcia R, Pires A, Detmann E, Pereira O, Fernandes F 2008. Degradação ruminal de silagem de capim-elefante emurchecido ou com diferentes níveis de farelo de cacau. Revista Brasileira de Zootecnia. 37 (08), 1347-1354.
- Carvalho G, Garcia R, Pires A, Detmann E, Pereira O, Fernandes F, Carvalho B 2008. Características fermentativas de silagem de capim-elefante emurchecido ou com diferentes níveis de farelo de cacau. Revista Archivos Brasileiros Medicina Veterinaria. 60 (1), 234-242.
- Castro G, Rodriguez N, Gonçalves L, Maurício R 2010. Características produtivas, agronômicas e nutricionais do capim-tanzânia em cinco diferentes idades ao corte. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 62 (3), 654-666.

- Cazarin C, Da Silva J, Colomeu T, Zollner R, y Junior M 2014. Capacidade antioxidante e composição química da casca de maracujá (*Passiflora edulis*). *Ciência Rural*. 44 (9), 1699-1704.
- Ceballos A, Noguera R, Bolivar D y Posada S 2008. Comparación de las técnicas in situ de los sacos de nylon e in vitro (DaisyII) para estimar la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development*. 20 (7).
- Chau y Huang 2004. Characterization of passion fruit seed fibres—a potential fibre source. *Revista Food Chemistry*. 85 (2), 189-194.
- Chedly K, Lee S 2001. Ensilaje de subproductos agrícolas como opción para los pequeños campesinos. *Memorias de la Conferencia Electrónica de la FAO sobre el Ensilaje en los Trópicos*. FAO. Roma, Italia.
- Chizzotti M, Filho S, Leao M, Valadares R, Chizzoti F, Magalhaes K, y Marcondes M 2005. Casca de algodão em substituição parcial à silagem de capim- elefante para novilhos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34 (06), 2093-2102.
- Chizzotti M, Filho S, Leao M, Valadares R, Chizzoti F, Magalhaes K, y Marcondes M 2005. Casca de algodão em substituição parcial à silagem de capim- elefante para novilhos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34 (06), 2093-2102.
- Church D, y Pond W 1990. *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. Mexico, DF.
- Coan R, Reis R, Garcia G, Schocken-Iturrino R, Ferreira D, Resende F, Gurgel F 2007. Dinâmica fermentativa e microbiológica de silagens dos capins tanzânia e marandu acrescidas de polpa cítrica peletizada. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 1502-1511.
- Colombatto D 2000. *Análisis de alimentos: Aplicaciones prácticas*. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Correa H 2009. Estimación de la degradabilidad efectiva en el rumen mediante métodos numéricos. *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias*. 22, 19-24.
- Costa J, Da Silva G, Campelo J, Azevêdo D, Martins R, Cavalcante R, Lopes J, Oliveira M 2006. Caracterização mor-fométrica de ovinos da raça Santa Inês criados nas microrregiões de Teresina e Campo Maior. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35, 2260–2267.

- Cruz C, Santos-Cruz C, Pires A, Bastos M, Santos S, Rocha J 2011. Silagens de capim elefante com diferentes proporções de casca desidratada de maracujá em dietas de cordeiros Santa Inês. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 12, 107–116.
- Da Cruz B, Dos Santos C, Pires A, Rocha J, Dos Santos S, Bastos M 2010. Composição bromatológica da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de casca desidratada de maracujá (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa*). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 5 (3), 434-440.
- Detman E, Silva J, Vásquez H, Henriques L y Haddade I 2009. Cinética da degradação ruminal dos carboidratos de quatro gramíneas tropicais em diferentes idades de corte e doses de adubação nitrogenada: Técnica de produção de gases. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38 (1), 149-158.
- Devia J 2002. Proceso para producir pectinas en cítricos. *Revista universitária. EAFIT*. 129
- Devriese L, Collins M y Wirth 1992. The Genus *Enterococcus*. 1465-1481pp, in: Balows et al., 1992.
