



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

**“EVALUACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD IN SITU E IN VIVO DE LAS GRASAS
DE SOBREPASO CON SALES DE SODIO, POTASIO Y CALCIO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa la obtención del título de:
INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR:

FABIO ORLANDO MASABANDA CHASI

Ing. M.C. Fredy Bladimir Proaño Ortiz.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. M.C. Hernán Patricio Guevara Costales.

ASESOR DE TESIS

Riobamba-Ecuador

2014

Esta Tesis fue aprobada por el siguiente Tribunal

Ing. Lucia Monserrath Silva Dèley

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL.

Ing. M.C. Fredy Bladimir Proaño Ortiz

DIRECTOR DE TESIS.

Ing. M.C. Hernán Patricio Guevara Costales.

ASESOR DE TESIS.

Riobamba, 8 de octubre 2014.

AGRADECIMIENTO

De manera muy especial quiero plasmar mi más profundo agradecimiento a la Facultad de Ciencias Pecuarias y en ella a la Escuela de Ingeniería Zootécnica, de la ESPOCH, por haberme abierto las puertas de tan prestigiosa Facultad, y sobre todo por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente como INGENIERO ZOOTECNISTA.

A las autoridades administrativas de nuestra gloriosa y prestigiosa Facultad que estuvieron al inicio de la carrera y a las autoridades hoy en funciones.

Al Ing. FREDDY PROAÑO O. Director de Tesis por haberme brindado su apoyo incondicional en este trabajo, al Ing. PATRICIO GUEVARA C, Asesor de tesis por abrirme las puertas del Laboratorio de Nutrición Animal, a la Dra. Sandra López por brindarme su apoyo y todos los demás docentes que me colaboraron e impartieron sus conocimientos teóricos y prácticos desinteresadamente y que con su gran ayuda he llegado al logro exitoso de mi Trabajo de Tesis.

También quiero agradecer a mis primos Roberth, Tania, Gissela, Gisenia, Antony, Miky, Byron, Gladys, Darwin, Wilson y a mis amigos Medardo, Daniela que supieron apoyar con sus consejos.

DEDICATORIA

Con el más agrado y satisfacción al terminar esta linda etapa de mi vida y alcanzar esta meta tan anhelada quiero dedicar este trabajo a mis familiares y amigos que me apoyaron incondicionalmente.

A DIOS por darme el regalo de la vida, y guiar cada uno de mis pasos y permitir con su voluntad prepararme profesional y humanísticamente.

Principalmente quiero dedicar este trabajo a mí querida madre Luz María quien con su esfuerzo y sacrificio supo brindarme su apoyo incondicional, tanto afectuoso como económico y así poder culminar mi carrera. A mi Padre por haberme dado la vida a mis hermanos Luis y Viviana que estuvieron en los momentos más difíciles de mi vida que con su apoyo y consejos me ayudaron a salir adelante.

A mi querida Abuelita Josefa y a mis Tíos Hernán, Yolanda, Nelly, Aníbal, Milton, Mariana que me han sabido dar buenos consejos y empujarme a seguir hasta llegar al término de mi carrera.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen.	v
Abstract.	vi
Lista de cuadros.	vii
Lista de gráficos.	ix
Lista de anexos.	x
I. <u>INTRODUCCIÓN.</u>	1
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA.</u>	3
A. ANATOMÍA DIGESTIVA DE LOS RUMIANTES.	3
B. FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE LOS RUMIANTES.	5
C. MICROORGANISMOS RUMINALES.	7
D. METABOLISMO DE LAS GRASAS.	10
E. GRASAS DE SOBREPASO.	12
F. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS RUMIANTES.	15
G. TÉCNICAS PARA DETERMINAR LA DEGRADABILIDAD RUMINAL DE LOS NUTRIENTES.	17
III. <u>MATERIALES Y MÉTODOS.</u>	25
A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO.	25
1. <u>Condiciones Meteorológicas.</u>	25
B. UNIDADES EXPERIMENTALES.	25
C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES.	25
1. <u>Materiales.</u>	25
2. <u>Equipos.</u>	26
3. <u>Instalaciones.</u>	26
D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL.	27
1. <u>Esquema del experimento para digestibilidad <i>in situ</i> de las grasas elaboradas con sebo ovino y residuos de aceite de palma.</u>	27
a. Esquema del experimento para digestibilidad <i>in situ</i> del pasto bajo la influencia de la grasa elaborada con sebo ovino y residuos de aceite de palma.	27
2. <u>Para digestibilidad <i>in vivo</i>.</u>	28
E. MEDICIONES EXPERIMENTALES.	29
1. <u>Para Degradabilidad <i>in situ</i> de las grasas.</u>	29

2	<u>Para Degradabilidad <i>in situ</i> del Heno.</u>	30
3.	<u>Para digestibilidad <i>in vivo</i>.</u>	30
F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA.	30
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.	32
1.	<u>De Campo</u>	32
a.	Degradabilidad <i>In situ</i> .	32
b.	Digestibilidad <i>in vivo</i> .	33
2.	<u>De Laboratorio</u>	34
a.	<u>Análisis Proximal</u>	35
b.	<u>Determinación de la degradabilidad <i>in situ</i></u>	36
G.	METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN	36
a.	<u>Degradabilidad <i>in situ</i> de las grasas.</u>	36
b.	<u>Degradabilidad <i>in situ</i> del heno.</u>	36
c.	<u>Digestibilidad <i>in vivo</i>.</u>	37
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</u>	39
A.	DIGESTIBILIDAD IN SITU DE LAS GRASAS ELABORADAS CON RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA Y SEBO OVINO.	39
B.	DIGESTIBILIDAD IN SITU DE LA MATERA SECA DEL HENO (<i>Avena sativa</i> , <i>Vicia fava</i> , <i>Medicago sativa</i> y <i>Lolium multiflorum</i>) BAJO EL EFECTO DE LAS GRASAS PROTEGIDAS. ELABORADAS CON RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA Y SEBO OVINO.	43
C.	DEGRADABILIDAD IN SITU DE LA MATERA ORGANICA DEL HENO (<i>Avena sativa</i> , <i>Vicia fava</i> , <i>Medicago sativa</i> y <i>Lolium multiflorum</i>), BAJO EL EFECTO DE LAS GRASAS PROTEGIDAS ELABORADAS CON RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA Y SEBO OVINO.	47
D.	DIGESTIBILIDAD <i>in vivo</i> PARA RAPPc.	50
1.	<u>Consumo de Alimento (CA).</u>	50
2.	<u>Coeficiente de digestibilidad de la Materia Seca (CDMS).</u>	50
3.	<u>Coeficiente de digestibilidad de la Materia Orgánica (CDMO).</u>	50
4.	<u>Coeficiente de digestibilidad de la Proteína (CDP).</u>	51
5.	<u>Coeficiente de digestibilidad de Extracto Etéreo (CDEE).</u>	51

6.	<u>Coeficiente de digestibilidad de la Fibra Cruda (CDFC).</u>	52
7.	<u>Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Libre de Nitrógeno (ELN).</u>	54
8.	<u>Valor de la Energía Metabolizable.</u>	54
E.	DIGESTIBILIDAD in vivo PARA SOPCa.	55
1.	<u>Consumo de Alimento (CA).</u>	55
2.	<u>Coeficiente de digestibilidad de la Materia Seca (CDMS).</u>	55
3.	<u>Coeficiente de digestibilidad de la Materia Orgánica (CD MO).</u>	55
4.	<u>Coeficiente de digestibilidad de la Proteína (CDP).</u>	56
5.	<u>Coeficiente de digestibilidad de Extracto Etéreo (CDEE).</u>	57
6.	<u>Coeficiente de digestibilidad de la Fibra Cruda (CD FC).</u>	59
7.	<u>Coeficiente de digestibilidad del Extracto Libre de Nitrógeno (CDELN).</u>	59
8.	<u>Valor de la Energía Metabolizable.</u>	59
V.	<u>CONCLUSIONES.</u>	60
VI.	<u>RECOMENDACIONES.</u>	60
VII.	<u>LITERATURA CITADA.</u>	61
	ANEXOS.	

RESUMEN

En el Modular Ovino-Caprino y Estación Experimental Tunshi de la ESPOCH, Riobamba-Ecuador, se evaluó la degradabilidad *in situ* y digestibilidad *in vivo* de grasas elaboradas con residuos de aceite de palma (RAPPCa, RAPPK, RAPPNa) y sebo ovino (SOPCa, SOPK, SOPNa), antes de incluir en la dieta para Bovinos. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, con 3 repeticiones por tratamiento sobre 3 vacas fistuladas (727,33 Kgde peso promedio) para degradabilidad *in situ* y 6 ovinos con peso promedio de 21,38 Kg para digestibilidad *in vivo*. La degradabilidad *in situ* de las grasas, mostraron niveles superiores al 80% en 48 horas de exposición ruminal. La degradabilidad *in situ* de la MS y MO contenida en el heno evaluado y bajo la influencia de las grasas estudiadas, mostró porcentajes cercanos al 85% en 96 horas de exposición en rumen, con diferencias estadísticas a favor de las grasas protegidas $\text{Ca}(\text{OH})_2$. La digestibilidad *in vivo* de los componentes bromatológicos de la mezcla forrajera evaluada, bajo la influencia de RAPPCa, no se afectó con niveles del 7%; y bajo la influencia de SOPCa, no se afectó hasta niveles del 5%. Se concluyó que los métodos de protección ante la degradabilidad ruminal de las grasas contenidas en RAP y SO fueron adecuados, puesto que no afectó la degradabilidad de la MS; la digestibilidad de la MS no fue afectada con 7% de RAPPCa y 5% de SPCa, razón por la cual se recomienda estudiar la influencia de estas grasas sobre la producción y reproducción bovina.

ABSTRACT

In the sheep – goat modular and experimental station Tunshi of ESPOCH – Riobamba – Ecuador, was evaluated the degradability *in situ* and the digestibility *in vivo* of fats made from palm oil (RAPPCa, RAPPK, RAPPNa) and beef tallow (SOPCa, SOPK, SOPNa), before including in the diet of cattle. It was used a completely randomized design with 3 replications per treatment for 3 fistulated cows (727,33 Kg average weight) for degradability *in situ* and 6 sheep with 21,38 Kg average weight for digestibility *in vivo*. The degradability *in situ* of the fats showed us higher levels above 80% in 48 hours of ruminal exposure. The degradability *in situ* of the MS and MO that contains in the hay and evaluated under the influence of fats studied, showed us closer percentages above 85% in 96 hours of exposure with different statics for protected fats $\text{Ca}(\text{OH})_2$. The digestibility *in vivo* of the bromatological components of the forage mixture evaluated, under the influence of RAPPCa, it did not affect with level by 7%; and under of SOPCa, it did not affect until level by 5%.

It is concluded that the methods of protection against ruminal degradability of fats was included in RAP and SO were adequate because it did not affect the degradability of the MS; the digestibility of the MS it was not affected with 7% of RAPPCa and 5% of SPCa, that's with we recommend to study the influence of these fats over production and bovine reproduction.

LISTA DE CUADROS

N°.		Pág.
1	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS BACTERIAS RUMINALES.	8
2	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.	25
3	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO PARA DIGESTIBILIDAD IN SITU CON GRASA BYPASS ELABORADA CON SEBO OVINO.	27
4	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO PARA DIGESTIBILIDAD IN SITU DEL PASTO CONTENIDO EN LAS BOLSAS.	28
5	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO PARA DIGESTIBILIDAD IN VIVO.	29
6	ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA DIGESTIBILIDAD IN SITU DE LA GRASA ELABORADA CON SEBO OVINO Y RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA.	31
7	ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA DIGESTIBILIDAD IN SITU DEL HENO BAJO LA INFLUENCIA DE LAS GRASAS DE SOBREPASO ELABORADA CON SEBO OVINO Y RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA.	31
8	ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE LAS GRASAS DE SOBREPASO ELABORADAS CON SEBO OVINO Y RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA.	32
9	COMPOSICIÓN NUTICIONAL DEL CONCENTRADO UTILIZADO PARA LA ALIMENTACIÓN DE LAS VACAS CON FISTULA EN LA EVALUACIÓN in situ DE LA DIGESTIBILIDAD DEL HENO.	37
10	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL HENO (<i>Avena sativa</i> <i>Vicia fava</i> , <i>Medicago sativa</i> y <i>Lolium multiflorum</i>) UTILIZADO EN LA DIGESTIBILIDAD IN VIVO.	38
11	PORCENTAJE DE DEGRADABILIDAD DE GRASAS (RAP y SO) EN VACAS CON FISTULA RUMINAL.	40
12	PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA DEL HENO (<i>Avena sativa</i> , <i>Vicia fava</i> , <i>Medicago sativa</i> y <i>Lolium multiflorum</i>), BAJO EL EFECTO DE LAS GRASAS PROTEGIDAS ELABORADAS CON RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA Y SEBO OVINO.	44
13	PORCENTAJE DE DEGRADABILIDAD DE LA MATERIA ORGÁNICA	

	DEL HENO (<i>Avena sativa</i> , <i>Vicia fava</i> , <i>Medicago sativa</i> y <i>Lolium multiflorum</i>), BAJO EL EFECTO DE LAS GRASAS PROTEGIDAS ELABORADAS CON RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA Y SEBO OVINO.	48
14	DIGESTIBILIDAD IN VIVO DE LA GRASA PROTEGIDA RAPP _{Ca} EN DIFERENTES NIVELES (0, 3, 5, 7%).	53
15	DIGESTIBILIDAD DE LA GRASA PROTEGIDA SOP _{Ca} EN DIFERENTES NIVELES (0, 3, 5, 7%).	58

LISTA DE GRÁFICOS

N°.		Pág.
1	Curva de tendencia de la digestibilidad de RAPPCa, RAPPK, RAPPNa en relación al tiempo de exposición en rumen en vacas con fístula ruminal.	42
2	Curva de tendencia de la digestibilidad de SOPCa, SOPK, SOPNa en relación al tiempo de exposición en rumen en vacas con fístula ruminal.	42
3	Curva de tendencia de la digestibilidad de materia seca del heno de <i>Avena sativa</i> , <i>Vicia fava</i> , <i>Medicago sativa</i> y <i>Lolium multiflorum</i> , y la influencia de la grasa de Protegida RAPPCa, RAPPK, RAPPNa.	46
4	Curva de tendencia de la digestibilidad de materia seca del heno de <i>Avena sativa</i> , <i>Vicia fava</i> , <i>Medicago sativa</i> y <i>Lolium multiflorum</i> , y la influencia de la grasa de Protegida SOPCa, SOPK, SOPNa.	46
5	Curva de tendencia de la digestibilidad de materia orgánica del heno de <i>Avena sativa</i> , <i>Vicia fava</i> , <i>Medicago sativa</i> y <i>Lolium multiflorum</i> , y la influencia de la grasa de Protegida RAPPCa, RAPPK, RAPPNa.	49
6	Curva de tendencia de la digestibilidad de materia orgánica del heno de <i>Avena sativa</i> , <i>Vicia fava</i> , <i>Medicago sativa</i> y <i>Lolium multiflorum</i> y la influencia de la grasa de Protegida SOPCa, SOPK, SOPNa.	49

I. INTRODUCCIÓN

La respuesta productiva de un animal depende de la cantidad de nutrientes absorbidos; por tanto, el consumo y la digestibilidad son parámetros clave en cualquier sistema de evaluación de alimentos (Naranjo, F. y Cuartas, C. 2011). En la Sierra Centro del Ecuador existen bajos niveles de producción y pobres índices reproductivos en explotaciones lecheras bajo condiciones de pastoreo (Yubaille, F. et al. 2013); uno de los factores que puede influir en ello, podría ser el Balance Energético Negativo (BEN).

Con la finalidad de evitar el BEN, Bauman, D. y Griinari, J. (2001), estudiaron la utilización de cereales como suplemento energético para vacas en el primer tercio de la producción; la cual produjo acidosis ruminal, por cambios en la relación de los ácidos acético – propiónico y una disminución de la digestibilidad de la fibra; por ello, Espinoza, J. (2010), estudio la suplementación energética utilizando grasas protegidas de la degradación ruminal (Grasas de sobrepaso) y reportaron incrementos en la producción de leche; mejora en el crecimiento y peso de los terneros, incremento en el peso y condición corporal de las vacas.

Hernández, R. y Díaz, T. (2011), reportaron que la utilización de Grasas de Sobrepaso (GS), mejoró la tasa de concepción; disminuyó la proporción de retraso en la ovulación y aumentó la intensidad de estro, debido al incremento de los niveles de progesterona (P_4); Yubaille, F. et al., (2013), sin embargo, las GS no han podido ser utilizadas ampliamente en Ecuador, puesto que se requieren importarlas para su incorporación en la dieta animal, lo cual incrementa los costos de producción. Una de las formas de obtener GS es la saponificación de grasas utilizando sales básicas de Na, K y Ca (Herrera, F. y Calleja, F. 2011).

Yubaille, F. et al., (2013), estudiaron la saponificación de la grasa contenida en Residuos de Aceite de Palma (RAP) y Sebo Ovino (SO) y recomendaron que dichas grasas saponificadas, deben ser evaluadas mediante degradabilidad *in situ* y digestibilidad *in vivo*, antes de ser suministradas a vacas lecheras en el posparto temprano; puesto que los estudios *in vivo*, proporcionan una medición estándar de la digestibilidad (Naranjo, F. y Cuartas, C. 2011), por otro lado la digestibilidad *in*

situ, proporcionan valores (tasa y grado) de degradación de los alimentos en el rumen (Herrera, F. y Callejas, F. 2011).

El objetivo del presente trabajo fue:

Evaluar la degradabilidad *in situ* y digestibilidad *in vivo* de grasas de sobrepaso, elaboradas con residuos de aceite de palma (RAP) y sebo ovino (SO), destinadas a la alimentación de vacas en producción.

Los objetivos específicos fueron:

- Determinar la degradabilidad ruminal *in situ* de grasas RAP y SO protegidas con hidróxido de Ca, K y Na.
- Determinar la degradabilidad ruminal *in situ* del heno (Avena sativa, Vicia fava, Medicago sativa y Lolium multiflorum), bajo la influencia de las grasas RAP y SO protegidas con hidróxido de Ca, K y Na.
- Medir la digestibilidad *in vivo* de grasas RAPPa (residuos de aceite de palma protegidos con hidróxido de calcio) y SOPCa (sebo ovino protegido de la degradación ruminal con Hidróxido de Ca), en niveles de 0, 3, 5 y 7%.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. ANATOMÍA DIGESTIVA DE LOS RUMIANTES

Rodríguez, A. y Valencia, E. (2007), reportaron que el estudio de la anatomía de los animales domésticos utilizados para la producción de carne o leche es de vital importancia, ya que nos ayuda a entender los procesos que conducen a dicha producción. Getty, S. (1986), precisaron que las especies animales, a través de su mecanismo evolutivo, se adaptan a diversas fuentes de alimentos, de tal forma que se han conformado grandes diferencias anatómicas y fisiológicas de los órganos digestivos entre las diversas especies animales, estas diferencias han permitido clasificar a los animales en monogástricos y poligástricos.

Rodríguez, A. y Valencia, E. (2007), reportaron que el aparato digestivo de los rumiantes, está formado por dos componentes; el tubo digestivo y las glándulas accesorias. El tubo digestivo empieza en la cavidad oral, continúa en el esófago, estómago, intestinos delgado y grueso y termina en el ano. Las glándulas accesorias (salivales, el hígado y el páncreas), tienen conductos que desembocan en el tubo digestivo, ya sea en la cavidad oral o intestino delgado.

Por otro lado Rojo, C. y González, E. (2013), señalaron que la más importante diferencia de los poligástricos, es la de tener un estómago de gran tamaño, dividido en cuatro compartimentos que son el rumen, retículo, omaso y abomaso; estos órganos digieren y absorben los alimentos; por otro lado, están formados por dos tipos de mucosas, una no glandular (los tres primeros compartimentos) y otra glandular (en la última porción del estómago).

El rumen es el compartimiento más voluminoso del sistema digestivos de los rumiantes que puede almacenar hasta 200 litros de contenido; se extiende desde el diafragma hasta la entrada de la pelvis, ocupan la mitad izquierda de la cavidad abdominal; y, está formado por una membrana mucosa, está recubierto por epitelio escamoso estratificado que representa papilas y además está rodeado por una capa muscular, que es la que produce las contracciones; enfatizó también que el rumen en su interior, presenta pliegues o pilares que los dividen en cinco sacos: dorsal, anterior, ventral, ciego dorsal, ciego ventral; entre sus funciones

está la fermentación bacteriana que descomponen la fibra de los vegetales y la fermentación de los carbohidratos para producir energía. Cunningham, J. (2002).