- Dias M, Figueiro L, Valente W, Ferrua F, Pereira P, Pereira A y Clemente P 2011. Estudo de variáveis de processamento para produção de doce em massa da casca do maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 31 (1), 65-71.
- Do Régo A, Cândido M, Duarte J, Pereira E, Feitosa J y Rêgo M 2010. Degradação de silagens de capim-elefante contendo subproduto do urucum. *Revista Ciência Agronômica*, 41 (3), 482-489.
- Dormond H, Rojas A, Boschini C, Mora G, Sibaja G 2011. Evaluación preliminar de la cáscara de banano maduro como material de ensilaje, en combinación con pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*). *InterSedes*. 12, 17-31.
- Emaga T, Robert C, Ronkart S, Wathélet B, Paquot M 2008. Dietary fibre components and pectin chemical features of peels during ripening in banana and plantain varieties. *Bioresource Technology*. 99 (10), 4346-4354.
- Fernández B, Barreal M, Flores G, González A, Valladares J, Pereira S y Cardelle S 2007. Estabilidad aeróbica y calidad fermentativa e higiénica de ensilados de maíz. efecto de la fecha de aprovechamiento y del uso de inoculantes. *PASTOS*. 37 (1), 71–80.
- Fernández H 2004. Un procedimiento simple para estimar parámetros de funciones en producción animal usando SOLVER de EXCEL. *Revista argentina de producción animal*. 24, 75-81.

- Ferrari R, Colussi F, Ayub R 2004. Characterization of by-products of passion fruit industrialization utilization of seeds. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 26 (1), 101-102.
- Ferreira A, Neiva J y Rodriguez M 2004. Valor nutritivo das silagens de capim-elefante com diferentes níveis de subprodutos da indústria do suco de caju. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 33 (6), 1380-1385.
- Ferreira A, Neiva J, Rodriguez N, Campos W, Borges I 2009. Avaliação nutricional do subproduto da agroindústria de abacaxi como aditivo de silagem de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38, 223-229.
- Ferreira A, Rodriguez N, Neiva J, Campos W, Borges I 2007. Características químico-bromatológicas e fermentativas do capim-elefante ensilado com níveis crescentes de subproduto da agroindústria do abacaxi. *Ceres*. 54, 98-106.
- Ferret A 2003. Control de calidad de forrajes. Universidad autónoma de Barcelona. XIX curso de especialización FEDNA. Madrid 23 y 24 de Octubre. [http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/03CAP\\_VII.pd](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/03CAP_VII.pd)
- Filho J, Pereira E, Pimentel P, Oliveira T, Costa M y Maia I 2011. Degradation kinetics and assessment of the prediction equation of indigestible fraction of neutral detergent fiber from agroindustrial byproducts. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 40 (9), 1997-2004. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000900022>
- Flórez O, Román O, Martínez O, Gutiérrez L, y Medina G 2006. Optimización de un preparado solido de fibra dietaria a partir de diferentes residuos de frutas. *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*. 13 (1), 10-15.
- France J, Theodorou M, Lowman R, Beever D 2000. *Feed Evaluation for Animal Production*. In: Theodorou M, France J (eds). *Feeding Systems and Feed Evaluation Models*. CAB International. 1-9pp.
- García E y Fernández I 2012. Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte. Departamento de Tecnología de Alimentos. ETSIAMN. Universitat Politècnica de València.
- Giraldo L, Gutiérrez L, Rúa C 2007. Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 20, 269-279.
- Goering H y Van Soest P 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, reagent, procedures and some applications). *Agricultural Handbook*. Washington, DC.

- Gómez Z, Juan F 1998. Factibilidad Técnica del Aislamiento y la Caracterización de Pectina Cítrica para el Sector Agroindustrial. Medellín Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Administración.
- Grabber J, Mertens D, Kim H, Funk C, Lu F, Ralph J 2009. Cell wall fermentation kinetics are impacted more by lignin content and ferulate cross-linking than by lignin composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 89, 122-129.