El retículo está situado en la parte anterior de la cavidad abdominal y separado del rumen por el pliegue retículo-rumen. En la porción superior derecha se abre el cardias, que es donde se une el esófago y por donde entran los alimentos. En esa misma región se halla la gotera esofágica, que consiste en un canal formado por dos pliegues que le permiten cerrarse y conducir alimentos líquidos directamente al estómago verdadero o cuajar. Las principales funciones son la fermentación microbiana; absorción de ácidos graso volátiles a través de la pared del rumen, la producción de gases que se eliminan a través del eructo y la retención de partículas largas de forrajes hacia el omaso. Redondo, P. (2003).

El omaso es el tercer compartimento del estómago; se lo conoce también como librillo debido a su anatomía interna que se asemeja a un libro por sus numerosos pliegues. El papel del omaso es separar el material sólido del contenido ruminal que llega a su interior. Las partículas del alimento son retenidas entre sus papilas y después son impulsadas hacia el abomaso mediante contracciones. En esta parte anatómica se absorben los residuos de AGV, agua y minerales. Rodríguez, A. y Valencia, E. (2007).

Swenso, W. (2001), mencionó que el cuarto estómago de los rumiantes es el abomaso, se ubica a la derecha y ventralmente en la cavidad abdominal, tiene forma de saco alargado con un extremo ciego denominado fundus y un extremo pilórico que desemboca en el intestino delgado llamado duodeno; las funciones principales son la secreción ácidos fuertes y enzimas digestivas, digestión de alimentos no fermentados en el rumen y digestión de proteínas bacterianas producidas en el rumen (0,5 a 2,5 kg por día).

Bondi, A. (1988), especificó que el intestino delgado es un tubo muscular situado entre los esfínteres pilórico e ileocecal; tiene una longitud de 40 m, un diámetro de 5 a 6 cm; está formado por el duodeno, yeyuno e íleon. El duodeno mide 90 a 110 centímetros, es el sitio donde se producen una serie de contracciones con la finalidad de mezclar los alimentos con los jugos digestivos. Al contenido intestinal

se añaden los jugos digestivos secretados por el páncreas, la bilis y las secreciones intestinales como el duodenal y el succus entericus. La función principal del intestino delgado es la absorción de nutrientes, digestión enzimática de los carbohidratos, proteínas, lípidos, agua, minerales, aminoácidos y ácidos grasos, y el pasaje del quimo hasta los segmentos posteriores.

El intestino grueso se compone del ciego, el colon y el recto; el colon termina en el recto y el ano. El intestino grueso es más corto, pero tiene un diámetro considerablemente mayor en relación al intestino delgado. La mayor parte de la absorción de los nutrientes digeridos, tiene lugar en la porción superior del tracto gastrointestinal de todas las especies y los componentes de los alimentos resistentes al ataque de las enzimas digestivas, o los que escapan de la fermentación ruminal principalmente la celulosa del pasto, que llega al intestino grueso donde por acción microbiana semejante al rumen es degradada y absorbida a través del epitelio intestinal, al igual que el agua, electrolitos y ácidos grasos. Bondi, A. (1988).

B. FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE LOS RUMIANTES

Los rumiantes se caracterizan por su capacidad para alimentarse de pasto y/o forraje; por su capacidad de degradar los hidratos de carbono estructurales, como celulosa, hemicelulosa y pectina la que se realiza mayoritariamente por digestión y los procesos fermentativos los realizan los microorganismos que se alojan en sus divertículos estomacales. Al alimentar a un rumiante, primero se lo hace a los microorganismos rúmiales, creando una simbiosis entre las bacterias y el animal. La digestión fermentativa, permite degradar hidratos de carbono estructurales la digestión involucra a todos los componentes de la dieta, ya que están expuestos al mismo proceso fermentativo, sin que esto represente siempre una ventaja desde el punto de vista del mejor aprovechamiento del alimento. Relling, A. y Mattioli, G. (2003).

Dentro del proceso digestivo de un animal Getty, S. (1986), indica que los procesos digestivos de los rumiantes experimentan mecanismos mecánicos, químicos y microbiológicos; estos mecanismos están relacionados y se apoyan en la rumia que consiste en la regurgitación de material semidigerido para seguir con

las siguientes funciones, que según Álvarez, A. (2009), son la remasticación, reinsalivación y redeglición.

Barreno, J. y Gingins, M. (2013), reportaron que el tiempo de rumia es de hasta 8 horas al día, con un intervalo de remasticación dura de 25 a 60 segundos y consiste en 30 a 80 movimientos de mandíbula. Son movimientos horizontales, típicos de los rumiantes. García, K. (2012), indicó que al cabo de aproximadamente un minuto el bolo es reingerido y vuelve al rumen tal como un bolo recién consumido, pero ya más despedazado y más fácilmente atacable por las bacterias. El tiempo total dedicado a la rumia depende del tipo de dieta, siendo muy pequeño en dieta con gran contenido de grano, pero con efectos negativos en la digestión de fibra y la producción de grasa de la leche.

Calsamiglia, S. y Ferret, A. (2002), indicaron que las funciones de la rumia; reduce el tamaño de las partículas de alimento, aumenta la actividad microbiana, mejora la digestión de las fibras e incrementa la producción de saliva. Por otro lado Barreno, J. y Gingins, M. (2013), informaron que la saliva, es segregada por las glándulas parótidas, submaxilares y sublinguales; está constituida en un 99% por agua y el 1% restante es mucina (precursor de la producción de gases).

Por otra parte Getty, S. (1986), indica que la cantidad de saliva producida durante la rumia es de 100 a 180 litros por día, sirve para mantener en condiciones adecuadas el pH ruminal, como fuente de nitrógeno (urea y mucoproteínas) y es rica en minerales, particularmente sodio, fosfatos, y bicarbonatos, que sirven como amortiguadores en el sistema digestivo, lubrican los alimentos para formar el bolo alimenticio y neutraliza los ácidos producidos durante la fermentación; Relling, A. y Mattioli, G. (2003), además, la cantidad de saliva producida depende de la calidad del alimento, la cantidad de agua que ingiere y el periodo de retención del alimento.

Otra característica de los rumiantes y de mucho interés actual, es la producción de metano que según Bondi, A. (1988), este parece ser un subproducto necesario de la fermentación anaerobia de los azúcares; tiene un alto valor energético, su expulsión implica pérdida de energía proveniente de los

carbohidratos administrados a los rumiantes. El metano se produce en el rumen por la reducción de dióxido de carbono con hidrogeno gaseoso, reacción realizada por todos los microorganismos del rumen.

Estos gases según García, K. (2012), señala que son eliminados por vía sanguínea o por medio de la eructación. Esta última ocurre por una contracción del saco dorsal diferente de las del ciclo e intercalada entre ellas. La mayor parte del gas se desplaza hacia el retículo, el cardiasse abre y el gas se escapa mientras que la digesta es retenida por el pliegue retículo ruminal. La distensión del rumen actúa como estímulo para iniciar el proceso de eructación. En ciertos casos se produce espuma que impide al nivel de la digesta bajar suficientemente para dejar libre la entrada al esófago (cardias), los gases no pueden salir y continúan acumulándose hasta producir la muerte si no se los hace salir por medios artificiales. Esto es el empaste.

C. MICROORGANISMOS RUMINALES

El rumen constituye el medio favorable, para el desarrollo de determinados microorganismos; entre las que predominan bacterias, protozoos y hongos en menor cantidad por ello el objetivo de alimentar bovinos con dietas nutricionalmente balanceadas es proporcionar un ambiente ruminal adecuado que maximiza la producción y el crecimiento microbiano. Guerrero, A. (2011).

1) Bacterias ruminales

Las bacterias ruminales son anaerobias estrictas, puesto que el rumen permite su crecimiento y reproducción en ausencia de oxígeno; estas comprenden entre el 50-60% de la masa microbiana del rumen y de todos los grupos microbianos que viven en él, son las que poseen el mayor ritmo de generación y la menor tasa de retención y constituye la principal fuente de nitrógeno para el rumiante. Martínez, M. (2009).

Calsamiglia, S. y Ferret, A. (2002), mencionaron que las bacterias, por acción fermentativa utilizan productos ricos en celulosa, hemicelulosa, almidón, azúcares, ácidos intermedios y glucosa para producir ácidos grasos volátiles, los cuales atraviesan las paredes del rumen y sirven como fuentes de energía para el

animal. En el cuadro 1, se muestra una clasificación funcional de las bacterias, propuesta por Relling, A. y Mattioli, G. (2003); en la cual incluyeron a varios tipos de bacterias, su característica funcional y los productos finales del metabolismo. Ocho fueron los grupos de bacterias incluidas en esta clasificación y las características funcionales, van desde la utilización de los carbohidratos, fibra, ácidos grasos volátiles, almidón, azúcares, grasas, proteínas, metano y urea; al mismo tiempo, especificaron con bastante detalle, los productos finales del metabolismo de cada uno de los grupos bacterianos considerados.

Cuadro 1. CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS BACTERIAS RUMINALES.

Grupo de bacterias	Característica funcional	Productos finales del metabolismo
Celulolíticas	Fermentan hidratos de carbono estructurales de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y pectinas)	AGV (acetato)
Amilolíticas	Fermentan hidratos de carbono de reserva de granos (almidón)	AGV (propionato)
Sacarolíticas	Fermentan hidratos de carbono simples (azúcares vegetales)	AGV (butirato)
Lactolíticas	Metabolizan el lactato	AGV (propionato)
Lipolíticas	Metabolizan las grasas	Ácidos grasos libres y AGV (propionato)
Proteolíticas	Degradan las proteínas	AGV y amoníaco (NH_3)
Metanógenas	Producen metano	Metano (CH_4).
Ureolíticas	Hidrolizan la urea	CO_2 y NH_3 .

Relling, A. y Mattioli, G. (2003).

Martínez, M. (2009), reportó que existen especies de bacterias, con una actividad degradativa específica para un determinado sustrato, como es el caso de las bacterias lipolíticas (*Selenomona ruminantium* y *Anaerovibrio lipolítico*), que utilizan glicerol y lo hidrolizan para la metabolización de las grasas y la producción de ácidos grasos libres y ácidos grasos volátiles.

2) Protozoos ruminales

Díaz, C. (2001), reporto que la población de protozoarios en el rumen es menor en relación a las bacterias, se encuentran concentraciones de 1 millón por ml de contenido ruminal.

Estos microorganismos, ocupan del 20 al 40% de la biomasa del rumen y su contribución al metabolismo del rumiante es pequeña en comparación a las bacterias, razón por la cual, no son imprescindibles para la función ruminal ni para la supervivencia del animal. Guerrero, A. (2011).

Según Martínez, A. et al. (2011), la actividad de los protozoos es incorporar hasta el 40% del nitrógeno microbiano total y proporcionar el 60% de los productos de fermentación microbiana; además, son responsables del 25% de la actividad celulolítica en el rumen. Estos microorganismos son anaerobios estrictos y se dividen en holotricos y entodiniomorfos; los holotricos, tienen la superficie del cuerpo cubierta de cilios y su forma es ovalada o redondeada, son móviles y utilizan carbohidratos no estructurales, fundamentalmente solubles; y, los entodiniomorfos, son complejos en cuanto a su conformación, y también específicos en sus requerimientos nutritivos, pueden utilizar almidón, celulosa, hemicelulosa, pectina y azúcares solubles.

3) Hongos ruminales

Guerrero, A. (2011), reporto que los hongos constituyen casi el 8% de la biomasa del rumen, realizan la digestión de los alimentos fibrosos durante las primeras horas después del consumo, producen un complejo enzimático capaz de degradar la fibra igual o mejor que las principales bacterias celulolíticas, incluso son capaz degradar parte de la lignina. Tienen la capacidad de penetrar en los residuos celulósicos y excretan las celulasas en sitios internos de las partículas celulósicas. La población fúngica no predomina en el rumen debido a su baja tasa de multiplicación en comparación con las bacterias; los grupos de hongos pueden ser del género *Filum*, *Chytridomicota*, y *Fungae*; estos microorganismos fueron los últimos en ser descubiertos por su modo de hidrolizar las partículas del alimento (Rodríguez, A. y Valencia, E. 2007).

D. METABOLISMO DE LAS GRASAS

Las grasas o lípidos se definen químicamente como sustancias orgánicas insolubles en agua pero solubles en disolventes orgánicos. Dentro del término general de lípidos se incluyen distintos compuestos que tienen en común contar con ácidos grasos en su estructura. Comprende productos tales como triglicéridos o grasas neutras (molécula formada por tres ácidos grasos unidos mediante un enlace éster a glicerol), lípidos estructurales (tales como las lecitinas en las cuales uno de los ácidos grasos es sustituido por un grupo fosfórico), ceras (ésteres de alcoholes de cadena larga de origen vegetal), ácidos grasos libres (procedentes de los procesos de refinado de la industria de aceites comestibles y otras) y jabones cálcicos (molécula sin glicerol y con los ácidos grasos saponificados por el ion calcio). Mateos, G. et al. (1996).

Por otro lado Bondi, A. (1988), mencionó que los ácidos grasos son los constituyentes más importantes de los lípidos, estos se dividen en ácidos grasos saturados e insaturados.

Díaz, C. (2001), consideró que, si la dieta del rumiante consiste principalmente de forrajes, los lípidos que estos aportan en mayor proporción son los galactoglicéridos, por lo contrario si en la dieta el nivel de granos o concentrados es elevado, los triacilglicéridos son más abundantes; la mayoría de los ácidos grasos presentes en la dieta de los rumiantes son insaturados. En el rumen, los galactoglicéridos, triglicilglicéridos y fosfolípidos, son hidrolizados por las bacterias en ácidos grasos libres y glicerol. Bondi, A.(1988), indicó que el glicerol derivado de la hidrólisis de los triglicilglicéridos, se fermentan hasta formar propionato y posteriormente se absorbe junto con los otros ácidos grasos volátiles (AGV); tanto insaturados como él (palmitoleico, oleico, linoleico, linolenico y araquidónico) y como saturados (acético, palmítico, propionico, butírico, butanoico, caproico, caprilico, caprico, laurico y mirístico).

USDA (2008), reportaron que los lípidos que se encuentran en el tejido adiposo del animal y en la leche de las especies rumiantes; sufren poca modificación por cambios en el aporte de lípidos insaturados de la dieta, debido a que el medio ambiente del rumen, produce la hidrogenación de una gran cantidad de AGV

insaturados y se adsorben en el intestino delgado. Ureña, F. (2005), algunos lípidos pueden escapar a la digestión microbiana ruminal y llegar intactos al intestino donde son digeridos; a estos lípidos se les denominan de sobrepaso.

Los AGV en el rumen se hidrogenan lo que ayuda al crecimiento bacteriano (simbiosis entre animal y microorganismos); sin embargo, los insaturados provocan cambios en la permeabilidad de las membranas microbianas lo que inhibe su desarrollo, se reduce la producción de metano al haber menor cantidad de hidrógeno, aumenta la energía disponible, ya que los ácidos grasos saturados liberan más energía al oxidarse que los ácidos grasos insaturados. Díaz, C. (2001).

Martínez, A. et al. (2010), mencionaron que los ácidos grasos que tienen menos de 12 carbonos, se vierten directamente hacia la vena porta y se transportan al hígado unidos a la albúmina sérica; el resto se esterifican e incorporan a lipoproteínas de muy baja densidad y quilomicrones que se transportan por vía linfática hasta el torrente sanguíneo para su distribución a los tejidos.

Los depósitos grasos no musculares, están constituidos casi exclusivamente por triglicéridos y son la principal reserva de energía del organismo; por el contrario, la grasa intramuscular posee distintas proporciones de fosfolípidos y triglicéridos en función del grado de engrasamiento. Martínez, A. et al. (2011). Los fosfolípidos de la membrana celular son el lugar preferente de deposición de los ácidos grasos poliinsaturados disponibles. Los AGV incorporados a los triglicéridos lácteos, se captan en sangre; por tanto, ofrecen la posibilidad de modificar el contenido de los ácidos grasos de la carne y sobre todo de la leche, aspecto favorable para la salud de los consumidores. Mateos, G. et al. (1996).

Hernández, R. y Díaz, T. (2011), mencionaron que las grasas y aceites, poseen limitaciones al incorporarse en la alimentación de rumiantes; por lo que, niveles mayores al 5% de la materia seca, disminuyen en consumo, debido a la formación de una película de grasa que aísla la superficie de la fibra, lo que impide el ataque enzimático y bacteriano y se afecta el proceso fermentativo en el rumen.

Entre las desventajas de uso de las grasas Palmquist, D.(1996), reporto que las grasas producen una disminución de la actividad microbiana por adsorción de la grasa en la superficie de la membrana bacteriana; sin embargo, la formación de jabones cálcicos o magnésicos, disminuye la disponibilidad de minerales esenciales para la actividad fermentativa del rumen, eliminación de una fracción de la población microbiana, por posibles efectos tóxicos de algunos ácidos grasos poli-insaturados, especialmente sobre las bacterias celulolíticas.

E. GRASAS DE SOBREPASO

El balance energético en un animal, es la diferencia entre la cantidad de energía que ingiere y la cantidad de energía que se gasta. El balance energético de una vaca después del parto está influenciado por la producción de leche, no obstante, esto no quiere decir que las vacas más productoras tengan un balance energético negativo mayor, pues uno de los factores que mayormente determina el balance de energía, es la ingestión de la misma. Durante el período postparto, la hembra debe cumplir varias funciones fisiológicas, entre las cuales la lactación es una de las funciones que mayor demanda energética tiene, disminuyendo la disponibilidad de energía para que se lleven a cabo otras funciones tales como: la involución uterina y el reinicio de la actividad cíclica ovárica, evento que marca el fin del puerperio. La mayoría de los problemas de la salud reproductiva en vacas de leche de alta producción, ocurren durante la lactancia temprana y han sido relacionados con el balance energético negativo, que se presenta aun cuando se suministra cereales. Hernández, R. y Díaz, T. (2011).

Los suplementos energéticos más empleados en la alimentación animal son los granos de cereales (maíz, sorgo, avena, trigo, cebada), los afrechillos (de trigo y arroz), la melaza y las raciones balanceadas comerciales. En general presentan alta contenido de energía y bajo nivel de proteína. La ingestión de altos niveles de concentrados en dietas mal balanceadas (deficientes en fibra efectiva) o en animales no acostumbrados puede causar trastornos digestivos (acidosis ruminal) que puede ir desde disminución de la producción hasta la muerte de animales dependiendo de la severidad y duración del proceso. Soto, C. (2004).

(Soto, C. 2004). Los granos de rápida degradabilidad ruminal (ej. trigo, cebada) presentan mayor riesgo de producir acidosis que los de más lenta degradabilidad ruminal (ej. maíz, sorgo). Los granos enteros presentan una menor digestibilidad que los procesados, debido a la cubierta externa de los granos opone resistencia a la digestión de su contenido (almidón), por lo tanto el procesamiento físico y/o químico al romper las envolturas mejora la digestibilidad.

En tal virtud y debido a los problemas antes mencionados Acurero, M. (1999), recomendó el uso de las grasas como recurso energético, ya que contienen 2,25 veces más energía que el azúcar y la fécula de los cereales, y son altamente digestibles. En cuanto a sus propiedades benéficas están a aumentar la densidad energética de las raciones mejorando la absorción de compuestos liposolubles como algunas vitaminas que se disuelven en grasa e influyen positivamente en la composición de la leche. Por otro lado es importante considerar la calidad de la grasa y esta depende del contenido de ácidos grasos libres, humedad, color, olor y dureza.

Por otro lado según Palmquist, D.(1996), antes de usar las grasas sean de origen animal o vegetal hay que tomar en cuenta; los efectos de la grasa sobre la digestibilidad ruminal, efectos de la grasa sobre la digestibilidad de los nutrientes, efectos del rumen sobre la composición de los ácidos grasos, digestibilidad de la grasa, eficacia de utilización de la energía, reparto de los nutrientes (incluyendo condición corporal), consumo de alimento, reproducción, producción, composición del producto, y la incorporación de grasas en piensos.