- Guim A, Andrade P, Iturrino-Schocken R, Franco G y Ruggieri A 2002. Estabilidad aeróbica de silagens de capim elefante (*Pennisetum purpurem* Schum) emurchecido, tratado com inoculante microbiano. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31 (6), 1217-1218.
- Guimarães J, Gonçalves L, Maurício R, Pereira L, Tomich T, Pires D et al., 2008. Cinética de fermentação ruminal de silagens de milho. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 60 (5), 1174-1180.
- Gutiérrez F, Rojas-Bourillón A, Dormond H, Poore M, Wing Ching-Jones R 2003. Características nutricionales y fermentativas de mezclas ensiladas de desechos de piña y avícolas. *Agron Costarric*. 27, 78-89.
- Hammes W, Weiss N y Holzapfel W 1992. The Genera *Lactobacillus* and *Carnobacterium*. 1535-1594pp, in: Balows et al., 1992.
- Henderson N 1993. Silages additives. *Animal Feed Science and Technology*. 45 (1) 35-56.
- Herrera M, WingChing-Jones R y Rojas-Bourillón A 2009. Características fermentativas y nutricionales del ensilaje de rastrojo de piña (*Ananas comosus*). *Revista de ciencias agrícolas*. 33 (1), 1-15.
- Holzapfel W y Schillinger U 1992. The Genus *Leuconostoc*. 1508-1534pp, in: Balows et al., 1992.
- Homen M, Entrena I, Arriojas L y Ramia M 2010. Biomasa y valor nutritivo del pasto Guinea *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs. 'Gamelote' en diferentes períodos del año en la zona de bosque húmedo tropical, Barlovento, Miranda. *Zootecnia Tropical*. 28 (2), 255-265.
- Hu W, Schmidt R, McDonnell E, Klingerman C y Kung J 2009. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 or *Lactobacillus plantarum*. *Journal Dairy Science*. 92, 3907-3914. doi: 10.3168/jds.2008-1788

- IBGE 2014. Maracujá: área plantada e quantidade produzida (Produção Agrícola Municipal, 2009). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília, DF, Brazil. Disponible en: <http://www.sidra.ibge.gov.br> (Accessed in 07 January 2015).
- INEC-ESPAC 2013. Maracujá Fruta fresca, Superfície, Resumen General. Recuperado el 20 de julio de 2016, de Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua: <http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/main.html>
- Jalč D, Lauková A, Simonová M, Váradyová Z y Homolka P 2009. The use of bacterial inoculants for grass silage: their effects on nutrient composition and fermentation parameters in grass silages. *Czech J. Anim. Sci.* 54, 84–91.
- Jobim C, Nussio L, Reis R y Schmidt P 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 36, 101-119.
- Júnior A, Filho J, Eustáquio I, Tiesenhausen V, Rocha T, Cappelle E y Filho C 2006. Effects of different additives on the content of crude protein, ether extract and coefficient of digestibility of silage of passion fruit residue. *Ciencias Agrotecnicas.* 31 (3), 871-875.
- Júnior A, Filho J, Tiesenhausen I, Freitas R, Filho C y Nogueira D 2007. Efeito de diferentes aditivos sobre a qualidade fermentativa da silagem de residuo de maracujá amarelo. *Ciencias Agrotecnicas.* 31 (5), 1519-1524.
- Júnior 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.
- Junior J, Neiva J, Rodriguez N, Pimentel J y Lôbo R 2005. Consumo e Digestibilidade de Subprodutos do Processamento de Frutas em Ovinos. *R. Bras. Zootec.* 34 (2), 659-669.
- Junior J, Neiva J, Rodríguez N, Pimentel J, y Lôbo R 2005. Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. *R. Bras. Zootec.* 34 (2), 659-669.
- Kulkarni y Vijayanand 2010. Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa L.*). *Revista Foo Science and Tecnology.* 43 (7), 1026-1031.
- Kung L, Robinson J, Ranjit N, Chen J, Golt C, y Pesek J 2000. Microbial Populations, Fermentation End-Products, and Aerobic Stability of Corn Silage Treated with Ammonia or a Propionic Acid-Based Preservative. *Journal of dairy science.* 1479-1486.