En cuanto al uso y su origen Acurero, M. (1999), indicó que hay que considerar principalmente la grasa animal, puesto que está sujeta a la oxidación y cuando ello ocurre se vuelve rancio, lo cual reduce su palatabilidad y puede ser causa de problemas nutricionales, efectos inhibitorios sobre la actividad microbiana ruminal y la digestión de la fibra. De manera que la grasa utilizada en la alimentación animal debe ser resistente a la oxidación, recomendándose adicionar sustancias antioxidantes como el tocoferol, ácido cítrico o BHT, y sales minerales para formar grasas de sobrepaso.

Méndez, M. (2013), hace referencia a varios factores que ponen en riesgo la productividad del ganado, pero también existen muchas alternativas para ayudar a mantener esta actividad en óptimas condiciones, entre ellas la suplementación en la dieta del ganado con productos especiales son una excelente alternativa para ayudar a reducir los problemas que se presentan como resultado de una deficiencia en la alimentación, permitiendo con ello la mejora del estado nutricional y corporal del animal, viéndose reflejados estos beneficios en su producción.

Como solución y alternativa para mejorar la producción Pinos, S. (2012), menciona la suplementación con grasas protegidas es una buena alternativa para la alimentación de ganado ya que incrementan la densidad energética de la dieta, proporcionan energía para los tejidos y la glándula mamaria que se traduce en un incremento en la producción de leche (aproximadamente un 10% más), aumento en el porcentaje de grasa y lactosa; disminuye la concentración de ácidos grasos libres previniendo la incidencia de cetosis, aumenta la producción en el ciclo total de lactancia y mayor prolongación y persistencia de la curva de lactancia.

Además Méndez, M.(2013), establece que el suministro de grasa sobrepasante produce un aumento de peso después del parto, mantiene la condición corporal y evita la movilización de reservas grasas, sin causar riesgos metabólicos comparados con el uso intensivo de grandes cantidades de granos y de las grasas comunes.

Los beneficios reproductivos del uso de este tipo de grasas según Hernández, R. y Díaz, T. (2011), es disminuir el BEN durante el periodo postparto temprano, (fase donde el animal responde destinando los nutrientes hacia las funciones vitales prioritarias, tales como la lactación, dejando en un segundo plano la actividad reproductiva, tales como: involución uterina, reinicio de la actividad cíclica ovárica), lo que se traduce en una mayor producción de hormona luteinizante (LH) y de hormona folículo estimulante (FSH) por la hipófisis, generando un mayor crecimiento y desarrollo folicular y favoreciendo la ovulación para dar paso a la concepción y la generación de una nueva gestación.

Para el uso eficiente de las grasas García, K. (2012), señaló que en la producción ganadera son conocidos cuatro tipos de grasas inertes: las recubiertas con proteínas y enfriadas mediante pulverización, grasa endurecidas hidrogenadas, las semillas intactas y las sales de calcio de los ácidos grasos.

Las sales de calcio de los ácidos grasos se obtienen por medio de un proceso denominado saponificación; donde los ácidos grasos libres se unen con iones de Ca formando una sal o jabón de Ca, estos compuestos presentan un punto de fusión alto y su solubilidad se presenta en pH inferior a 5.5, y por lo tanto no se disocian en el rumen, ni se disuelven en el líquido ruminal, pero si en el abomaso donde encontramos un pH de 2 a 2.5 el cual permite que esta sal se disocie liberando las moléculas de ácidos grasos y el Ca para que sean digeridos en el intestino. Yubaille, F. et al. (2013).

Mateos, G. et al. (1996), indicaron otro tipo de grasas protegidas que son las hidrogenadas: son grasas de diferentes fuentes lipídicas que han sido sometidas a un proceso donde se hidrogenan parcialmente los dobles enlaces para elevar su punto de fusión y hacerlas insolubles y disminuir su actividad en el rumen, el inconveniente que presentan estas grasas es que su digestibilidad en el intestino delgado desciende al ser grasas parcialmente saturadas y por esta razón su inclusión en las raciones para vacas lecheras es baja.

En cuanto al uso de semillas Cabrera, O. y Del Carpio, P. (2007), consideran que son grasas inertes porque permiten una tasa de liberación de la grasa lo suficientemente lenta para que la población microbiana pueda manejar y tolerar los efectos negativos de los ácidos grasos insaturados. Estos efectos se presentan principalmente sobre la fertilidad, el CMS, el recuento de glóbulos rojos y alta degradabilidad de la proteína a nivel ruminal.

F. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS RUMIANTES.

En nutrición animal generalmente se han reconocido cuatro aspectos básicos que se deben tomar en cuenta: los requerimientos del animal, el contenido nutricional de los alimentos, su digestibilidad y la cantidad consumida por el animal. En cuanto a los requerimientos del animal es de vital importancia tomar en cuenta ya

que de ello depende proporcionar una dieta equilibrada, que optimizara la producción (leche, carne) y mejorara la actividad reproductiva; factores que conllevan a mejorar la actividad económica del productor. Preston, R. y Leng, R. (1989).

Infocarne, (2014), señalaron que es necesario que se incluyan en las raciones para rumiantes los siguientes componentes; materia seca, agua, proteínas, fibra, vitaminas y minerales. En cuanto al consumo de materia seca un bovino requiere entre el 2 y 3% de su peso vivo, según el estado fisiológico y la producción del animal. El consumo de agua en los rumiantes es en dependencia de varios factores, la edad del animal, el clima y el consumo de materia seca.

La proteína en los vertebrados es imprescindible principalmente en animales que están en crecimiento y en producción. Pero en el caso de los rumiantes esta necesidad se expresa en proteína digestible y es producida por acción de los microorganismos del rumen. La cantidad de proteína que una vaca lechera esta entre 70 y 100 gr por Kg de materia seca consumida. La fibra en los rumiantes es un componente de la dieta, determinante puesto que estimula la función del rumen, ayuda a mantener el nivel de grasa de la leche. Los niveles óptimos de fibra para vacas en producción oscila entre el 17 y 20% de la materia seca, valores superiores a este porcentaje afectan la capacidad de consumo de alimento sin embargo niveles inferiores causan una reducción del porcentaje de grasa en la leche. Infocarne, (2014).

Fernández, A. (2008), indica que la energía es el nutriente más importante y se obtienen de los carbohidratos y de las grasas utilizadas como suplementos. En cuanto al aporte de energía hay que tener cierto cuidado, ya que si son insuficientes, los microorganismos del rumen principalmente las bacterias no pueden llegar a convertir las proteínas requeridas en su alimentación, y por lo tanto, se puede producir una disminución en producción de leche y lo que es más complicado problemas digestivos que en relación a la severidad pueden causar la muerte del animal.

Infocarne, (2014), indican que en cuanto a las vitaminas para rumiantes las más importantes y que en ocasiones hay deficiencia son la A, D, E. Por otro lado las vitaminas B y K generalmente son sintetizadas por las bacterias de rumen durante la digestión. Los minerales más importantes para la producción en rumiantes son el calcio, fosforo, magnesio, cobre, cobalto, yodo y selenio. De los más importantes la función del calcio y el fosforo es la formación de huesos, motilidad de los músculos y la producción de leche.

G. TÉCNICAS PARA DETERMINAR LA DEGRADABILIDAD RUMINAL DE LOS NUTRIENTES.

Sanginés, L. (2001). Indica que la digestión de los rumiantes, es un proceso complejo que involucra interacciones entre la dieta, los microorganismos ruminales y el hospedero; separar el proceso en sus componentes, permite un mejor entendimiento de su dinámica y facilita su descripción matemática.

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. Los procesos de digestión y pasaje pueden ser descritos por modelos compartimentales en los cuales cada compartimiento representa un proceso distinto. Diferentes modelos han sido propuestos para describir la digestión y pasaje de los alimentos en los rumiantes; en los cuales, el alimento desaparece del rumen por degradación y absorción o por tránsito al tracto digestivo posterior, apareciendo finalmente en las heces. Ørskov, E.R. (1980).

El valor nutritivo de los forrajes está principalmente en función de la digestibilidad del mismo. Por tanto la calidad de un alimento se mide en términos de digestibilidad, que determina la concentración de energía metabolizable y el consumo de MS. Lechtenberg, V.L. et al. (1972).

Bondi, A. (1989), reportó que la evaluación de un alimento, se realiza mediante técnicas de digestibilidad *in vitro*, *in situ* e *in vivo*, puesto que permiten estimar la cantidad de nutrientes presentes en una ración y que son absorbidos en el tracto digestivo de un animal.

Digestibilidad *in vitro*:

Gómez, P. (2001), indica que esta técnica es utilizada para la alimentación utilizada en los rumiantes, simulándose al nivel de un laboratorio los procesos digestivos que se llevan a cabo en el animal. Se somete una muestra seca de forraje, finamente molida al tamaño de 1 mm, a un proceso inicial de digestión con líquido ruminal y luego a uno posterior de digestión con ácido clorhídrico y pepsina, especialmente útil y confiable para la valoración de la digestibilidad de forrajes tropicales.

Según Tilley, J. y Terry, R. (1963), esta técnica consiste en una fermentación inicial de la muestra con microorganismos ruminales junto a una solución buffer y en condiciones anaeróbicas durante 48 h, está dividida en dos etapas; etapa I que simula la digestión ruminal, y una segunda etapa, que simula la digestión postruminal, donde el residuo de la etapa anterior se trata con pepsina ácida durante otras 48 h. El residuo resultante representa la fracción indegradable. Una de las alternativas de la técnica *in vitro* consiste en la utilización de enzimas en lugar de microorganismos, cuya principal ventaja es que no requiere de animales como donadores de inóculo.

Getachew, G. et al. (1998), indico que estas técnicas tienen la limitante de estimar la digestibilidad final del sustrato y no proveen información sobre la cinética de digestión. Rymer, C. et al. (2005), menciona en su investigación a McBee, R. (1953), quien fue el primero en desarrollar el principio de estimar la degradación ruminal potencial del alimento a través de la producción de gas en muestras incubadas con licor ruminal. A partir de ese momento, la técnica fue modificada por distintos investigadores.

Trei, J y Terry, R. (1963), instalaron un manómetro en cada recipiente de incubación para medir la producción de gas. Posteriormente Menke, K. et al. (1979), desarrollaron un sistema de jeringas graduadas que mide el volumen de gas producido a través del desplazamiento de un pistón dentro de las jeringas durante un período de 96 h. Este sistema fue modificado por Theodorou, M.K. et al. (1994), quienes propusieron el reemplazo de las jeringas por botellas cerradas en los que se mide el gas producido con un medidor de presión.

El principio de esta técnica según Menke, K. et al. (1979), es la degradación y fermentación de la muestra para producir ácidos grasos volátiles (AGV), acético, propiónico y butírico principalmente, y generando gas (CO_2 , CH_4 y H_2). Las muestras de alimento se incuban con licor ruminal y una solución buffer a una temperatura constante de 39°C . Permitiendo la medición del gas proveniente directamente de la fermentación y del CO_2 que es liberado cuando los AGV reaccionan con el medio buffer de bicarbonato (Getachew, G. et al. 1998). Por lo tanto, la producción de gas ocurre simultáneamente a la fermentación y en proporción a la digestión de la muestra.

Por su parte Perl, A. et al. (1994), señalaron que los sistemas utilizados para medir la producción de gas se dividen en; los que miden el volumen de gas producido a presión constante y los que miden la producción de gas manteniendo un volumen constante. El primer sistema tiene la ventaja de ser económico, pero es menos sensible. En el segundo sistema la presión se acumula en los recipientes y su medición a diferentes intervalos de tiempo permite obtener el perfil de producción de gas.

Un inconveniente de mantener el volumen constante es que la presión aumente de forma tal que pueda afectar la solubilidad de los gases producidos. Existe un tercer sistema que mide la producción de gas a presión y volumen constante por medio de manómetros o sensores que pueden ser de operación manual, semiautomáticos o totalmente automáticos (Rymer, C. et al. 2005).

Con respecto a la fuente de inóculo, varios autores mencionan que se debe identificar un inóculo alternativo al licor ruminal como fuente de microorganismos, y ante esta situación Mauricio, R.M. et al. (2001), estudiaron el líquido ruminal y heces como fuente de inóculo, mostrando que con las heces se obtuvieron mayores tiempos de colonización y menor fermentación, debido posiblemente a que la actividad microbiana es menor que en el líquido ruminal. Una alternativa a evaluar sería el uso de mayor cantidad de inóculo fecal o más concentrado.

En cuanto a la evaluación de esta técnica Beuvink, J.M.W. y Kogut, J. (1993), señalaron la descripción matemática de las curvas de producción de gas que

permite el análisis de los datos con el fin de comparar sustratos y evaluar diferentes ambientes de fermentación. Llegando a la creación de varios modelos con sus ventajas y desventajas y su elección depende principalmente del tipo de sustrato en estudio (Dhanoa, M.S. et al. 2000). En general, las curvas de producción de gas presentan forma sigmoideal y en ellas pueden distinguirse tres fases. Una fase inicial de baja o nula producción de gas que se denomina fase lag, en la cual la pendiente de los perfiles tiende a ser cero. Una segunda fase exponencial de rápida producción de gas y la tercera donde la disminución del sustrato hace que el perfil se aproxime a una asíntota donde nuevamente la producción de gas es lenta y casi nula (Noguera, R.R. et al. 2004).

Digestibilidad *in situ*

La digestibilidad *in situ* o bolsa artificial, es la técnica más simple para estimar la digestibilidad de nutrientes utilizados en la alimentación; puesto que no requiere de infraestructura especializada y permite la inclusión de un mayor número de muestras. Ørskov, E.R. (1980).

Getachew, G. et al., (1998), indica que además tiene como objetivo principal medir la desaparición de la materia seca u orgánica de los alimentos, como así también de sus componentes como proteína o pared celular, cuando son expuestos a las condiciones ruminales; el periodo de incubación está determinado por el tiempo que si es mayor a 48 horas, los resultados obtenidos son comparables con la digestibilidad *in vivo*. En cuanto a su evaluación esta técnica ha propuesto distintos modelos matemáticos para analizar los datos de desaparición *in situ*.

Los más utilizados son los modelos de Ørskov, E.R. y McDonald, I. (1979) y el de McDonald, I. (1986), que se diferencia del anterior por considerar un tiempo de retardo antes de comenzar la degradación de la fibra. Strizler, N.P. et al. (1997), analizaron varios modelos matemáticos y concluyeron que todos ellos estiman con similar precisión la degradabilidad ruminal del alimento, pero puede obtenerse más información si se procesan los datos utilizando el modelo propuesto por McDonald, I. (1981).

Por otra parte las ecuaciones predictivas de digestibilidad son una alternativa para evaluar rápidamente alimentos en los laboratorios comerciales de nutrición. Estas ecuaciones estiman la digestibilidad del alimento a partir de sus componentes químicos o de los constituyentes de la pared celular (Weiss, W.P.1993).

Entre las más utilizadas se encuentran la ecuación sumativa de Van Soest, P.J. (1967) y la ecuación empírica de Rohweder, D.A.et al. (1978). La ecuación sumativa estima la digestibilidad a partir del contenido celular, al cual se le asigna un valor de digestión fijo del 98%, y de la cantidad de pared celular, cuya digestión depende del grado de lignificación de la FDA (fibra detergente ácido). Es decir que esta ecuación considera tanto los componentes solubles como los de la pared celular, mientras que la ecuación empírica se basa únicamente en el contenido de FDA.

Sin embargo, varios investigadores han demostrado que la relación entre la digestibilidad del forraje y el contenido de FDA varía considerablemente. Asimismo, forrajes con el mismo contenido de FDA puede tener distinta digestibilidad (Siciliano, J. 2001).

Según Sanginés, L. (2001), esta técnica comparada con la *in vitro*, presta mayor confiabilidad debido a que el material en estudio que se encuentra suspendido en el rumen, está en contacto directo con el ambiente el mismo (temperatura, pH, sustrato, buffer, enzimas). La utilidad y confiabilidad de esta técnica, depende del tamaño y material de la bolsa, diseño estadístico, repeticiones, preparación y tamaño de la muestra, tiempo de incubación, dieta del animal y lavado de la bolsa. Gómez, H. et al. (2007).

Respecto al tamaño de la funda Ørskov, E.R. (1988), señaló que el más usado es de 14 x 9 cm y una porosidad de 40 a 60 micras, para la incubación de 2 a 5 gr de dieta en estudio; por otro lado, recomendó que el peso de las muestras colocadas dentro de cada bolsa debe ser la siguiente: 2 gr para paja molida, 3 gr para heno de buena calidad, 5 g para concentrados y 10 -15 g para forraje fresco con un tamaño de partícula de 1 a 2 mm.

Gómez, H. et al. (2007), señalaron que los tiempos de incubación y las repeticiones de cada tratamiento constituyen factores determinantes en este tipo de estudios; los concentrados requieren de 12 a 36 horas para degradarse; los forrajes de alta calidad requieren de 24 a 48 horas y los forrajes de menor calidad de 48 a 72 horas; sin embargo, pueden considerarse tiempos máximos de estudio, que pueden ser: 48 horas para concentrados, 60 horas para forrajes de alta calidad y 120 horas para los forrajes de baja calidad. Para todos los tiempos de incubación no se debe sobrepasar más de cinco fundas para evitar altos niveles de varianza Lachmann, M. y Araujo, O. (1999).

Cinética de la digestión

Mertens, J. (1977), señaló que las técnicas *in situ* se usan para estimar la cinética de digestión de la proteína, materia seca o de las paredes celulares por ser los más apropiados para ello, ya que se pueden medir los efectos combinados del alimento, del animal, siendo el objetivo fundamental medir la tasa intrínseca o inherente y el grado de digestión del alimento, en donde la digestibilidad es proporcional a la concentración de sustrato, a través de la siguiente fórmula.

$$dS/dt = -K_s S$$

Dónde:

dS/dt = Velocidad a la que disminuye la concentración de sustrato (S).

K_s = Constante de velocidad de la desaparición de sustrato.

Por otro lado Rosero, P. y Posada, S. (2007), se refieren a la precisión de los modelos matemáticos para simular con buena aproximación a situaciones reales, existen diferentes métodos que permiten estimar la tasa y la extensión de la degradación de los alimentos, de tal forma que permiten predecir el valor nutricional de los forrajes; a través del modelo no lineal recomendado por Orskov, E.R. y McDonald (1979).

$$P = a + b * (1 - \exp -c*t)$$

Donde la estimación de los parámetros de degradabilidad, por medio de esta fórmula permite tomar en cuenta la fase Lag o tiempo de colonización de la fibra por los microorganismos.

P: degradabilidad de la MS al tiempo t;
 a: fracción de la MS rápidamente disponible
 b: fracción degradable; t: tiempo de incubación
 c: tasa de degradación de la MS. Mertens, J. (1977).

Rosero, P. y Posada, S. (2007), menciono que la técnica *in situ* por degradación ofrece la posibilidad de estudiar la degradabilidad ruminal de los alimentos a través de la utilización de sacos de nylon suspendidos en el rumen. Su uso ha sido reconocido debido a su gran aproximación a los resultados *in vivo*, puesto que también puede ser usada para describir las características de degradación de los componentes estructurales del forraje.

Digestibilidad in vivo

Gómez, H. et al. (2007), reporto que la digestibilidad *in vivo* consiste en medir la cantidad de alimento que consume un animal o conjunto de animales y las excretas que se liberan durante un tiempo determinado; este método no estima el gas metano producido durante la fermentación ruminal que se pierde mediante el eructo; y por otro lado, las heces no sólo están compuestas de restos de alimento no digeridos, sino que también la constituyen enzimas, sustancias segregadas por el intestino y células de la mucosa intestinal; por este motivo, la digestibilidad calculada resulta inferior a la digestibilidad que realmente tendrá el alimento que se evalúa.

La medición incluye la ingestión de una ración cuya composición es conocida y la colecta total de la excreción fecal correspondiente al alimento consumido. La medición está representada por un coeficiente de digestibilidad, expresado en forma porcentual, que se calcula mediante la fórmula propuesta por Bondi, A. (1988).

$$CD = \frac{NI - NH}{NI} * 100$$

Dónde:

CD=Coeficiente de digestibilidad

NI=Nutrientes Ingeridos

NH=Nutriente en Heces

Tobal, C. (2005), reportó que en los estudios de la digestión, los animales se confinaron en un establo para facilitar la recolección de heces y orina; este método es laborioso, requiere de disponibilidad de jaulas de colección, de personal adiestrado en su manejo, el costo de mantenimiento de los animales es elevado hay imposibilidad de utilizar hembras en los ensayos por el efecto del ciclo estral, implica la medición diaria de consumo, la colección de heces una o dos veces al día y evitar su contaminación con la orina. Evaluación de los alimentos por medio de este método los animales más utilizados son ovinos; aun cuando la mayoría de los alimentos para rumiantes son consumidos por bovinos, sin embargo ambas especies presentan algunas diferencias con respecto a necesidades de alimentos y espacio físico.