- Li Y y Nishino N 2013. Changes in the bacterial community and composition of fermentation products during ensiling of wilted Italian ryegrass and wilted guinea grass silages. *Animal Science Journal*. 84, 607-612pp. doi: 10.1111/asj.12046.
- Lin C, Bolsen K, Brent B, Hart R, Dickerson J, Feyerherm A, Aimutis W 1992. Epiphytic microflora on alfalfa and whole-plant corn. *Journal of Dairy Science*. 75, 2484–2493.
- Lindgren S, Petterson K, Kasprson A, Jonsson A y Linvall P 1985. Microbial dynamics during aerobic deterioration of silages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 36, (9) 765-774pp. doi: 10.1002/jsfa.2740360902
- López-Herrera M, WingChing-Jones R, Rojas-Bourrillón A 2014. Metanálisis de los subproductos de piña (*Ananas comosus*) para la alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana*. 25 (2) 383-392.
- Lousada J, Da Costa J, Neiva J, Rodriguez N 2008. Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. *Revista Ciência Agronômica*. 37 (1), 70-76.
- Mancillas F, Rodriguez C, Díaz D, Arzola A, Grado A, Corral G y Castillo Y 2013. Digestibilidad in vitro de dietas para becerros en crecimiento adicionadas con inóculo de levaduras y bagazo de manzana fermentado. *Revista Bio Ciencias*. 2 (3), 189-199.
- Manoel A, Banys V y Pereira R 2003. Degradabilidade da matéria seca dos subprodutos de polpa de frutas e soja extrudada. In: 40a Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. Santa Maria. Anais: Sociedade Brasileira de Zootecnia.
- Manoel A, Banys V y Pereira R 2003. Degradabilidade da matéria seca dos subprodutos de polpa de frutas e soja extrudada. In: 40a Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. Santa Maria. Anais: Sociedade Brasileira de Zootecnia.
- Mateus H y Cuesta P 2005. Tecnologías para el establecimiento de praderas en las regiones Caribe y Valles Interandinos. En P. Cuesta (Ed.), *Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y Valles Interandinos*. CORPIOCA. 13-28pp.
- McDonald I 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *The Journal of Agricultural Science*. 96, 251-256.
- McDonald P, 1981. *The biochemistry of silage*. New York. John Wiley & Sons. 226p.
- McDonald P, Edwards R, Greenhalgh J y Morgan C 2002. *Animal nutrition*. Pearson Education England. 255pp.

- Mcdonald P, Edwards R, Greenhalgh J y Morgan C 2006. *Nutrición Animal*. Editorial Acribia.
- Mcdonald P, Henderson A, y Heron S 1991. *Biochemistry of silage*. Marlow: Chalcombe, UK. Chalcombe Publications.
- Monção F, Reis S, Rigueira J, Sales E, Antunes A, Oliveira E y Carvalho Z 2014. Degradabilidade ruminal da matéria seca e da FND da casca de banana tratada com cal virgem. *Revista de Ciências Agrárias*. 37 (1), 42-49.
- Nambi-Kasozi J, Sabiiti E, Bareeba F, Sporndly E, Kabi F 2016. Effects of inclusion levels of banana (*Musa spp.*) peelings on feed degradability and rumen environment of cattle fed basal elephant grass. *Tropical animal health and production*. 48 (4) 693-698.
- Napasirth V, Napasirth P, Sulinthone P, Phommachanh y Cai Y 2015. Microbial population, chemical composition and silage fermentation of cassava residues. *Animal Science Journal*. 86, 842–848. doi: 10.1111/asj.12362
- Naranjo J y Cuartas C 2011. Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*.
- Naranjo J, Cuartas C y Correa H 2005. Comparación de cuatro modelos matemáticos para la caracterización de la cinética de degradación ruminal de algunos recursos forrajeros. *Livestock Research for Rural Development*.
- National Research Council 2001. *The nutrient requirement of dairy cattle*. Seventh revised edition. National Academy Press, Washington, DC. 381pp.