Lascano, C. et al. (1990), señaló que ovinos y bovinos requieren utilizar jaulas individuales que permitan la colección de heces; las jaulas usadas para el método *in vivo*, deben disminuir el movimiento del animal, deben tener piso ranurado para evitar el exceso de humedad y poder recoger las heces fecales.

Cañas, R. (1995) mencionó que debe existir un período preliminar llamado de adaptación, en el cual se alimenta el animal con la dieta experimental permitiendo que se elimine del tracto digestivo cualquier resto de alimentos procedentes de otra dietas; durante el periodo experimental se debe suministrar a cada animal un alimento uniforme y cuidadosamente pesado; y, durante la toma de datos, se deben tomar muestras del alimento rechazado por el animal, recoger y pesar las heces, que serán enviadas al laboratorio para el análisis de sus componentes.

Según Tobal, C. (2005), indica las ventajas y desventajas de esta técnica de digestibilidad entre las que menciona que: es un método relativamente exacto pero demora mucho tiempo, poco práctico, es sin duda el que da la mejor estimación de la digestibilidad de los alimentos, presenta un leve sesgo respecto de la digestibilidad real debido al material endógeno que se elimina a través de las heces. Esta técnica requiere de grandes cantidades de muestras, largos períodos y su costo es elevado ya que requiere de infraestructura especial.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se realizó en el Modular Ovino – Caprino (digestibilidad *in vivo*) y en la Estación Experimental Tunshi (digestibilidad *in situ*) de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica Chimborazo – Ecuador.

1. Condiciones Meteorológicas.

Las condiciones meteorológicas medidas por el Estación Meteorológica de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH, se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Parámetro	Año 2013	Año 2014
Altitud m.s.n.m.	2850	2850
Temperatura °C	13.36	14
Humedad Relativa %	64	62
Vientos	2,35	2,08
Precipitación mm/año	490.8	350,7

Fuente: Anuario meteorológico de la FRN. ESPOCH (2013).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

Para digestibilidad *in vivo* se utilizaron 6 ovinos con un peso promedio de 21,38 ±2,39 Kg; cada uno de los animales constituyó una unidad experimental. Por su parte para la digestibilidad *in situ* las grasas protegidas y del henose utilizaron 342fundas de nylon, todas las fundas fueron colocadas en el interior del rumen de las vacas fistuladas, cada funda constituyó una unidad experimental.

C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES

Los materiales, equipos e instalaciones que se utilizaron en la presente investigación fueron los siguientes:

1. Materiales

- 3 Vacas Holstein mestizas, de 7.66 ± 1.53 años de edad y un peso promedio de $727,33 \pm 53,20$ Kg.
- 8 Ovinos Rambouillet mestizos de $10,25 \pm 1,28$ meses de edad y un peso de $21,375 \pm 2,387$ kg.

- 250 Kg de heno compuesto por *Avena sativa* (37.9%), *Vicia fava* (30.5%), *Medicago sativa* (25.6%) y *Lolium multiflorum* (6%), el cual fue utilizado como alimento de los ovinos en la digestibilidad *in vivo* y estudio en la evaluación de la digestibilidad *in situ* del pasto.
- 6 Kg grasas de sobrepaso (Residuos de Aceite de Palma y Sebo Ovino) elaboradas con sales de Na, K y Ca.
- 342 Bolsas de digestibilidad
- Desparasitantes: Ivermectina al 1.3% y Albendazol al 1% como
- Vitaminas del complejo B como anti estrés de transportación.
- 8 Jeringas desechables de 10 ml
- 100 Fundas ziploc para recolección de heces.
- Material de limpieza: Escobas, Mangueras, Caretilla
- Material de escritura: Libreta de campo, Esferográficos
- 3 cadenas de acero inoxidable como suspensores de las muestras colocadas en rumen, complementadas con hilo de nylon para sujeción.
- Enfriador manual con hielo

2. Equipos

- Balanza digital con capacidad de 5 Kg para el pesaje de las heces tomadas en el trabajo de campo.
- Balanza analítica, con capacidad de 200 gr y una sensibilidad de 0,1 gr o 0,01 gr para el pesaje de las muestras utilizadas en la digestibilidad *in situ*.
- Sellador de fundas.

3. Instalaciones

- Establo y Mangas de manejo que facilitaron la colocación y extracción de las bolsas de digestibilidad.
- 8 Jaulas de digestibilidad *in vivo* con sus respectivos comederos, bebederos, bandejas de recolección de heces y orina.

D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

1. Esquema del experimento para digestibilidad *in situ* de las grasas elaboradas con sebo ovino y residuos de aceite de palma.

El esquema del experimento para el estudio de la degradabilidad *in situ* se presenta en el cuadro 3, se estudió la degradabilidad de las grasas de sobrepaso protegidas de la degradación ruminal. Estas grasas fueron protegidas con sales de Ca, K y Na; elaboradas a partir de RAP y SO como materias primas. Para el estudio de estas grasas se colocó en fundas de nylon específicas para digestibilidad a razón de 2 gr por funda. Las fundas se sometieron a diferentes tiempos de exposición (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 y 48 horas).

Cuadro 3. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO PARA DIGESTIBILIDAD *IN SITU* CON GRASA BYPASS ELABORADA CON SEBO OVINO Y RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA.

ANIM.	DIET.	MAT/FUN.	TIEM /HORAS.	REP.	T/FUN.
1	Pasto	SOP Ca	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 y 48	3	30
2	Pasto	SOP K	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 y 48	3	30
3	Pasto	SOP Na	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 y 48	3	30
4	Pasto	RAP Ca	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 y 48	3	30
5	Pasto	RAP K	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 y 48	3	30
6	Pasto	RAP Na	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 y 48	3	30
Total					180

ANIM: Animal DIET: Dieta MAT: Material FUN: Fundas TIEM: Tiempo T/FUN: Total de Fundas.

a. Esquema del experimento para digestibilidad *in situ* del heno bajo la influencia de la grasa elaborada con sebo ovino y residuos de aceite de palma.

Se estudió la digestibilidad *in situ* del heno compuesto de *Avena sativa* (37.9%), *Vicia fava* (30.5%), *Medicago sativa* (25.6%) y *Lolium multiflorum* (6%). Bajo la influencia de las grasas de sobrepaso protegidas de la degradación ruminal con sales de Ca, K y Na; elaboradas a partir de RAP y SO como materias primas.

Estas grasas se las colocó en fundas de nylon específicas para digestibilidad a razón de 2 gr por funda. Las fundas se sometieron a diferentes tiempos de

exposición (0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 72 y 96 horas). El esquema del experimento para esta fase del estudio, se presenta en el cuadro 4.

Cuadro 4. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO PARA DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DEL HENO CONTENIDO EN LAS BOLSAS.

ANIM.	DIET.	MAT/FUN.	TIEM /HORAS.	REP.	T/FUN
1	RAPPNa	HENO	0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 72 y 96	3	27
2	RAPPK	HENO	0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 72 y 96	3	27
3	RAPPCa	HENO	0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 72 y 96	3	27
4	SOPNa	HENO	0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 72 y 96	3	27
5	SOPK	HENO	0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 72 y 96	3	27
6	SOPCa	HENO	0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 72 y 96	3	27
Total					162

ANIM: Animal DIET: Dieta MAT: Material FUN: Fundas TIEM: Tiempo T/FUN: Total de Fundas.

2. Para digestibilidad *in vivo*:

Se estudió la digestibilidad *in vivo* de las grasas de sobrepaso protegidas de la degradación ruminal con sales de Calcio, se estudió en ovinos mestizos Rambouillet de un peso promedio de 21,38 ±2,39 Kg., donde fueron alimentados con heno compuesto de *Avena sativa* (37.9%), *Vicia fava* (30.5%), *Medicago sativa* (25.6%) y *Lolium multiflorum* (6%).

Las grasas fueron elaboradas con Residuos de Aceite de Palma (RAO) y Sebo Ovino (SO). A estas grasas se evaluaron diferentes niveles de (0, 3, 5, y 7%), cuyo porcentaje fue calculado en relación al consumo de alimento por parte de cada uno de los animales en estudio. El esquema del experimento para esta fase del estudio, se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO PARA DIGESTIBILIDAD *IN VIVO*

TRATAMIENTO	CÓDIGO	REP.	TUE	TOTAL
Dieta con el 3% de SOPCa	DSO3%	3	1	3
Dieta con el 5% de SOPCa	DSO5%	3	1	3
Dieta con el 7% de SOPCa	DSO7%	3	1	3
Dieta con el 3% de RAPPa	DRAP3%	3	1	3
Dieta con el 5% de RAPPa	DRAP5%	3	1	3
Dieta con el 7% de RAPPa	DRAP7%	3	1	3
Total				18

SOPCa= Sebo ovino protegido con sales de calcio
 RAPPa = Residuos de Aceite de palma protegido con sales de calcio.

a. Diseño Experimental

En todos los casos se aplicó un Diseño Completamente al Azar, con tres repeticiones.

El modelo lineal aditivo del diseño utilizado fue el siguiente:

$$X_{ij} = u + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = Variable dependiente

u = Media general

α_i = Efecto de los tratamientos

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Las variables evaluadas en la presente investigación fueron las siguientes:

1. Para Degradabilidad *in situ* de las grasas:

- Degradabilidad de RAPPa a 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 y 48 horas.
- Degradabilidad de RAPPK a 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 y 48 horas.
- Degradabilidad de RAPPNa a 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 y 48 horas.
- Degradabilidad de SOPCa a 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 y 48 horas.
- Degradabilidad de SOPK a 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 y 48 horas.
- Degradabilidad de SOPNa a 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 y 48 horas.

2. Para Degradabilidad *in situ* del pasto:

- Degradabilidad de la MS en 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 72 y 96 horas.
- Degradabilidad de la MO en 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 72 y 96 horas.

Mismas que fueron tomadas de la referencia citada por Orskov, et al., (1980), donde indica que los tiempos de incubación constituyen uno de los factores determinantes y varía de acuerdo al material en estudio. Al respecto indican que los concentrados requieren de 12 a 36 horas para degradarse; y para forrajes de acuerdo a su clasificación de calidad; los forraje de alta calidad, de 24 a 48 horas y los forrajes de menor calidad de 48 a 72 horas.

Los tiempos máximos de incubación para concentrados pueden ser hasta 48 horas, para forrajes de alta calidad hasta 60 horas y para los forrajes de baja calidad hasta un máximo de 120 horas de incubación. Además se sugiere que el número de tiempos a evaluar para un alimento no sea menor a 6; sobre todo cuando el objetivo es determinar el potencial de degradación ruminal. (Ayala, B. y Rosado, R. 2000).

3. Para digestibilidad *in vivo*:

- Consumo de alimento.
- Digestibilidad de la Materias Seca.
- Digestibilidad de la fibra.
- Digestibilidad de la Materia Orgánica.
- Digestibilidad de la Grasa.

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Los resultados experimentales fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos:

- Análisis de Varianza (ADEVA)
- Separación de Medias según Duncan, a niveles de significancia de 0,05 y 0,01.

El esquema del análisis de la varianza para digestibilidad *in situ* de la grasa de sobrepaso elaborada con sebo ovino y residuos de aceite de palma, se aprecia en el siguiente cuadro 6.

Cuadro 6. ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE LA GRASA ELABORADA CON SEBO OVINO Y RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	29
Tiempo	9
Error	20

El esquema del análisis de la varianza para digestibilidad *in situ* del heno compuesto por *Avena sativa* (37.9%), *Vicia fava* (30.5%), *Medicago sativa* (25.6%) y *Lolium multiflorum* (6%), bajo la influencia de grasas de sobrepaso elaborada con sebo ovino y residuos de aceite de palma, se aprecia en el siguiente cuadro 7.

Cuadro 7. ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DEL HENO BAJO LA INFLUENCIA DE LAS GRASAS DE SOBREPASO ELABORADA CON SEBO OVINO Y RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	25
Tiempo	8
Error	17

El esquema del análisis de la varianza para digestibilidad *in vivo* del heno compuesto por *Avena sativa* (37.9%), *Vicia fava* (30.5%), *Medicago sativa* (25.6%) y *Lolium multiflorum* (6%), bajo la influencia de grasas de sobrepaso elaborada con sebo ovino y residuos de aceite de palma, y protegidas con calcio se aprecia en el siguiente cuadro 8.

Cuadro 8. ESQUEMA DEL ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DE LAS GRASAS DE SOBREPASO ELABORADAS CON SEBO OVINO Y RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	23
Tratamiento	3
Error	20

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. De campo

Se adecuaron corrales del establo del Programa de Bovinos Lecheros de la Estación Experimental Tunshi de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, para el alojamiento de las vacas en estudio. Se utilizaron tres vacas de la raza Holstein mestizas con una fistula ruminal permanente, los animales en estudio tuvieron en promedio de $7,66 \pm 1,53$ años de edad y, con un peso promedio de $727,33 \text{ Kg} \pm 53,20$; el área para cada vaca fue de 15 m^2 ; en la cual se incluyó un comedero individual; una manga de manejo que facilitó la colocación y recolección de las fundas de digestibilidad (nylon).

a. Degradabilidad *In situ* de las grasas.

En el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de la FCP – ESPOCH, se pesó 2 gr de cada grasa a ser estudiada, la misma que fue colocada al interior de cada funda de digestibilidad, considerando el número de repeticiones y los tiempos a las cuales serían sometidas al interior de la fistula ruminal de cada animal y en relación al modelo estadístico establecido. Todas las fundas debidamente selladas se las trasladó a la Estación experimental Tunshi en donde se encontraban las vacas fistuladas. Todas las fundas en su conjunto fueron introducidas al interior de cada fistula correspondiente, sujetándolas a una cadena de acero inoxidable a través de hilo de nylon.

Cada vez que se completaban los tiempos de exposiciones previamente establecidos, se fueron extrayendo las mismas, para lavarlas en forma suficiente con la finalidad de detener el proceso fermentativo bacteriano; estas fundas se las llevó al Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de la Facultad de Ciencias

Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, para la determinación de la degradabilidad total de las grasas en estudio.

b. Degradabilidad *In situ* del heno.

En el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de la FCP – ESPOCH, se pesó 2 gr de pasto henificado compuesto por *Avena sativa* (37.9%), *Vicia fava* (30.5%), *Medicago sativa* (25.6%) y *Lolium multiflorum* (6%), previamente triturado en un molino de martillo con un tamiz de 2mm, el mismo que fue colocada al interior de cada funda de digestibilidad, considerando el número de repeticiones y los tiempos a las cuales serían expuestos al interior de la fistula ruminal de cada animal y en relación al modelo estadístico establecido. Todas las fundas debidamente selladas se las trasladó a la Estación Experimental Tunshi en donde se encontraban las vacas fistuladas. Todas las fundas en su conjunto fueron introducidas al interior de cada fistula, sujetándolas a una cadena de acero inoxidable a través de hilo de nylon.

Cada vez que se completaban los tiempos de exposiciones previamente establecidos, se fueron extrayendo las mismas, para lavarlas en forma suficiente con la finalidad de detener el proceso fermentativo bacteriano; estas fundas se las llevó al Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, para la determinación de la degradabilidad de la Materia Seca y Materia Orgánica del pasto.

c. Digestibilidad *in vivo*

Se utilizaron 8 ovinos mestizos Rambouillet de un peso promedio de 21,38 \pm 2,39 Kg., alojados durante 4 días en corrales adecuados para someterlos a un período al que lo denominamos de pre adaptación; durante este mismo tiempo, se adecuaron las jaulas metabólicas en existencia, lo cual implicó fundamentalmente la desinfección de las mismas con yodo al 22,5 %. Un día antes de subir los animales al interior de cada jaula metabólica, los animales fueron desparasitados con Albendazol al 1%, en dosis de 1ml/20Kg de peso vivo y vitaminización (Complejo B) en dosis de 3 ml/animal. Los ovinos se subieron a cada jaula metabólica ubicadas en el Modular Ovino-Caprino de la FCP - ESPOCH, en

donde iniciaron el período de adaptación a la dieta base compuesta por *Avena sativa* (37.9%), *Vicia fava* (30.5%), *Medicago sativa* (25.6%) y *Lolium multiflorum* (6%). Cada jaula tuvo una dimensión de 0,60 m de ancho 1 m de largo, 1,80 m de altura, dotadas cada una de ellas de su respectivo comedero y bebedero individual, una bandeja para la recolección de heces, una bandeja de recolección del sobrante de la dieta y una tina para la recolección de orina.

La ubicación de los animales en cada jaula metabólica fue realizada completamente al azar previo sorteo. El período de adaptación tuvo una duración de 7 días igual a la duración de los períodos a los cuales serían sometidos posteriormente para el estudio. En el período de adaptación se determinó el consumo normal de cada animal, medición que sirvió de base para determinar la cantidad de alimento a ser suministrado a los animales durante el estudio. En los 7 días posteriores se registraron datos de digestibilidad normal de cada uno de los animales frente a la dieta base, sin la influencia de las grasas a evaluar. Cada período de tiempo equivalente a 7 días posteriores, los animales fueron recibiendo cantidades variables de RAPPc en concentraciones de 3, 5 y 7% respectivamente en forma aleatoria y en función al modelo estadístico utilizado. Finalmente en periodos de 7 días igualmente, los animales fueron recibiendo cantidades variables de SOPc en concentraciones de 3, 5, 7% respectivamente. En cada uno de los tiempos descritos anteriormente, se pesó el alimento a suministrar, alimento sobrante y cantidad de heces producidas por día. Muestras de heces fueron llevadas al Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de la FCP – ESPOCH, para determinar los coeficientes de digestibilidad.

2. De laboratorio

a. Análisis proximal

Los análisis bromatológicos correspondientes, a la determinación de la Materia Seca, Proteína, Grasa, se realizaron por triplicado según la metodología recomendada por las AOAC (2005) y aplicadas en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de la FCP- ESPOCH. La cuantificación de cenizas (C) o minerales, se desarrolló por incineración de las muestras en una mufla (mufla de aire forzado) a 550°C durante 6h. Mientras que el análisis de proteína cruda (PC), se realizó con la técnica micro Kjeldahl.

Por su parte para la determinación la fibra cruda (FC), se usó una hidrólisis ácido-básica con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en un digestor (ANKOM). De la misma manera para el extracto etéreo (EE), se hizo mediante un sistema de extracción (ANKOM), usando como solvente éter. En cuanto al extracto libre de nitrógeno (ELN), se calculó por diferencia de 100 con los porcentajes de las determinaciones anteriores.

Por su parte el Valor de la Energía Metabolizable fue calculado través de la formula descrita por Van es. A.J.H. (1978), formula que utilizo los mismos componentes de la composición nutricional de la dieta multiplicado por unas contantes determinadas durante varios estudios.

$$EM = (3,8 * PCD) + (3 * FCD) + (9 * EED) + (3,6 * ELN).$$

b. Determinación de la degradabilidad in situ.

- Se pesa las bolsitas de Dacron y la muestra en estudio por triplicado.
- Se sella las bolsitas que contienen la muestra utilizando un sellador de calor, y se verifica que el sellado sea correcto y que no exista pérdida. Se ata todas las bolsas en las cadenas de acero utilizando hilo nylon.
- Se coloca las bolsas en la fistula ruminal, posteriormente se retira las bolsas de los animales según el tiempo establecido en el esquema del experimento.
- Se lavan las bolsas enjuagando hasta eliminar residuos grandes.
- Se transportan las muestras al laboratorio utilizando coolers para mantener las muestras y detener la actividad microbiana.
- Se lava nuevamente las bolsitas hasta que el agua de lavado sea clara.
- Se prepara la cantidad necesaria de Pepsina al 0,2 % en HCl a 0,1 N (corrigiendo el pH a 2)
- Se incuba a 37 °C las bolsitas con el residuo de digestión durante 48 horas.
- Se lavan las muestras en la lavadora automática durante 50 minutos en centrifugado lento.
- Se secan las bolsitas en la estufa a 65°C durante 48 horas.
- Se enfría y se pesa las bolsitas con los residuos secos, se separa cada grupo de fundas correspondientes a una sola muestra y se recolecta en un recipiente los residuos indigeridos.

- Se determina el porcentaje de Materia Seca y Cenizas de las muestras indigeridas por duplicado

H. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN

En cuanto a la digestibilidad *in situ* para grasas y el heno, se utilizó la técnica descrita por Orskov y Mc Donald (1979).

a. Degradabilidad *In situ* de las grasas.

Se emplearon bolsas de nylon (10 × 7 cm; tamaño de poro 48 mm) con 2 g de GS de cada tipo en estudio. Se colocaron tres bolsas conteniendo cada una de las grasas (RAPPCa, RAPPK, RAPPNa, SOPCa, SOPK y SOPNa) dentro del rumen de vacas fistuladas por 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36 y 48 h, y se retiraron en orden inverso. Después se lavaron con agua hasta que el afluyente fue claro.

Las bolsas se sometieron a incubación en medio de pepsina y HCl durante 48 h a 38 en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de la FCP-ESPOCH. Posterior al proceso de incubación, las bolsas se lavaron hasta que el agua quedó clara y secaron en una estufa a 61°C, con el fin de desarrollar ecuaciones de predicción. La digestibilidad *in situ* se determinó como el porcentaje de desaparición de la grasa contenida en cada bolsa de nylon en el tiempo de exposición al rumen más el cálculo de la digestión complementaria realizada en laboratorio.

b. Degradabilidad *In situ* del heno.

Se emplearon bolsas de nailon (10 × 7 cm; tamaño de poro 48 mm) con 2 g de heno triturado y tamizado en un cernidor con poro de 2 mm; la composición del heno fue *Avena sativa* (37.9%), *Vicia fava* (30.5%), *Medicago sativa* (25.6%) y *Lolium multiflorum* (6%). Se colocaron tres bolsas por cada tiempo de exposición en rumen de las vacas fistuladas (0, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 h), y se retiraron en orden inverso. Las vacas fistuladas fueron alimentadas tres veces al día con una dieta a base de pasto (*Medicago sativa* 2.6% del peso vivo MS) y complementada con concentrado cuya formulación se presenta en el Cuadro 9 a razón de 2 kg por animal y por día. Después se extrajeron las fundas y se las lavaron con agua hasta que el afluyente que se utilizó tomó un color claro.

Las bolsas se sometieron a incubación en medio de pepsina y HCl durante 48 h a 38°C, en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de la FCP-ESPOCH. Posterior al proceso de incubación, las bolsas se lavaron hasta que el agua quedó clara y secaron en una estufa a 61 °C, para determinar la digestibilidad de la Materia Seca (DMS) y la degradabilidad de la Materia Orgánica (DMO). La DMO se determinó por diferencia entre el peso de la MS y las cenizas. La cantidad de cenizas se terminó por calcinamiento de las muestras en una mufla a 550 °C. Con los datos citados se desarrollaron ecuaciones de predicción de la digestibilidad *in situ* del heno. Composición nutricional del concentrado utilizado como suplemento alimenticio en la digestibilidad de heno cuadro 9.

Cuadro 9. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL CONCENTRADO UTILIZADO PARA LA ALIMENTACIÓN DE LAS VACAS CON FISTULA EN LA EVALUACIÓN *IN SITU* DE LA DIGESTIBILIDAD DEL HENO.

Ingredientes	RAPPCa	RAPPK	RAPPNa	SOP Ca	SOPK	SOP Na
Maíz	36,79	36,79	36,79	36,79	36,79	36,79
Polvillo	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Afrecho de trigo	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70
Melazas	6,22	6,22	6,22	6,22	6,22	6,22
Palmiste	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85
Pasta de soya	13,21	13,21	13,21	13,21	13,21	13,21
Alfarina	5,91	5,91	5,91	5,91	5,91	5,91
CaCO3	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Fosfato Di básico	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17
Sal Común	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Aceite de palma	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
Grasa bypass	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Pre mezcla	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Total	100	100	100	100	100	100
Proteína %	14,50	14,55	14,52	14,50	14,56	14,54
Energía Kcal/kg	1600	1600	1600	1640	1640	1640

Fuente: Guevara, P. (2013).

c. Digestibilidad *In vivo*

De 8 ovinos mestizos Rambouillet de un peso promedio de 21,38 \pm 2,39 Kg., se escogieron al azar 6 de ellos para colocarlos en jaulas metabólicas (0,60 m de ancho, 1 m de largo, y 1,8 metros de alto) ubicadas en el Modular Ovino-Caprino de la FCP - ESPOCH, cuya dieta base estuvo compuesta por *Avena sativa* (37.9%), *Vicia fava* (30.5%), *Medicago sativa* (25.6%) y *Lolium multiflorum*(6%), cuyo aporte nutricional se puede apreciar en el cuadro 10. Durante el proceso de estudio los animales fueron recibiendo cantidades variables de dieta base, la misma que fue calculada durante los 7 primeros días posteriores al periodo de adaptación, en función de su consumo se adicionó 3, 5 y 7% de RAPPCa y SOPCa respectivamente. Estos niveles se evaluaron en todos los ovinos distribuidos en 7 días por tratamiento, dándonos un total de 21 días de evaluación para cada nivel propuesto en el estudio. Por otro lado se pesó el alimento a suministrar, alimento sobrante y cantidad de heces producidas por día. Las muestras de heces fueron analizadas bromatológicamente en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de la FCP – ESPOCH.

Cuadro 10. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL HENO (*Avena sativa* *Vicia fava*, *Medicago sativa* y *Lolium multiflorum*)UTILIZADO EN LA DIGESTIBILIDAD *in vivo*

Componente	Concentración, %
Materia Seca (MS)	90,24
Proteína	14,9
Grasa	2,63
Fibra	27,3
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	45,82
Energía Metabolizable	1,70

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de la FCP- ESPOCH (2014).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE LAS GRASAS ELABORADAS CON RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA Y SEBO OVINO

La degradabilidad *in situ*, de las grasas elaboradas con sebo ovino (SO) y residuos de aceite de palma (RAP), en diferentes tiempos de exposición ruminal, se presentan en el cuadro 11, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los porcentajes de degradación; los mismos que fueron mayores, conforme se incrementó el tiempo de exposición en rumen. La tendencia descrita para todas las grasas, solamente fue diferente para el caso de las grasas elaboradas con RAP, las cuales mostraron un decremento de la degradabilidad a las 12 horas de exposición, en relación a las 10 horas; incluso, las grasas RAPPNa, volvieron a experimentar un descenso de la degradabilidad a las 36 horas, en comparación con las 24 horas de exposición.

En los estudios realizados por Yubaille, F. et al. (2013), encontraron solubilidades *in vitro* de las grasas elaboradas con RAP, bastante diferentes a las más altas degradabilidades encontradas en este estudio (48 horas); dichas diferencias pudieron deberse al tipo de análisis empleado por ellos; sin embargo, las solubilidades reportadas por ellos para el caso de las grasas elaboradas con SO, resultaron semejantes a las más altas degradabilidades observadas en esta investigación. La comparación realizada entre solubilidad y degradabilidad de las grasas a base de RAP, permite suponer que, los estudios realizados en esta investigación, no admiten llegar a conclusiones definitivas respecto del éxito o no de los métodos de protección empleados.

Por otro lado, la semejanza entre los niveles de solubilidad y degradabilidad de las grasas protegidas elaboradas a base de SO, permiten suponer que los resultados en laboratorio, pueden ser válidos para estimar la degradabilidad de estas grasas; y, que posiblemente, los métodos de protección empleados para el SO, sea el adecuado para fines de alimentación bovina.

Cuadro 11. PORCENTAJE DE DEGRADABILIDAD DE GRASAS (RAP y SO) ENVACAS CON FISTULA RUMINAL.

Tipos de Grasa	TIEMPO DE EXPOSICIÓN EN RUMEN (Horas)											CV%	Prob	E.E.									
	0	2	4	6	8	10	12	24	36	48													
RAPPCa	7,9	a	42,2	b	55,5	c	60,2	d	63	d	77,3	e	75,1	f	89,14	g	92,13	gh	93	h	3,39	<0,0001	1,3
RAPPK	8,2	a	49,7	b	63,4	c	81,0	d	87	e	89,9	ef	71,4	ef	94,14	f	95,9	f	96	f	4,73	<0,0001	2,1
RAPPNa	8,6	a	31,5	b	54,8	c	66,0	cd	76	de	76,5	de	61,4	ef	85,90	ef	85,63	ef	92	f	10,9	<0,0001	4,2
SOPCa	11	a	42,4	b	46,1	bc	53,9	bcd	60	cde	68	de	70	ef	75	ef	82,82	fg	93	g	14,1	<0,0001	4,9
SOPK	9,4	a	44,6	b	52,3	bc	64,7	cd	80	d	85,3	d	87	d	92	d	93,3	d	94	d	10,9	<0,0001	4,4
SOPNa	9,3	a	43,9	b	54	c	67,9	d	69	d	82	e	86	f	94	g	94,94	g	96	g	2,93	<0,0001	1,2

RAPPCa: Residuos de Aceite de Palma Protegido con Calcio.

RAPPK: Residuos de Aceite de Palma Protegido con Potasio.

RAPPNa: Residuos de Aceite de Palma Protegido con Sodio.

SOPCa: Sebo Ovino Protegido con calcio.

SOPK: Sebo Ovino Protegido con Potasio.

SOPNa: Sebo Ovino Protegido con Sodio.

Letras iguales no difieren estadísticamente. Duncan ($P \leq 0.05$).

Prob: Probabilidad.

CV (%): Porcentaje de Coeficiente de Variación.

Adicionalmente, los porcentajes de degradabilidad de las grasas elaboradas con SO, fueron similares a los reportado por Herrera, F.y Callejas, F.(2011), para el caso de la grasa denominada Energivit®, en comparación con los niveles encontrados en este estudio; a pesar de que el sebo evaluado por este investigador fue de origen bovino, una degradabilidad del 85% reportada, resultó ser similar a algunos de los valores encontrados en la presente investigación entre 12 y 36 horas; rango de tiempo coincidente con el reportado por Ørskov, E.R.(1980), quien encontró que los concentrados estudiados por él, requirieron de 12 a 36 horas, para su digestibilidad.

En este caso, las curvas de tendencia mostradas en el gráfico 1 y 2, permiten suponer que todas las grasas estudiadas, se encuentran en el rango reportado por Ørskov y que la probabilidad de réplica de estos resultados es alta, a juzgar por los coeficientes de repetibilidad encontrados.

Una degradabilidad del 95% también fue reportada por Herrera, F. y Callejas, F.(2011),para grasas elaboradas con aceite de palma (Ganasal®); ese nivel fue similar al encontrado en éste estudio a las 48 horas de exposición en rumen.

Los reportes citados, permiten suponer que las grasas elaboradas a base de SO, podrían tener resultados similares en parámetros productivos y reproductivos logrados con una grasa comercial (Energivit®); al igual que, para el caso de las grasas elaboradas con RAP, las mismas que podrían tener efectos similares que otra grasa comercial puesta en el mercado (Ganasal®).

Finalmente, los descensos en los niveles de degradabilidad encontrado entre 10 y12 horas (Grafico 1 y 2) de exposición en rumen para las grasas elaboradas con RAP, pueden deberse a la fineza de las partículas para atravesar el orificio retículo-omaso; en consecuencia, la duración de permanenciade los alimentos en el rumen dependerá de la susceptibilidad de la misma para su degradación por medios físicos (molienda) o químicos (celulólisis), por otra parte hay que considerar que los microorganismos modifican rápida y ampliamente a los lípidos de la dieta y en condicionesnormales muy poca grasa escapa sin alteración del rumen Díaz, C. (2005).

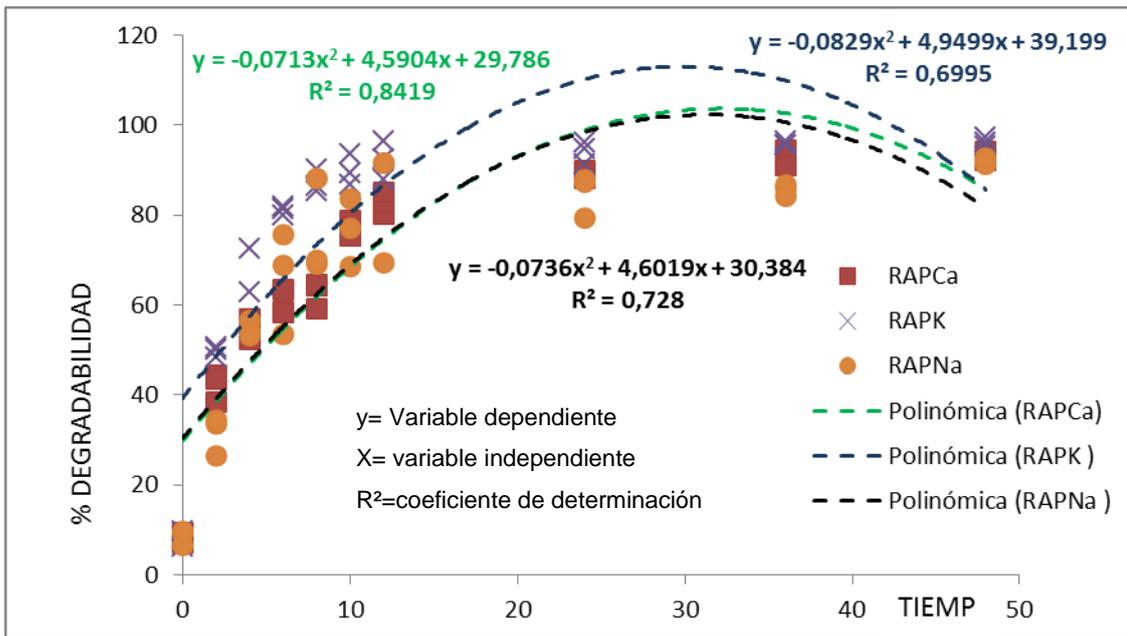


Gráfico 1. Curva de tendencia de la digestibilidad de RPPCa, RAPPK, RAPPNa en relación al tiempo de exposición en rumen en vacas con fístula ruminal.

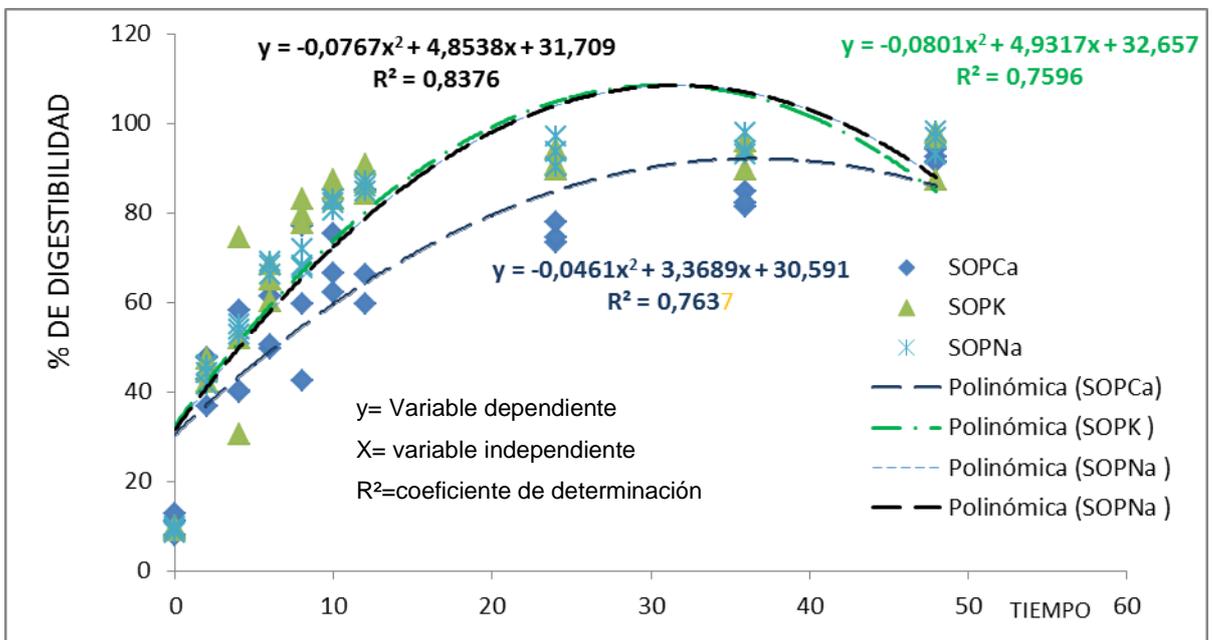


Gráfico 2. Curva de tendencia de la digestibilidad de SOPCa, SOPK, SOPNa en relación al tiempo de exposición en rumen en vacas con fístula ruminal.

B. DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE LA MATERIA SECA DEL HENO (*Avena sativa*, *Vicia fava*, *Medicago sativa* y *Lolium multiflorum*), BAJO EL EFECTO DE LAS GRASAS PROTEGIDAS ELABORADAS CON RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA Y SEBO OVINO.

La degradabilidad *in situ*, del heno bajo la influencia de las grasas protegidas, en diferentes tiempos de exposición ruminal, se presentan en el cuadro 12, se observaron diferencias estadísticas significativas entre los porcentajes de degradación; los mismos que fueron mayores, conforme se incrementó el tiempo de exposición en rumen.

La tendencia descrita para la degradabilidad del heno y la influencia de todas las grasas, es similar en todos los casos puesto que experimentan un incremento a medida que se incrementa en tiempo de exposición en el rumen. Estos incrementos de degradabilidad se producen en forma individual para cada tipo de grasas, sin experimentar una relación entre las mismas.

En un estudio realizado Di marco, O.(2011), encontró una degradabilidad del 70% para materia seca en un pasto de alta calidad en 48 horas de incubación ruminal, porcentaje que es similar al encontrado en nuestra investigación bajo la influencia de las grasas RAPPCa y RAPPK, en el mismo tiempo de exposición ruminal. Por su parte Mendieta, D. et al. (2012), hace referencia a la degradabilidad de la materia seca según la edad del pasto encontrando el 54,92% en 72 horas de exposición ruminal para pasto de 40 días de rebrote, este porcentaje se asemeja a degradabilidad de la MS del heno, bajo la influencia de grasa RAPPNa a las 48 horas. Por otro lado en cuanto a la degradabilidad de la MS del heno bajo la influencia de las grasas elaboradas con SO, a las 48 horas los porcentajes de nuestra investigación son bajos debido a baja palatabilidad de las grasas.

La comparación realizada entre los autores mencionados, permite presumir que los resultados encontrados en esta investigación, no permiten tomar conclusiones definitivas, puesto que hay una gran variación con respecto al tiempo.

Cuadro 12. PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA DEL HENO (*Avena sativa*, *Vicia fava*, *Medicago sativa* y *Lolium multiflorum*), BAJO EL EFECTO DE LAS GRASAS PROTEGIDAS ELABORADAS CON RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA Y SEBO OVINO.

MS	TIEMPOS DE EXPOSICIÓN EN RUMEN										CV%	Prob	E.E.								
	0	3	6	9	12	24	48	72	96												
RAPPCa	10,35	a	24,7	b	28,2	bc	30,5	bc	33,39	cd	38,3	d	74,9	e	76,2	e	82,6	f	7,96	<0,0001	1,97
RAPPK	13,03	a	27,8	b	45,9	c	48,5	c	67,55	d	69,7	de	72,2	ef	75,4	f	79,1	g	3,75	<0,0001	1,17
RAPPNa	13,18	a	36,7	b	39,8	c	41,7	c	49,71	d	57,4	e	57,5	d	71,1	f	73,8	f	3,5	<0,0001	0,96
SOPCa	13,00	a	28,1	b	34,2	c	34,6	c	43,39	d	52,7	e	54,1	e	58,3	f	60,6	f	3,67	<0,0001	0,87
SOPK	6,35	a	31,3	b	41,8	c	41,8	c	55,65	d	56	d	60,9	e	69,1	f	71,98	g	3,15	<0,0001	0,85
SOPNa	9,98	a	19,6	b	17,6	b	18,4	b	47,58	c	49,1	c	51,9	c	61,8	d	75,05	e	9,86	<0,0001	2,16

RAPPCa: Residuos de Aceite de Palma Protegido con Calcio.