- Navarro C, Díaz J, Roa M y Cuellar E 2011. Comparación de la técnica de digestibilidad in vitro con la in situ de diez forrajes en bovinos rumino-fistulados en el piedemonte llanero del Meta. *Revista electrónica Sistemas de Producción Agroecológicos*. 2 (2), 2-24.
- Negesse T, Makkar H, 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.
- Neiva J, Nunes F, Cândido M, Rodriguez N, Lôbo R 2006. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante enriquecidas com subproduto do processamento do maracujá. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35 (4), 1845-1851.

- Neiva J, Silva F, Von Tiesenhausen I, Rocha G, Cappelle E, Couto F 2007. Efeito de diferentes aditivos sobre os teores de proteína bruta, extrato etéreo e digestibilidade da silagem de maracujá. *Ciênc. Agrotec.* 31, 871–875.
- Neres M 2013. Microbiological profile and aerobic stability of Tifton 85 bermuda grass silage with different additives. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 42 (6), 381-387.
- Nishino N, Wang L y Parvin S 2012. Effects of wilting and molasses addition on fermentation and bacterial community in guinea grass silage. *Letters in Applied Microbiology.* 54 (3), 175-81. doi: 10.1111/j.1472-765X.2011.03191.x.
- Noguera R y Posada S 2007. Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias,* 20 (2), 174-182.
- Noguera R, Valencia S y Posada L 2014. Efecto de diferentes aditivos sobre la composición y el perfil de fermentación del ensilaje de cáscaras de Maracuyá (*Passiflora edulis*). *Livestock Research for Rural Development.* 26, 168.
- Nussio G, Paziani F y Nussio B 2002. Ensilagem de capins tropicais. *Sociedade Brasileira de Zootecnia.* 39, 60-90.
- O'Kiely P, Clancy M y Doyle E 2001. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. In: *International grassland congress.* São Pedro-SP. Piracicaba- FEALQ. 794- 795pp.
- O'Donovan P 1975. Potential for by-product feeding in tropical areas. *Wrld. Anim. Rev.* 13, 32-37.
- Ojeda F 1994. Evaluación de la interacción conservante-miel final sobre la calidad fermentativa de los ensilajes de la Guinea CV. *Likoni. Pastos y Forrajes.* 17, 267.
- Oliveira L, Nascimento M, Borges S, Ribeiro P y Ruback V 2002. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá- amarelo (*Passiflora edulis* F. *Flavicarpa*) para produção de doce em calda. *Cien. Tecnol. Aliment.* 22 (3), 259-262.
- Olivera R, Carmenate R, González M, Pérez C, Viera G y Sáez S 2006. Valor nutritivo in vitro de ensilajes de hollejo fresco de cítrico (*Citrus sinensis*) con bagacillo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). *Revista de producción animal.* 18 (2), 95-98.
- Omer S 2008. In situ, dry matter degradation characteristics of bananas rejects, leaves, and pseudostem. *Assiut Veterinary Medicine Journal.* 55 (1), 120-129.
- Orskov E 1991. Some comments on livestock orientation with emphasis on the Sudan. *Sud. J. Anim. Pro.* 4 (2). 1-5.

- Orskov E, Hovell F, Mould F 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la valuación de los alimentos. *Producción animal tropical*. 5 (3), 213-233.
- Ørskov E, McDonald I 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*. 92 (2), 499-503.
- Pagán R, Carías R, Abner A, Valencia C y Randel P 2014. Pineapple and citrus silage as potential feed for small ruminant diets: fermentation characteristics, intake, nutrient digestibility, and aerobic stability. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 27 (1), 38-46.
- Pagán S, Rodríguez A, Valencia E y Randel P 2013. Ensilaje de piña y cítricos como posible fuente de alimento en dietas de pequeños rumiantes: características de fermentación, consumo, digestibilidad de nutrientes, y estabilidad aeróbica. *Revista Colombiana de Ciencia Pecuaria*. 27 (1).
- Pedroso A, Nussio L, Paziani F, Loures D, Igarasi M, Coelho R, Packer I, Horii J y Gomes L 2005. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. *Scientia Agricola*. 62, 427-432pp. <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162005000500003>
- Peláez A, Meneses M, Miranda A, Ayala M, Crosby M, Loera O y Megías D 2011. Enzimas fibrolíticas producidas por fermentación en estado sólido para mejorar los ensilajes de caña de azúcar. *Agrociencia*. 45 (6), 675-685.
- Perea D, Guardia M, Medina H y Hinestroza L 2013. Caracterización bromatológica de especies y subproductos vegetales en el trópico húmedo de Colombia. *Acta Agronómica*. 62 (4), 326-332.
- Pereira L, Gonçalves L, Tomich T, Borges I, Rodríguez N 2005. Silos experimentais para avaliação da silagem de três genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.) *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 57 (5). 690-696.
- Philippidis G, Sanjuán A, Emanuele Ferrari E, M'barek R 2014. Employing social accounting matrix multipliers to profile the bioeconomy in the EU member states: is there a structural pattern. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 12 (4). 913-926.
- Pires A, Carvalho G, García R, Junior J, Ribeiro L y Chagas D 2009. Capim-elefante ensilado com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38 (1), 34-39.

- Pompeu R, Neiva J, Cândido M, Filho G, Aquino D, Lôbo R 2006. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com adição de subprodutos do processamento de frutas tropicais. *Revista Ciência Agronômica*. 37, 77-83.
- 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, 36.
- Preston T 1986. Better utilization of crop residues and by-products in animal feeding: research guidelines. 2. A practical manual for research workers. FAO Animal Production and Health Paper. FAO. Rome. 50 (2). 166pp.
- PROECUADOR 2012. Análisis Sectorial de Frutas No Tradicionales. Recuperado el 20 de julio de 2016, de Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones: [http://www.proecuador.gob.ec/wpcontent/uploads/2013/11/PROEC\\_AS2012\\_FRUTA\\_S.pdf](http://www.proecuador.gob.ec/wpcontent/uploads/2013/11/PROEC_AS2012_FRUTA_S.pdf)
- Raaz R y Clavero T 2007. Efecto de la suplementación con concentrado sobre la composición química de la leche en vacas doble propósito pastoreando *Panicum maximum - leucaena leucocephala*. *Revista Científica*. 17 (1), 53-57.
- Ramírez O, Hernández A, Carneiro S, Pérez P, Enríquez J, Quero R, Herrera J y Cervantes A. 2009. Técnicas Pecuarias de Mexico. 47 (2), 203-213.
- Ranjit N y Kung L 2000. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum* or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*. 83 (3), 526-535.
- Regadas J, Pereira E, Pimentel P, De Olivera T, Ferreira M y Maia I 2011. Degradation kinetics and assessment of the prediction equation of indigestible fraction of neutral detergent fiber from agroindustrial byproducts. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 40 (9).
- Rego M, Neiva J, Do Rego A, Cândido M, Clementino R y Restle J 2010. Nutritional evaluation of elephant-grass silages with byproduct of annatto. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39 (10), 2281-2287.
- Reis J 1994. Composição química, consumo voluntário e digestibilidade das silagens de resíduo do fruto de maracujá (*Passiflora edulis*, Sims f. *flavicarpa*) com capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), cv cameroon e suas combinações. Universidad Federal Lavras. Lavras. 50pp.

- Reis J, Paiva P, Tiesenhausen I, Rezende C 2000. 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. *Ciênc. Agrotéc.* 241, 213-224.
- Reis R y Da Silva S 2006. Consumo de forragens. In: Berchielli T, Pires A, Oliveira S (Ed.). *Nutricao de Rumiantes*. Funep. 79-109pp.
- Rendón M, Noguera R y Posada S 2013. Cinética de degradación ruminal del ensilaje de maíz con diferentes niveles de inclusión de vinaza. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia.* 8 (2) 42-51.