RAPPK: Residuos de Aceite de Palma con Potasio.

RAPPNa: Residuos de Aceite de Palma Protegido con Sodio.

SOPCa: Sebo Ovino Protegido con calcio.

SOPK: Sebo Ovino Protegido con Potasio.

SOPNa: Sebo Ovino Protegido con Sodio.

Letras iguales no difieren estadísticamente. Duncan ($P \leq 0.05$).

Prob: Probabilidad.

CV (%): Porcentaje de Coeficiente de Variación.

Por otra parte, los porcentajes de degradabilidad de la MS del heno bajo la influencia de las grasas elaboradas con RAPP con diferentes tipos de sales minerales, fueron similares a los reportado por Gagliostro, G. y Schroeder, G.(2007), que en su estudio reportaron una degradabilidad *in situ* de la MS del 77,4% al adicionar 0,8 Kg de grasa protegida con una tasas de pasaje del 3%/hora, e inferiores cuando la tasa de pasaje se incrementó al 5 y 7%. Por otro lado la degradabilidad de la MS del heno con la influencia de grasa protegida elaborada con SO se puede considerar baja, (Anrique, R. 1992), al hacer una comparación con lo encontrado por este autor con el 92% de la degradabilidad potencial de la alfalfa ensilada, evento que se presentó a las 36 h de fermentación, lo cual demuestra que no existen componentes altamente digestibles en el heno evaluado, siendo escasa la contribución para la degradabilidad de la grasa de sobrepaso en períodos de fermentación más prolongados.

Por su parte Ørskov, E.R. (1980), hizo referencia a los tiempos de incubación, ya que constituyen uno de los factores determinantes y varía de acuerdo al material, al respecto indica que un pasto de baja calidad requiere de 96 horas de fermentación para su degradabilidad.

En tanto la influencia de RAP y SO para el heno, se presentó a las 96 horas de exposición ruminal, tiempo similar al reportado por Ørskov, E.R. (1980), para pasto baja calidad. En este caso, las curvas de tendencia del gráfico 3 y 4, permiten observar que el heno, se encuentran en el rango reportado por este autor.

Finalmente al hacer las comparaciones entre las grasas (RAPPCa, RAPPK, RAPPNa, SOPCa, SOPK, SOPNa), respecto a la materia seca del heno se puede observar que no existe una influencia notoria como respuesta de la utilización de grasas protegidas (Gráficos 3 y 4), hechos que concuerdan con Mahecha, L. et al.(2005), quienes evaluaron dos fuentes de grasas sobrepasantes, suministradas a razón de 250 g/animal/día, a vacas y concluyeron que no se observaron el incremento esperado en grasa de la leche, proteína, sólidos totales y sólidos no grasos.

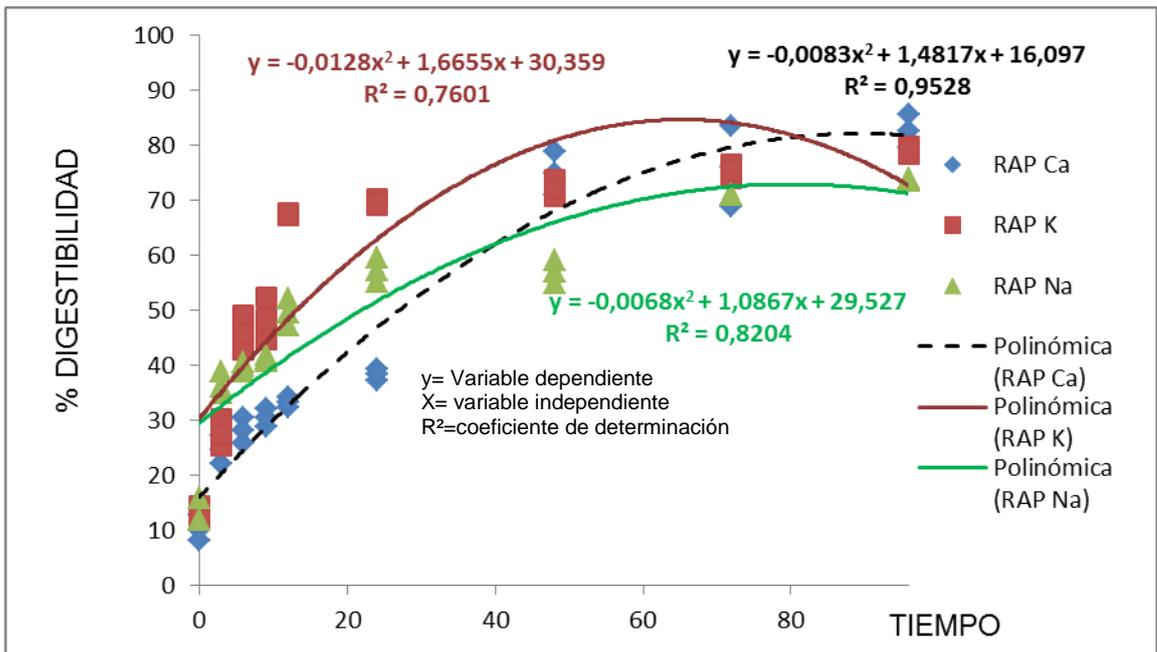


Gráfico 3. Curva de tendencia de la digestibilidad de materia seca del heno de *Avena sativa*, *Vicia fava*, *Medicago sativa* y *Lolium multiflorum*, y la influencia de la grasa de protegida RAPP Ca, RAPP K, RAPP Na.

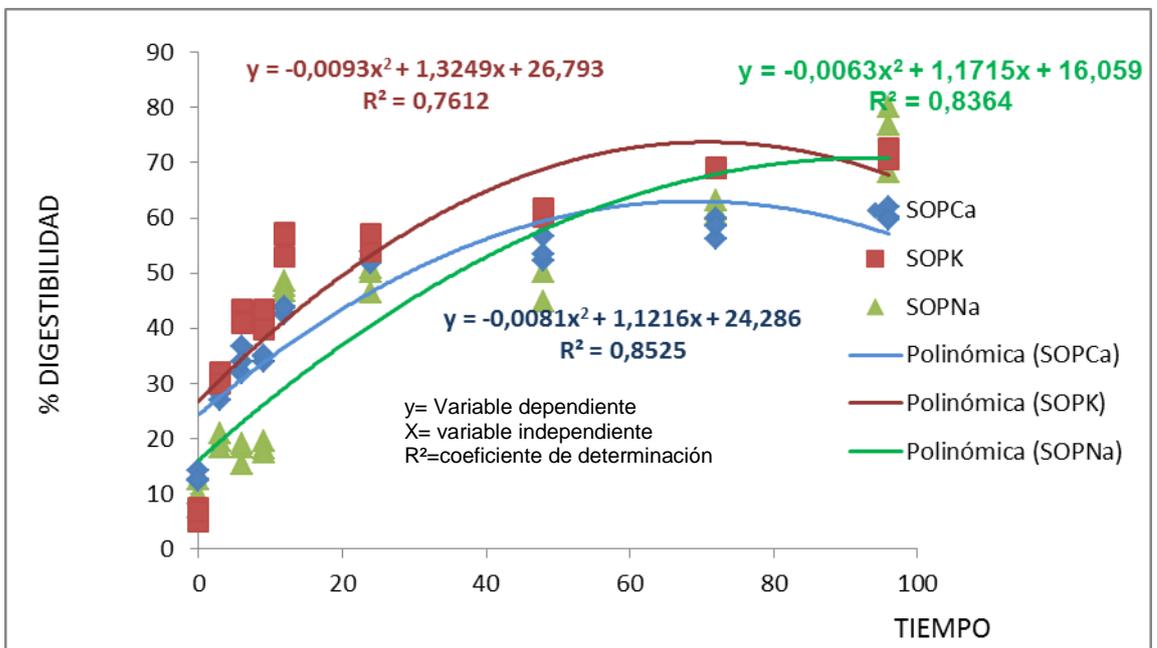


Gráfico 4. Curva de tendencia de la digestibilidad de materia seca del heno de *Avena sativa*, *Vicia fava*, *Medicago sativa* y *Lolium multiflorum*, y la influencia de la grasa de protegida SOP Ca, SOP K, SOP Na.

C. DEGRADABILIDAD IN SITU DE LA MATERIA ORGANICA DEL HENO (*Avena sativa*, *Vicia fava*, *Medicago sativa* y *Lolium multiflorum*), BAJO EL EFECTO DE LAS GRASAS PROTEGIDAS ELABORADAS CON RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA Y SEBO OVINO.

La degradabilidad *in situ*, de Materia Orgánica y la influencia de las grasas elaboradas con sebo ovino (SO) y residuos de aceite de palma (RAP), se presenta en el cuadro 13, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los porcentajes de degradación; los cuales se incrementaron en relación al tiempo de exposición en rumen. La tendencia descrita para dicha degradabilidad, fue diferente para todos los caso, puesto que cada grasa en relación al tiempo tiene un porcentaje diferente. Según Flores, G. (2004), expresa que la digestibilidad de la MO depende esencialmente de su contenido en constituyentes de la pared celular y su digestibilidad, disminuyendo esta medida que aumenta el contenido en paredes celulares y su grado de lignificación. Por su parte Gómez, H. et al., (2007), en su estudio con pasto King grass, reporto una degradabilidad ruminal, de la materia orgánica (MO) del 78,87% en 72 horas de exposición ruminal. Porcentaje que es semejante al reportado en el presente estudio, a las 96 horas de incubación, tanto para RAP como para SO. Por otro lado Mendieta, L. et al. (2012), en su estudio de incubación ruminal reporto porcentajes similares a las tres horas de exposición ruminal, para todos los casos, no así en las 72 horas donde difieren significativamente. Diferencia que se asume a la edad del pasto y al tipo de conservación del mismo. Así mismo Castro, T. (1991), reporto el 69,5% de digestibilidad de las Materia Orgánica en el heno de alfalfa, donde fue utilizado como alimentación exclusiva, tal porcentaje se debe probablemente por el contenido de lignina, pero al adicionar niveles de concentrado (80:20 a 60:40) en la ración los coeficientes aumentan en forma lineal. En un estudio comparativo entre la digestibilidad *in vitro* con métodos enzimáticos, la prueba de correlación demuestra que el grado de asociación entre los resultados de ambos métodos es alta (0.987), indicativo que en el presente estudio es muy bajo (grafico 5 y 6).

Cuadro 13. PORCENTAJE DE DEGRADABILIDAD DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL HENO (*Avena sativa*, *Vicia fava*, *Medicago sativa* y *Lolium multiflorum*), BAJO EL EFECTO DE LAS GRASAS PROTEGIDAS ELABORADAS CON RESIDUOS DE ACEITE DE PALMA Y SEBO OVINO.

MO	TIEMPO DE EXPOSICIÓN EN RUMEN										CV%	Prob	E.E.								
	0	3	6	9	12	24	48	72	96												
RAPPCa	9,37	a	25,00	b	29,5	bc	30,7	bc	34,27	cd	38,9	d	75,1	e	76,1	e	83,9	f	7,57	<0,0001	1,9
RAPPK	10,23	a	26,00	b	44,3	c	46,7	c	66,37	d	68,2	de	71,4	ef	74,7	fg	78,2	g	3,97	<0,0001	1,2
RAPPNa	11,53	a	35,9	b	40,2	c	41,7	c	52,9	d	60,3	e	61,4	e	73,9	f	74,4	f	3,29	<0,0001	0,93
SOPCa	11,57	a	27,3	b	33,8	c	34,6	c	44,43	d	54,2	e	55,4	e	59,1	f	61,8	g	3,61	<0,0001	0,86
SOPK	3,87	a	28,8	b	41	c	42,1	c	55,83	d	56,3	d	61,5	e	68,8	f	72,1	g	3,17	<0,0001	0,85
SOPNa	7,9	a	18,00	b	20,1	b	22,1	b	50,47	c	53,9	c	56	c	64,6	d	77,9	e	8,52	<0,0001	1,97

RAPPCa: Residuos de Aceite de Palma Protegido con Calcio.

RAPPK: Residuos de Aceite de Palma Protegido con Potasio.

RAPPNa: Residuos de Aceite de Palma Protegido con Sodio.

SOPCa: Sebo Ovino Protegido con calcio.

SOPK: Sebo Ovino Protegido con Potasio.

SOPNa: Sebo Ovino Protegido con Sodio.

Letras iguales no difieren estadísticamente. Duncan ($P \leq 0.05$).

Prob: Probabilidad.

CV= coeficiente de variación.

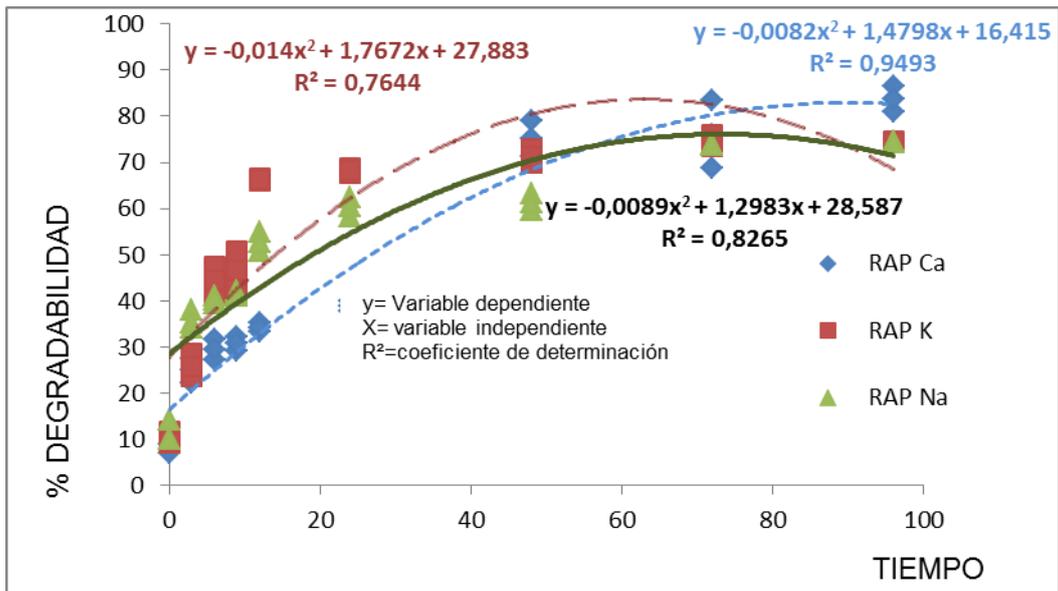


Gráfico 5. Curva de tendencia de la digestibilidad de materia orgánica del heno de *Avena sativa*, *Vicia fava*, *Medicago sativa* y *Lolium multiflorum*, y la influencia de la grasa de Protegida RAPP Ca, RAPPK, RAPPNa.

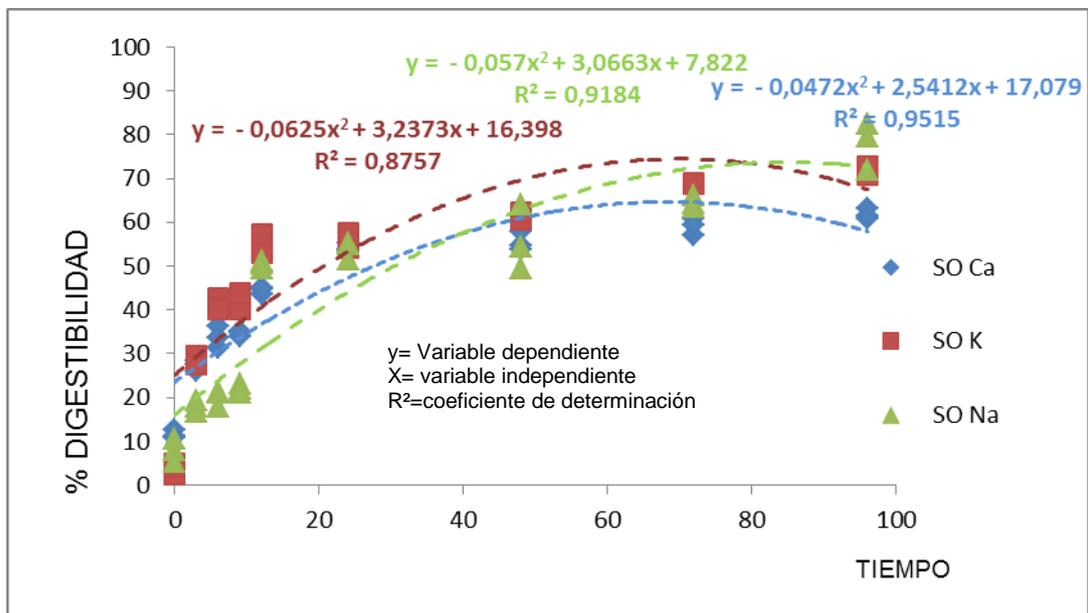


Gráfico 6. Curva de tendencia de la digestibilidad de materia orgánica del heno de *Avena sativa*, *Vicia fava*, *Medicago sativa* y *Lolium multiflorum* y la influencia de la grasa de Protegida SOP Ca, SOPK, SOPNa

D. DIGESTIBILIDAD *in vivo* PARA RAPPCa

1. Consumo de Alimento (CA).

Respecto a la digestibilidad *in vivo* al adicionar grasa protegida (RAPPCa) en la dieta, no afectó significativamente el consumo de alimento cuadro 14. Estos valores son similares a lo reportado por Felton, E. y Kerley, M. (2004) y Fernandes, A. (2009), quienes observaron que al adicionar mayor cantidad de grasa en la dieta disminuye el CMA, debido a que los microorganismos del rumen cubren rápidamente sus necesidades de energía. Por su parte Cabrera, O. y Del Carpio, P. (2007), confirma que el uso excesivo de grasa protegida afecta negativamente no solo al CA, sino también, sobre la fertilidad y el recuento de glóbulos rojos en el animal. Por otra parte el consumo de alimento experimenta una reducción a medida que se incrementa el aporte de grasa en la dieta, aseverando de esta manera a lo reportado por Martínez, A. et al. (2011), quien menciona que estos problemas son menos frecuentes cuando el contenido de grasa extra en la dieta no supera el 4%,

2. Coeficiente de digestibilidad de la Materia Seca (CDMS).

En cuanto a la digestibilidad de la materia seca se observó que no existen diferencias estadísticas entre los niveles cuadro 14, el mayor coeficiente de digestibilidad se observó al adicionar el 5% (51,28%) de grasa (RAPPCa), seguido de 0% (50,36%), 7% (49,28%) y 3% (46,86%), valores que indican que no hay un incremento de la digestibilidad de MS, en relación a los niveles propuestos para el presente estudio, por su parte Cabrera, O. y Del Carpio, P. (2007), reportaron un decremento de la digestibilidad de la materia seca al adicionar niveles superiores al 4%. De los datos obtenidos podemos aseverar que el aporte de la grasa sobre la digestibilidad de la MS es mínimo, por otro lado estos porcentajes son similares a lo reportado por Souza, O. y Dos Santos, I.E. (2002), que reportó una digestibilidad del 48,95% para la paja de maíz.

3. Coeficiente de digestibilidad de la Materia Orgánica (CDMO).

El coeficiente de digestibilidad para la Materia Orgánica hace referencia a la cantidad de materia seca que un pasto contiene, excluidos los minerales o materiales inorgánicos, que generalmente son mínimos en los alimentos pero por ser elementos metálicos tienen elevado peso molecular lo cual en cierta forma

puede repercutir en la digestibilidad. Los resultados (cuadro 14), que reporta el análisis proximal de las heces muestran una digestibilidad del 53,55% (5%), 51,15% (3%), 50,36%(0%) y 47,35% (7%), los mismo que no reportan diferencias estadísticas, para los diferentes niveles de grasa en estudio. Por su parte Doreau, M.et al. (1993), reportaron que las dietas que contienen entre el 2 y 3% de grasa extra no experimentan cambios en la digestibilidad total de la dieta. Al hacer una comparación con lo reportado por Castro, T.(1991), donde obtuvieron un coeficiente de digestibilidad para la materia orgánica del 73,21%, cuando se alimentaron ovinos con una relación 80:20 (80% de heno de alfalfa y 20% de concentrado), tomando referencia estos datos podemos asegurar que tal reducción en la digestibilidad en el presente estudio se produce por el incremento de la grasa como lo reporta Cabrera, O.y Del Carpio, P.(2007) niveles superiores al 4% de grasa extra causan un decremento de la digestibilidad de todos sus componentes.