- Rezende V, Paiva P, Barcelos A, Teixeira J y Nogueira D 2005. Degradabilidade ruminal das silages de Capim Napier produzidas com diferentes níveis de farelo de produzidas com diferentes níveis de farelo de batata diversa. *Ciencias Agrotecnicas Lavras.* 13 (2), 485-491.
- Rivadeneira M y Cáceres P 2010. Extracción de pectina líquida a partir de cáscaras de Maracuyá (*Passiflora edulis*) y su aplicación en el desarrollo de un producto de humedad intermedia. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil-Ecuador.
- Rodríguez A, Acevedo J y Riquelme E 1997. Estabilidad aeróbica de ensilaje de pasturas tropicales nativas. *Archivo Latinoamericano de Producción Animal.* 5, 83-85.
- Rolando C, Anzules Á, Farfán C y De la Torre R 1989. *Manual de Pastos Tropicales*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito, Ecuador.
- Rosero R y Posada S 2007. Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Revista colombiana de Ciencias Pecuarias.* 20, 174-182.
- Santos E y Zanine A 2006. Ensilajes de gramíneas tropicales. *Colloquium Agrariae.* 2 (1), 32-45.
- Santos E, Pereira O, Garcia R, Ferreira C, Oliveira J, Silva T y Rosa L 2011. Microbial populations, fermentative profile and chemical composition of signalgrass silages at different regrowth ages. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 40 (4), 747-755. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000400007>
- Santos W, Carvalho T, Cavalcanti C, Espíndola A, Mesquita Sybelle, Neves A y Araújo B 2014. Características y estabilidad aeróbica de ensilajes de caña de azúcar, tratada con urea, NaOH y maíz. *Pastos y Forrajes.* 37 (2), 182-190.

- SAS 2001. Statistical Analysis System - SAS. System for Microsoft Windows: release 8.2. Cary: 1 CD-ROM. Raleigh, North Caroline, USA.
- SAS 2004. Statistical Analysis System. Versión 9.0. User's guide. Cary, Estados Unidos.
- Sena J, Villela S, Santos R, Pereira I, Castro G, Mourthé M, Bonfá C y Martins P. 2015. Intake, digestibility, performance, and carcass traits of rams provided with dehydrated passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) peel, as a substitute of Tifton 85 (*Cynodon* spp.). *Small Ruminant Research*. 129, 18–2.
- Shimada A 2003. *Nutrición Animal* (Primera ed.). México: TRILLAS S.A.
- Silva A, Rogerio M, Neiva J, Rodriguez N, Saliba E, Junior G, Albuquerque H, Do Carmo M, Benevidez Y, Liandro A y Bezerra T 2005. Parametros ruminais em ovinos recebendo niveis crescentes de subproduto da indústria processadora de maracujá. 42 Reunión Anual de la Sociadada Brasileira de Zootecnia. Goiânia. Gooiás.
- Sitthiwong J, Mikled C, Vearasilp T, Meulen U, Kunaporn V 2001. Nutritive values and utilisation of passion fruit peel silage for dairy cows in Thailand. In *Deutscher Tropentag, Agrikulturchem. Inst., Univ. Bonn* (ed ATSAF). Margraf Publ. Sci. Books, Weikersheim, Germany.
- Sompong S, Silman P y Srinuch W 2007. Agro-industrial by-products as roughage source for beef cattle: Chemical composition, nutrient digestibility and energy values of ensiled sweet corn cob and husk with different le, of Ipil – Ipilnleaves. *Maejo International Journal of Science and Technology*. 1, 88-94.
- Stabile S, Salazar D, Liana Jank L y Rennó F 2010. Características de produção e qualidade nutricional de genótipos de capimcolonião colhidos em três estádios de maturidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39 (7), 1418-1428.
- Suárez R, Mejía J, González M, García E y Perdomo A 2011. Evaluación de ensilajes mixtos de *Saccharum officinarum* y *Gliricidia sepium* con la utilización de aditivos. *Pastos y Forrajes*. 34 (1), 69-85.
- Suksathit S, Wachirapakorn C, Opatpatanakit Y 2001. 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. *Sonklanakarin Journal of Science and Technology*. 33 (3). 281-289.

- Taylor C y Kung J 2002. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. *Journal of Dairy Science*. 85, 1526-1532.
- Teles M, Neiva J, Clementino R, Do Rego A, Cândido M y Restle J 2010. Consumo, digestibilidade de nutrientes e balanço de nitrogênio da silagem decapim-elefante com adição de pedúnculo de caju desidratado. *Ciencia Rural*. 40 (2), 427-433.
- Tilley A y Terry A 1963. Two stage technique for the In Vitro digestion of forage of forage crops. *Grass and forage science*. 18 (2), 104-111.
- Torres F, Oliveira E, Teodoro P, Silveira M, Ribeiro L y Silveira L 2013. Produção de forragem de cultivares de *Panicum maximum* submetidas a diferentes estações de cultivo e tipos de sementes. *Revista de Ciências Agrárias*. 36 (4), 435-440.
- Triana E 2014. Evaluación de ensilaje a partir de subproductos agroindustriales (cáscara de naranja y platano de rechazo) para alimentación de ganado bovino. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 22 (31).
- Uchoa A, Costa C, Mario A, Elizabeth S, Carvalho V y Meira V 2008. Parâmetros físicos e químicos, teor de fibra bruta e alimentar de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas. *Revista de Segurança Alimentar e Nutrição*. Campinas. 15 (2), 58- 65.
- Van Cleef E, Filho J, Júnior A, Pardo R, Rego A y Goncalves J 2012. Composição química e características fermentativas de silagens de capim elefante contendo coprodutos da indústria do biodiesel. *Ciência Rural*. 42 (4), 718-723.
- Van Soest P 1994. *Ecología nutricional de los rumiantes*. Universidad de Cornell, Nueva York.
- Vargas J, Vivas R, Arteaga Y, García Y y Cevallos M S/F. Digestibilidad "In vivo" por ovinos Pelibuey a partir de dietas en base a Pasto Saboya. *REDVET*. Revista electrónica de Veterinaria. 17 (4).
- Vargas L, Ku J y Medina S 2003. Modelo Dinámico Mecanístico para la Estimación de Parámetros de Crecimiento Bacteriano Ruminal: Descripción del Modelo. *Biomatemática XIII*. 129–143.
- Verdecia D, Ramírez J, Leonard I, Pacual Y, López Y 2008. Rendimiento y componentes del valor nutritivo del *Panicum maximum* cv. Tanzania. *REDVET*. 9, 1-9.
- Vieira C, Vasquez H, Silva J 1999. Composição químico-bromatológica e degradabilidade in situ da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro da casca do fruto

- de três variedades de maracujá (*Passiflora* spp). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 28, 1148-1158.
- Vilela D 1998. Aditivos para silagens de plantas de clima tropical. In *Reunião Anual Da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Botucatu S, Anais... Botucatu, São Paulo: Sociedad Brasileira de Zootecnia. 73-108.
- Villalba D, Holguín V, Acuña J y Piñeros R 2011. Calidad bromatológica y organoléptica de ensilajes de residuos orgánicos del sistema de producción café-musáceas. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*. 4 (1), 47.
- Weiss N 1992. The Genera *Pediococcus* and *Aerococcus*. 1502-1507pp. In: Balows et al., 1992.
- Wooldford M 1984. *The Silage Fermentation*. Marcel Dekker, New York. 350pp.
- Yang C, Huang S, Chang, Cheng y Chang C 2004. Fermentation Acids, Aerobic Fungal Growth, and Intake of Napiergrass Ensiled with Nonfiber Carbohydrates. *Journal of Dairy Science*. 87 (3) 630–636.
- Yepes S, Montoya L y Orozco F 2008. Valorización de residuos agroindustriales frutas en Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia. *Revista Facultad Nacional Agraria Medellín*. 61 (1), 4422-4431.
- Zeraik M, Pereira C, Zuin V y Yariwake J 2010. Maracujá: um alimento funcional. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 20 (3), 459-471..