4. Coeficiente de digestibilidad de la Proteína (CDP).

Los coeficientes de digestibilidad de la proteína bajo la influencia RAPPc, en sus diferentes niveles se presentan en el Cuadro 14, según el análisis estadístico no se encontró diferencias estadísticas significativas, el mayor coeficiente de digestibilidad se observó al adicionar el 3% (62,36%), 5% (60,64%), 0% (59,89%), 7% (59,65%), los porcentajes encontrados en el presente estudio nos indica que la influencia de la grasa en el 5 y 3 % extra, sobre la digestibilidad es mínimo, no así para el 7% donde se produce una reducción comparada con la dieta base (0%).Poniendo de manifiesto a lo reportado por Doreau, M.et al., (1993), quienes concluyeron que la inclusión de lípidos tiende a reducir la concentración ruminal de amoníaco pero no afecta al flujo duodenal de nitrógeno no amoniacal;Por otro lado nuestros valores son similares a lo reportado por Gonzales, J.(2006), donde encontró un coeficiente de digestibilidad del 58,2% para el heno de alfalfa, porcentaje que puede ser considerado comparable con los reportados en nuestro estudio.

5. Coeficiente de digestibilidad de Extracto Etéreo (CDEE).

El coeficiente de digestibilidad del extracto etéreo se presenta cuadro 14 y se observó que no hay diferencias estadísticas, entre los niveles de inclusión de

grasa (RAPPCa) en la dieta. Los mejores coeficientes de digestibilidad se presentó al adicionar el 0% (84,64%), seguido del 7% (76,62%), 5% (73,02%), y 3% (72,98%). Respecto a los coeficientes de digestibilidad reportados en nuestra investigación se pueden observar que son similares a lo reportado por Mateos, G. et al. (1990) que encontró porcentajes de 65 a 80 % según el número de carbonos presente en la cadena de AG. Por su parte McDonald (1986), menciona si un alimento es vegetal, su digestibilidad depende del grado de crecimiento y madurez del forraje, por otra parte está relacionado con el animal que lo consume, la especie y su estado fisiológico. Según Esquivel, J. et al. (1996), forrajes expuestos al aire libre o mal almacenado por mucho tiempo hacen que las grasas se oxiden fácilmente, reduciendo el consumo por el animal y el aprovechamiento de sus componentes.

6. Coeficiente de digestibilidad de la Fibra Cruda (CDFC).

Van Soest, P.J. (1994), menciona que la fibra puede ser degradada únicamente en el rumen y depende del grado de lignificación (limitantes de la digestión) del pasto. Por otro lado la digestibilidad de la fibra contenida en la dieta compuesta de heno más 0, 3, 5, y 7% de grasas de sobrepaso (RAPPCa), se presenta en el cuadro 14, al analizar los datos se puede apreciar que no hay diferencias estadísticas entre las medias, se observó el más alto coeficiente de digestibilidad cuando se adiciono el 3% de la grasa con el (46,30%), seguido por el 5% (45,23%), 0% (44,11%), 7% (42,66%). Estos datos revelan que el efecto de la inclusión de grasa es positivo en cuanto a la digestibilidad de la fibra con niveles asta del 5%, por tal razón nuestros resultados revelan lo contrario a lo reportado por Martínez, A. et al. (2011), que estudio la inclusión de 2% de grasa y observo un decremento significativo de la digestibilidad de 57,8 a 50,6%. En relación a lo reportado por Martínez podemos concluir tal decremento para nuestro caso, se presentó a partir de la inclusión del 7% debido al probablemente al encapsulamiento de la fibra.

Cuadro 14. DIGESTIBILIDAD *in vivo* DE LA GRASA PROTEGIDA RAPPcA EN DIFERENTES NIVELES (0, 3, 5, 7%).

PARÁMETROS	TRATAMIENTOS				CV%	Prob.	E.E.
	0%	3%	5%	7%			
CONSUMO DE ALIMENTO	520,86 a	534,46 a	479,31 a	514,78 a	15,87	0,6854	33,200
CDMS	50,11 a	46,86 a	51,28 a	49,28 a	13,15	0,6886	2,650
CDMO	50,36 a	51,15 a	53,5 a	47,35 a	9,45	0,1994	1,950
CDP	59,89 a	62,36 a	60,64 a	59,65 a	7,93	0,7633	1,960
CDEE	84,64 b	72,98 a	73,02 a	76,62 a	6,70	0,0024	2,100
CDF	44,11 a	46,30 a	45,23 a	42,66 a	14,93	0,8044	2,720
CDELN	49,01 a	48,82 a	48,98 a	48,92 a	7,70	0,9998	1,540
Valor de la EM Mcal	1,75 a	1,69 a	1,85 a	1,77 a	9,14	0,4183	0,070

CDMS: Coeficientes de Digestibilidad de la Materia Seca CDMO: Coeficientes de Digestibilidad de la Materia Orgánica CDP: Coeficientes Digestibilidad de la Proteína CDEE: coeficientes Digestibilidad del Extracto Etéreo CDF: Coeficientes de Digestibilidad de la fibra. CDELN: Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Libre de Nitrógeno. EM: Energía metabolizable.

7. Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)

La digestibilidad *in vivo* del ELN, para el heno bajo la influencia del tres niveles de grasa de sobrepaso, no presentaron diferencias estadísticas, puesto que al contrario la digestibilidad de este componente se mantiene en el mismo porcentaje en relación a la dieta base (cuadro 14). Por otro lado estos porcentajes que nos dan a entender que no hay mayor influencia de la grasa sobre el ELN, llegando a concluir que la suplementación con grasas de sobre paso elaboradas con residuos de aceite de palma, se puede realizar hasta el 7%, debido a que no se encontró una reducción de este componente como lo reporta Martínez, A. et al. (2011), la utilización de grasas se debe realizar hasta un 4%, niveles superiores a esta provocan una reducción de todos sus componentes.

8. Valor de la Energía Metabolizable

El valor de la energía metabolizable calculado mediante la fórmula descrita por Van es. (1972), para digestibilidad *in vivo* del heno y bajo la influencia de tres niveles de grasa no presento diferencias estadísticas, al contrario los resultados obtenidos nos indican que se puede utilizar grasa en niveles de hasta el 7%, puesto que no se observó un decremento entre los tratamientos y la dieta base. Aun cuando el valor de la energía metabolizable es de vital importancia y sus requerimientos aumentan según el propósito de la producción animal.

Por otro lado al hacer una comparación total de todos los componentes, podemos concluir que el uso de las grasas de sobrepaso elaboradas con residuos de aceite de palma se puede realizar sin problemas hasta el 7%, ya que no se observó diferencias con los tratamientos inferiores, tanto en incremento o un decremento. Resultados diferentes a lo reportado por Dean, D. (2008), quien en su estudio encontró que grasas afectan la fermentación ruminal mediante un efecto inhibitorio directo sobre los microorganismos, al adherirse a las partículas de alimento, disminuyendo la tasa de exposición del forraje al ataque enzimático microbial.

E. DIGESTIBILIDAD *in vivo* PARA SOPCa

1. Consumo de Alimento (CA)

En consumo de la dieta heno (*Avena sativa*, *Vicia fava*, *Medicago sativa* y *Lolium multiflorum*) incluida grasa protegida (SOPCa) se presenta en el cuadro 15, se observó los siguientes consumos 564,76gr (7%), seguido del 561,92gr(3%), 559,86gr (5%) y 523,12gr (0%), el análisis estadístico reporto que no hay diferencias estadísticas cuadro 15, en relación a lo encontrado en la presente investigación Martínez, A. et al. (2011), indica que las fuentes de grasa protegidas tienen poco o ningún efecto negativo sobre el consumo de alimento y demás componentes de la dieta. Por otro lado los resultados reportados revelan lo contrario a lo que señalo LaBrune, H.J. (2008), que encontró una disminución del consumo de materia seca, cuando se adiciono la grasa protegida, debido a que los microorganismos del rumen cubren más rápidamente los requerimientos de energía.

2. Coeficiente de digestibilidad de la Materia Seca (CDMS).

En cuanto a la digestibilidad de la materia seca para el heno, y el efecto de la inclusión de grasa SOPCa se presenta en el cuadro 15, se observó que no hay diferencias estadísticas. Se encontró que el mejor nivel en relación al coeficiente de digestibilidad es el 7% (53,15%), 5% (51,75%), 3% (51,38%) y 0% (49,12%), aunque numéricamente son diferentes, estadísticamente son similares entre los niveles 0, 3, 5% y 3, 5, 7%. Resultados contrarios reporta Murphy, M. et al. (1987), donde observaron que la digestibilidad de la materia seca se redujo significativamente por la inclusión de 4,7% de grasa extra en forma de semilla de colza aplastada (72,7% al 68,3%). Cabe señalar que la digestibilidad de la dieta según Ben, H. et al. (1993) está en relación entre la cantidad de lípidos suplementarios (máximo el 3%) y el tipo de forraje alta, media o baja calidad. Por otro lado los porcentajes de digestibilidad están en relación a la edad del pasto es decir que a menor edad mayor porcentajes de digestibilidad como lo reporta Lara, M. et al. (2010).

3. Coeficiente de digestibilidad de la Materia Orgánica (CD MO).

La degradabilidad *invivo* del heno bajo la influencia de SOPCa en diferentes niveles de inclusión en la dieta se presenta en el cuadro 15. Se observaron que

no hay diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio, los mismos que se mantuvieron conforme se incrementó los niveles de inclusión, la tendencia a incrementar la digestibilidad de la MO fue diferente al adicionar el 3 y 7%, donde se encontró los porcentajes más altos, por el contrario con el 0 y 5% experimentan un decremento. Por otro lado Beauchemin, K.A. et al. (2009) reportó un evento similar al 3 y 7%, ya que en su estudio con semilla de colza (*Brassica napus*) aplastada en nivel del 3,9% de grasa extra, no tuvo efectos significativos sobre la digestibilidad de la materia orgánica en comparación con una dieta control que incluyó 3,1% de grasa extra en forma de jabón cálcico.

En otro estudio realizado por Souza, O. y Dos Santos, I.E.(2002), reportaron una digestibilidad del 48,95% para la MO contenida en la paja de cebada, porcentaje que se asume a acción de la urea añadido a este tratamiento. Por otra parte al comparar este porcentaje con la adición del 3, 5, 7%, podemos determinar que el uso de las grasas resulta mejor para la digestibilidad de la Materia Orgánica.

4. Coeficiente de digestibilidad de la Proteína (CDP).

Respecto a la digestibilidad *in vivo* de la proteína en una dieta de heno más la inclusión de diferentes tipos de grasa protegida (SOPCa) se muestra en el cuadro 15, los diferentes niveles de SOPCa no mostraron diferencias estadísticas significativas, los mismos que fueron similares, tanto en la dieta control como en cada tratamiento, llegando a una determinación que se puede utilizar todos los niveles de inclusión, puesto que no experimentan diferencias en cuanto a la digestibilidad de la proteína. Por su parte Arce, C. et al. (2003), reportó una digestibilidad *in vitro* de 80,83% para el alfalfa, esta diferencia con nuestros datos se debe a tipo de análisis, puesto que la digestibilidad *in vivo* reporta datos reales de los cambios que la dieta ha experimentado a través del tracto digestivo del animal. Por su parte Doreau, M. et al. (1993), reportó de forma general que la inclusión de lípidos suplementarios en la dieta de los rumiantes no afecta este componente, por lo contrario en la mayoría de las ocasiones aumenta la digestibilidad total de la proteína. Herrera, R. y Ramos, N. (1981), plantea que la disminución del contenido de proteína bruta por el aumento de la edad, se produce por la disminución de la actividad metabólica de los pastos a medida que avanza la edad de rebrote, con esta la síntesis de compuestos proteicos disminuye en comparación con los estadios más jóvenes.

5. Coeficiente de digestibilidad de Extracto Etéreo (CDEE).

La digestibilidad *in vivo* del Extracto Etéreo, contenido en el heno y la influencia de la grasa (SOPCa), se presenta en el cuadro 15, en cuanto a los porcentajes de digestibilidad no se observó diferencias estadísticas, la tendencia entre los niveles es a reducir a medida que se reduce los niveles de inclusión, situación que no se produce con la dieta base donde difiere de los resultados obtenidos con cada una de los diferentes niveles. Por su parte Williams, G. y Stanko, R. (2000), reporto que la digestión de las grasas a nivel ruminal, inicia con el proceso de hidrólisis realizado por las lipasas, galactosidasas y fosfolipasas, de donde se obtiene la liberación de los ácidos grasos y el glicerol. Una cierta cantidad ácidos grasos son hidrogenados, mientras el glicerol y los otros derivados se fermentan para ser convertidos en ácidos grasos volátiles que se absorben por la pared ruminal.

Por otro lado Relling, A. y Mattioli, G.(2003), señala que los porcentajes de digestibilidad de las grasas están en relación al número de carbonos presentes en el alimento, sea de origen animal o vegetal; como lo reporta Mateos, G. et al. (1996), quien encontró una digestibilidad de 77% a 80% para el C 18:0; 79 % a 82 % para el C18: 1 y 80 % a 83 % para el C18:2, ácidos grasos que provienen de origen animal., y que son similares en cuanto a la digestibilidad del Extracto Etéreo reportado en el presente estudio.

Cuadro 15. DIGESTIBILIDAD DE LA GRASA PROTEGIDA SOPCa EN DIFERENTES NIVELES (0, 3, 5, 7%).

PARÁMETROS	TRATAMIENTOS				CV%	Prob.	E.E.
	0%	3%	5%	7%			
CONSUMO DE ALIMENTO	523,12 a	561,92 a	559,86 a	564,76 a	10,26	0,5516	23,140
CDMS	49,12 a	51,38 ab	51,75 ab	53,15 b	4,23	0,0332	0,890
CDMO	50,72 a	56,64 b	48,44 a	58,20 b	3,66	<0,0001	0,800
CDP	60,50 a	61,51 ab	63,64 b	64,26 b	3,91	0,0483	1,000
CDEE	81,64 b	72,35 a	73,27 a	77,22 ab	7,14	0,03	2,220
CDF	44,05 a	44,16 a	45,90 ab	47,38 b	3,89	0,0110	0,72
CDELN	49,59 a	59,71 b	49,58 a	49,58 a	6,20	<0,0001	1,320
Valor de EM Mcal	1,77 a	1,87 ab	1,85 ab	1,92 b	4,22	0,0347	0,003

CDMS: Coeficientes de Digestibilidad de la Materia Seca CDMO: Coeficientes de Digestibilidad de la Materia Orgánica CDP: Coeficientes Digestibilidad de la Proteína CDEE: coeficientes Digestibilidad del Extracto Etéreo CDF: Coeficientes de Digestibilidad de la fibra. CDELN: Coeficiente de Digestibilidad del Extracto Libre de Nitrógeno. EM: Energía metabolizable.

6. Coeficiente de digestibilidad de la Fibra Cruda (CD FC).

La digestibilidad *in vivo* de la fibra contenida en el heno, bajo la influencia de la grasa SOPCa se presenta en el cuadro 15, se observaron que no hay diferencias estadísticas y que los porcentajes reportados se mantienen, permitiendo determinar que el uso de los diferentes niveles es igual tanto con la dieta base como en el 3, 5, 7%. En estudios realizados por Ben, H. et al. (1993), reportaron que la digestibilidad se redujo significativamente, al incrementar niveles superiores de grasa, en relación al nivel control, evento que no se produce en la presente investigación, puesto que la digestibilidad de la fibra bajo la influencia de la grasa (SOPCa), se mantiene en el 3 y 5% no así con el 7% donde se produce un incremento pero que no resulta significativo estadísticamente. La comparación realizada con la digestibilidad de la fibra con lo reportado por Martínez, A. et al. (2011), donde reporto un decremento de la digestibilidad de la fibra al incluir el 4% de grasa extra, evento que no se presenta en nuestro estudio que por lo contrario nuestros datos permiten suponer la utilización de la grasa hasta un 7%.

7. Coeficiente de digestibilidad del Extracto Libre de Nitrógeno (CDELN).

La digestibilidad *in vivo* del ELN se presenta en el cuadro 15, se observó que no hay diferencias estadísticas, su tendencia es a incrementar al adicionar el 3% de grasa. Por otro lado al adicionar el 5 y 7% la digestibilidad de este componente se reduce, poniendo de manifiesto a lo reportado por Martínez, A. et al. (2010), quien encontró una reducción de la digestibilidad en todos los componentes cuando se adiciono el 4% de grasa extra, efecto que se responsabiliza a los lípidos suplementarios puesto que los microorganismos del rumen cubren rápidamente sus necesidades.

8. Valor de la Energía Metabolizable.

Según el valor de la energía Metabolizable calculado mediante la fórmula descrita por Van es. (1972), el aporte energía entre los tratamientos, no presentaron diferencias estadísticas, siendo mínimo el aporte de energía de la grasas de sobrepaso para el organismo animal, ya que como se puede observar (cuadro 15), resulta completamente similar suplementar con diferentes niveles de grasa o no suplementar con grasas elaboradas con sebo ovino.

V. CONCLUSIONES

1. La degradabilidad *in situ* de las grasas protegidas y elaboradas con RAP y SO, mostró valores concordantes con los de otros estudios similares, lo que sugiere que los métodos de protección empleados sobre las materias primas utilizadas, fueron adecuados.
2. En cuanto a la digestibilidad *in situ* del heno se determinó que el uso de grasas protegidas mejora el aprovechamiento de la Materia seca y Materia Orgánica, puesto que se observa valores semejantes y superiores a lo reportado por otros autores, corroborando así que el método de protección de las grasas son los adecuados.
3. La digestibilidad *in vivo* demostró que las grasas RAPPCa no afectaron la digestibilidad de los componentes bromatológicos del alimento suministrado en ninguno de los niveles estudiados.
4. La digestibilidad *in vivo* también demostró que las grasas SOPCa, solamente pueden ser utilizadas en niveles máximos del 5%, para no afectar la digestibilidad de los componentes bromatológicos de la dieta suministrada.

VI. RECOMENDACIONES

1. Validar los métodos de protección ante la hidrogenación ruminal de grasas contenidas en lodos de aceite de palma y sebo ovino.
2. Se recomienda investigar la utilización de grasas RAPPCa en niveles de hasta el 7% en raciones suplementarias destinadas a bovinos.
3. Investigar la degradabilidad y digestibilidad de grasas RAPPCa, en niveles superiores al 7%.
4. Investigar la utilización de jabones SOPCa en niveles máximos del 5% en raciones suplementarias destinadas a bovinos.

VII. LITERATURA CITADA

1. A.O.A.C. 2010. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists
2. ACURERO, M. 1999. Uso de la grasa en la alimentación animal. FONAIAP DIVULGA No. 64. Centro de investigación Agropecuaria del Estado de Zulia. Venezuela. Disponible en: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd64/texto/uso.htm
3. ÁLVAREZ, A. 2009. Fisiología Animal Básica, 1ª ed. La Habana. Editorial Félix Varela. S.A. p. 514
4. ANRIQUE, R. 1992. Caracterización nutritiva y uso de algunos subproductos para la alimentación de rumiantes. Latrille (ed.). Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. Serie B-16. 295-329. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos904/efecto-ensilado-pomasa/efecto-ensilado-pomasa2.shtml#ixzz3M6hm2zI2>
5. ARCE, C. ARBAIZA, T. CARCELÉN, F. LUCAS, O. 2003. Estudio comparativo de la digestibilidad de forrajes mediante dos métodos de laboratorio. Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal. FMV-UNMSM. RevInvVet Perú 2003; 14 (1): 7-12. pp. 1-6. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v14n1/a02v14n1.pdf>
6. BARRENO, J. Y GINGINS, M. (2013). Anatomía y fisiología del aparato digestivo de los rumiantes. Conferencia en Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía y Veterinario. UBA. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/02-anatomia_fisiologia_digestivo.pdf
7. BAUMAN, D. Y GRINARI, J. 2001. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. Livest. Prod. Sci. p.15-29. Disponible en: <file:///D:/Downloads/Bauman2001.pdf>.

8. BEAUCHEMIN, K.A. MCGINN, SM. BENCHAAR C. Y HOLTSHAUSEN L. 2009. Crushed sunflower, flax, or canola seeds in lactating dairy cow diets: effects on methane production, rumen fermentation, and milk production. Dairy Sci. Vol. 92, p. 2118-2127.
9. BEN, H.; KRZEMINSKI, R. FERLAY, A. DOREAU, M. 1993. Effect of lipid supply in vivo digestion in cows: Comparison of hay and corn-silages diets. Can. J. Anim. Sci. Vol. 73, p. 544-557.
10. BEUVINK, J.M.W. Y KOGUT, J. 1993. Modeling Gas production kinetics of grass silajes incubated with buffered ruminal fluid. J. Animal Sci. 71:1041-1046.
11. BONDI, A. 1988. Nutrición Animal. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 540 p.
12. CABRERA, O. Y DEL CARPIO RAMOS, P. (2007). Rendimiento de vacas Holstein en lactación alimentadas con grasa sobrepasante en las dietas. Artículo Técnico. Publicado en Engormix. Perú. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/sanidad/articulos/rendimiento-vacas-holstein-lactacion-t1875/165-p0.htm>
13. CALSAMIGLIA S. Y FERRET A. 2002. Fisiología ruminal relacionada con la patología digestiva: acidosis y meteorismo. XVIII Curso de Especialización FEDNA. Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos. Universidad Autónoma de Barcelona. España. pp. 1-19. Disponible en: <file:///D:/Downloads/fisi.pdf>
14. CALVOPIÑA, A. Y LEÓN, V. (2007). Estudio de la suplementación de tres niveles de grasa sobrepasante en la alimentación de vacas lactantes Holsteinfriesian, Aloasi-Pichincha. RUMIPAMBA VOL. XXI N° 1, pp. 1-12.
15. CAÑAS, R. 1995. Alimentación y Nutrición Animal. Colección en Agricultura Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile.
16. CASTRO, T. 1991. Efecto del consumo de concentrado sobre la ingestión voluntaria de alimentos voluminosos, durante la fase final de la gestación y la lactación en ovejas "Churra". Tesis Doctoral. Facultad de

- Veterinaria. Universidad de Complutense Madrid. pp. 1-14. Disponible en:
http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/13_18_52_147_4.pdf
17. CUNNINGHAM. J. 2002. Fisiología veterinaria. 2ª Ed. México. Editorial. McGraw Hill S.A. p. 885. ISBN: 970-10-1912-1
 18. DEAN, D. 2008. Uso de lípidos en dietas para rumiantes. Desarrollo Sostenible de la Ganadería de Doble Propósito. 2008. pp.1-5. Disponible en:
http://www.avpa.ula.ve/libro_desarrollosost/pdf/capitulo_37.pdf
 19. DHANOA, M.S. LOPEZ, S.; DIJKSTRA, J. DAVIES, D.R. SANDERSON, R. WILLIAMS, B.A. SILESHI, Z. FRANCE, J. 2000. Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed in vitro: comparison of models. Br. J. Nutr. 83:131-142.
 20. DI MARCO, O. 2011. Estimación de calidad de los forrajes. Sitio argentino de Producción Animal. Facultad de Ciencias Agrarias. Unidad Integrada Balcarce INTA Balcarce. pp. 1-3. Disponible en:
http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.pdf
 21. DIAZ, A. 2001. Introducción a la Digestión Ruminal. Departamento de Nutrición Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM. Publicación Electrónica del 16 de junio de 2001. pp.1-15. Disponible en:
<http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/enlinea/Ruminal/lipidos.htm>
 22. DÍAZ, C. 2005. Regulación del consumo de la ración por la vaca lechera. Sitio argentino de Producción Animal. Rev. Mundo Veterinario, Julio 2005. pp. 3. Disponible en:
http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/84-regulacion_consumo_de_racion.pdf
 23. DOREAU, M. FERLAY, A. Y ELMEDDAH, Y. 1993. Organic matter and nitrogen digestion by dairy cows fed calcium salts of rapeseed oil fatty acids or rapeseed oil J. Anim. Sci. Vol. 71.

24. ESPINOZA, J. 2010. Efecto de la suplementación de grasas sobre características productivas, tasas de preñez y algunos metabolitos de los lípidos en vacas para carne en pastoreo. Arch_Med_Vet.42, 25-32.
25. ESQUIVEL, J. BENAVIDES, J.E. HERNANDEZ, I. VASCONCELOS, J. GONZALEZ, J. ESPINOZA, E. 1996. Efecto de la sustitución de concentrado con Morera (*Morus alba*) sobre la producción de leche de vacas en pastoreo. In: Resúmenes. Taller Internacional "Los árboles en la producción ganadera". EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. p. 25
26. FELTON, E. Y KERLEY M. 2004. Performance and carcass quality of steers fed different sources of dietary fat. J. Anim. Sci. 82:1794–1805.
27. FERNÁNDEZ, (2008). Cuadros de requerimientos energéticos-proteicos y algunas dietas alternativas Bovinos para carne. Técnico Nutricionista de INTA Bordenave. pp.1-4. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/18-requerimientos_bovinos_carne.pdf
28. FLORES. G. 2004. Factores que afectan a la calidad del ensilaje de hierba y a la planta de maíz forrajero en Galicia y evaluación de métodos de laboratorio para la predicción de la digestibilidad in vivo de la materia orgánica de estos forrajes ensilados. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. ES. pp. 84.
29. GAGLIOSTRO, G. Y SCHROEDER, G.2007. Efectos de la suplementación con sales cálcicas de ácidos grasos insaturados sobre la digestión ruminal en vacas lecheras en pastoreo. Arch. Latinoam. Prod. Anim., 2007, Vol.15.
30. GARCÍA, K. 2012. Respuesta a la suplementación con grasa sobrepasante en vacas mestizas en posparto en condiciones de trópico. Tesis de Ingeniero en Zootecnia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. pp. 25-30. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7136/1/206518.2012.pdf>

31. GETACHEW, G. BLÜMMEL, M. MAKKAR, H.P.S. BECKER, K. 1998. In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 72:261-281.
32. GETTY, S. 1986. Anatomía y Fisiología de los sistemas digestivos. Apuntes para la asignatura de anatomía y fisiología animal. (2005). FCA. UNCuyo. Disponible en: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:CPmNYcmMRuwJ:campus.fca.uncu.edu.ar:8010/pluginfile.php/12438/mod_resource/content/0/Microsoft_Word_-_Sistema_digestivo._A_y_Fa.pdf+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=ec
33. GÓMEZ, H. MOLINA., V. Y RUBI, K. 2007. Evaluación de la degradabilidad ruminal de materiales forrajeros en dos sistemas de producción ganadera a través de la técnica in situ. Tesis de Licenciado en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de El Salvador. pp. 12-19.
34. GUERRERO, A. 2011. Aislamiento de Bacterias Ruminales Degradadoras de Celulosa. Tesis para optar el título de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Pontificia Salesiana. Sede Cuenca. pp. 23-28. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1506/14/UPS-CT002062.pdf>
35. HERNÁNDEZ, R y DIAZ, T. 2011. Las grasas sobrepasantes y su efecto sobre la actividad productiva y reproductiva en rumiantes. Innovación y Tecnología en la Ganadería de doble propósito de la Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data S.A. Capitulo XXXIII. pp 1-17. Disponible en: <http://www.nutribasicos.com.ve/documentos/LAS%20GRASAS%20SOBREPASANTES%20Y%20SU%20EFECTO%20SOBRE%20LA%20ACTIVIDAD%20PRODUCTIVA%20Y%20REPRODUCTIVA%20EN%20RUMIANTES.pdf>
36. HERRERA, F. Y CALLEJA, F. 2011. Caracterización de las grasas de sobrepaso por medio de cromatografía de gases. Tesis de grado.

Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Ingeniería Química. Poza Rica-Tuxpan. Pp. 1-12.

<http://www.revistareduca.es/index.php/reduca/article/viewFile/1576/1598>

37. INFORCARNE. (2014). Necesidades nutricionales en los bovinos. Madrid-España. Disponible en: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:1mTNkYgc-AEJ:www.infocarne.com/bovino/necesidades_nutricionales_bovinos.htm+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=ec
38. LaBRUNE, H.J.REINHARDT CD.DIKEMAN ME. Y DROUILLARD JS.2008. Effects of grain processing and dietary lipid source on performance, carcass characteristics, plasma fatty acids, and sensory properties of steaks from finishing cattle. *J AnimSci* 2008; Pp. 86:167-172.
39. LACHMANN, M. Y ARAUJO, O. 1996. La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes. Departamento de Producción e Industria Animal. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad del Zulia. Apartado .Maracaibo Venezuela.
40. LARA. M.; OVIEDO, L. Y BETANCUR, C. 2010. Efecto de la época de corte sobre la composición química y degradabilidad ruminal del pasto *Dichanthium aristatum* (Angleton). Grupo de Biotecnología. Departamentode Química. Universidad de Córdoba Zootecnia Trop., p. 275-281.
41. LASCANO, C. BOREL, R. QUIROZ, R. ZORRILLA, J. CHAVES, C. WERNLI, C. 1990. Recomendaciones sobre metodología para la medición de consumo y digestibilidad in vivo. *Nutrición de Rumiantes. Guía metodológica de investigación.* ALPA, San Jose, Costa Rica. pp: 157-168.
42. LECHTENBERG, V.L. MULLER, L.D. BAUMAN, L.F. RHYKERD, C.L. BARNES, R.F. 1972. Laboratory and in vitro evaluation of inbred and F2 populations of brown midrib mutants of *Zea mays* L. *Agron. J.* 64:657-660.

43. LÓPEZ, R. GARCÍA, R. MELLADO, M. ACOSTA, J. 2002. Crecimiento y características de la canal de bovinos Charolais y Beefmaster alimentados con dos fuentes de proteínas y dos niveles de grasa sobrepasante. Técnica Pecuaria en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias México. pp. 1-9. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61340304>
44. MAC LOUGHLIN, R. (2005). Requerimientos de Proteína y Formulación de Raciones en Bovinos para Carne. Investigación y Desarrollo Agropecuario. Revista veterinaria Argentina. pp. 1-10. Disponible en: <file:///D:/Downloads/requerimientos-de-proteina-y-formulacion-de-raciones-en-bovinos-para-carne.pdf>
45. MAHECHA, L. ANGULO, J. SALAZAR, B. CERÓN, M. SUÁREZ, JF. LOPERA, JJ. MOLINA, CH. MOLINA, J. GALLO, J. MURGUEITIO, E.; BUENAVENTURA, J. OLIVERA, M. 2005. Uso de grasa sobrepasante en dietas de vacas lucerna pastoreando un sistema silvopastoril de alta densidad arbórea. Rev Col CiencPec. pp. 352.
46. MARTÍNEZ, A. PÉREZ, M. PÉREZ L, GÓMEZ. G. CARRIÓN, D. 2011. Efecto de las fuentes de grasa sobre la digestión de la fibra en los rumiantes. Departamento de Producción Animal. Universidad de Córdoba. España. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504. REDVET. Volumen 12 Número 7. pp. 1-10. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070711/071103.pdf>
47. MARTÍNEZ, A. PÉREZ, M. PÉREZ, L. GÓMEZ, G. CARRIÓN, D. 2010. Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. Departamento de Producción Animal. Universidad de Córdoba. España. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504 REDVET. Volumen 11 Número 08. 1-10. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080810/081004.pdf>
48. MARTÍNEZ, M. (2009). Estudios de simulación del ecosistema ruminal en sistemas *in vitro*: aspectos metodológicos. Tesis Doctoral. Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de León. España.

49. MATEOS G. REBOLLAR P.G. Y MEDEL P. 1996. Utilización de grasas y productos lipídicos en alimentación animal: grasas puras y mezclas. XII CURSO DE ESPECIALIZACION FEDNA. Departamento de Producción Animal. Universidad Politécnica de Madrid. pp, 1-18. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~nutanimal/96capitulol.pdf>
50. MAURICIO, R. M. OWEN, E. MOULD, F.L. GIVENS, I. THEODOROU, M.K. FRANCE, J. DAVIES, D.R. DHANOA, M.S. 2001. Comparison of bovine rumen liquor and bovine faeces as inoculum for an in vitro gas production technique for evaluating forages. Anim. Feed Sci. Technol. 89:33-48.
51. McBEE, R.H. 1953. Manometric method for the evaluation of microbial activity in the rumen with application to utilization of cellulose and hemicelluloses. Appl. Microbiol. 1. 106–110.
52. McDONALD, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. J. Agric. Sci. Camb. 96:251-252.
53. MCDONALD, I. 1986. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. Journal of Agriculture Science 96:251-252.
54. MÉNDEZ, M. (2013). Desempeño productivo y análisis económico de vacas lecheras primíparas suplementadas con grasa sobrepasante en una ración totalmente mezclada. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. Universidad de Zamorano, Honduras. Disponible en: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1743/1/CPA-2013-062.pdf>
55. MENDIETA, D. Y MENDOZA, J. (2012). Valoración química y cinética de degradación del ensilaje del pasto kinggrass (*Pennisetumpurpureum x Pennisetumtyphoides*), en tres épocas de corte. Tesis previa a la obtención del título de Médico Veterinario. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. pp. 62-70. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/123456789/294/1/ESPAM-PE-PE-TE-IF-00051.pdf>

56. MENKE, K. RAAB, L. SALEWSKI, A. STEINGASS, H. FRITZ, D.; SCHNEIDER, W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *J. Agric. Sci.* 93:217-222.
57. MURPHY, M. UDEN, P. PALMQUIST, D.L. WIKTORSSON, H. 1987. Rumen and total diet digestibilities in lactating cows fed diets containing full-fat rapeseed. *J. Dairy Sci.* Vol. 70, p. 1572-1582.
58. NARANJO, F. 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. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. *MedVetZootec.* Vol 6 (1): 9-19. Medellín. Colombia. pp 1-2.
59. NOGUERA, R.R. SALIBA, E.O. Y MAURICIO, R.M. 2004. Comparación de modelos matemáticos para estimar los parámetros de degradación obtenidos a través de la técnica de producción de gas. *LivestockResearchfor Rural Development.* Vol: 16 art.: 86.
60. ØRSKOV, E. R. (1988). *Protein Nutrition in Ruminants.* Academic Press Inc., San Diego, CA.
61. ØRSKOV, E. R. 1980. The use of nylon technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical animal productions.* S: 19.213.
62. ØRSKOV, E.R. Y McDONALD, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. Camb.* 92:499-503.
63. PALMQUIST, D. 1996. Utilización de lípidos en dietas de rumiantes. Department of Animal Sciences. XII Curso de Especialización FEDNA. Madrid, España. Citado por *Zootecnia Tropical.* Disponible en: [file:///D:/Downloads/96capitulolIII%20\(9\).pdf](file:///D:/Downloads/96capitulolIII%20(9).pdf)

64. PELL, A. N. Y SCHOFIELD, P. 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. *J. Dairy Sci.* 76:1063-1073.
65. PINOS, S. 2012. Uso de grasa bypass en ganado lechero. Memoria Técnica. Escuela de Ingeniería Zootécnica ESPOCH. Riobamba – Ecuador. pp. 5,9.
66. PRESTON, R. T. Y LENG, R. R. 1989. Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados al nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico, 1ª. Edición. CIPAV.Cali. Colombia. pp 290.
67. REDONDO, P. 2003. Anatomía del aparato digestivo de un rumiante. Área de Zootecnia y Producción Animal. Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad de Valladolid. Disponible en: http://lan.inea.org:8010/web/zootecnia/Zootecnia/Anatomia_dig_rum.htm
68. RELLING, A. Y MATTIOLI, G. (2003). Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Cátedra de Fisiología. Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad Nacional de La Plata. Editorial Edulp, 14;15-23;30. Disponible en: <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/MATERIAL%202012/Fisiologia%20metabolica%20v.lechera.pdf>
69. RINEHART, L. 2008. Nutrición para Rumiantes en Pastoreo. Servicio Nacional de Información de Agricultura Sostenible ATTRA. pp. 1-20. Disponible en: <file:///D:/Downloads/rumiantes.pdf>
70. RODRÍGUEZ, A. Y VALENCIA, E. 2007. El estómago de pequeños ruminates. Estación Experimental Agrícola. Fondo para el Fomento de la Industria de Pequeños Rumiantes. Vol: 3, No 2, 2007. pp. 1-4. Disponible en: <http://www.uprm.edu/ciag/inpe/ruminantia/ruminantia3-2-2007.pdf>
71. ROHWEDER, D. A.; BARNES, R. F.; JORGENSEN, N. 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *J. Anim. Sci.* 47:747759.

72. ROJO, C. Y GONZÁLEZ, E. (2013). Anatomía Veterinaria. Estómago de los rumiantes. Anatomías externa e interna. Surco gástrico. Posición y relaciones anatómicas. Fijaciones. Departamento de Anatomía y Anatomía Patológica Comparadas. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense. Reduca (Recursos Educativos), Serie Veterinaria. 5 (2): 28-42, 2013. Madrid.
73. ROSERO, R. Y POSADA, S. (2007). Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias, GRICA. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia. Revista colombiana de Ciencias Pecuarias. pp. 1-9. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v20n2/v20n2a09.pdf>
74. RYMER, C. HUNTINGTON, J.A. WILLIAMS, B.A. GIVENS, D.I. 2005. In vitro cumulative gas production techniques: History, methodological
75. SAGINÉS, L. 2001. Potencial nutricional del forraje de *Buddleiaskuchii* (hojas y peciolos) en la alimentación de ovinos y análisis de las variables ruminales. Tesis para optar el grado de Doctora en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima. Colima México. pp. 25-32.
76. SICILIANO, J. 2001. Corn silage digestibility issues in testing, management and hybrid selection.
77. SOTO, C. Y REINOSO, V. 2004. Suplementación energética en situaciones de crisis forrajera. Laboratorios Santa Elena-Virbac Uruguay S.A. Montevideo Uruguay. Disponible en: http://www.santaelena.com.uy/uc_88_1.html
78. STRIZLER, N.P. FERRI, C.M. Y JOUVE, V.V. 1997. Comparación de modelos utilizados para estimar la desaparición de la material seca in sacco y la degradabilidad efectiva. Rev. Arg. Prod. Anim. 17:353-364.
79. SOUZA, O. Y DOS SANTOS, I.E. 2002. Digestibilidad in vivo, balance de nitrógeno e ingestión voluntaria en ovinos alimentados con paja de cebada tratada con urea. Zootecnista. Tesis para optar el título de Doctor en Producción Animal. Universidade Federal de Alagoas-UFAL/CECA. pp. 1-10. Disponible en:

http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/01_21_45_08souza.pdf

80. SWENSON, W. 2001. Fisiología de los animales domésticos de Dukes, segunda edición. Editorial. Panamericana S.A. p. 84-7903-746-6
81. THEODOROU, M.K. WILLIAMS, B.A. MCALLAN, A.B. FRANCE, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48:185-197.
82. TILLEY, J. Y TERRY, R. 1963. A two stages technique for the in vitro digestion of forages crops. *J. Br. Grassland Soc.* 18:104-111.
83. TOBAL, C. (2005). Evaluación de los alimentos a través de diferentes métodos de digestibilidad. Disponible en: <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/anuavet/n1999a16tobal.pdf>
84. TREI, J. E. SINGH, Y. K. SCOTT, G. C. 1970. Effect of methane inhibitors on rumen metabolism. *J. Anim. Sci.* 31:256.
85. USDA. 2008. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 21. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. 2008.
86. VAN SOEST, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. New York: Cornell University Press. 476 p.
87. VAN SOEST, P.J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *J. Dairy Sci.* 119-128.
88. WEISS, W.P. 1993. Symposium: prevailing concepts in energy utilization by ruminants. Predicting energy values of feeds. *J. Dairy Sci.* 76:1802-1811.
89. YUBAILLE, F. PROAÑO, F. Y PEÑAFIEL, S. 2013. Evaluación de tres métodos de saponificación de grasas destinadas a la alimentación de vacas lecheras. Tesis para optar por el título de Ingeniero en Industrias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba.

Anexos

Anexo 1 Análisis de la varianza de la grasa de sobrepaso con elaborada con residuos de aceite de palma RAPPCa.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAP Ca	30	0,99	0,99	3,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	14813,00	9	1645,89	253,57	<0,0001
TIEMPO	14813,00	9	1645,89	253,57	<0,0001
Error	129,82	20	6,49		
Total	14942,82	29			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 6,4909 gl: 20

TIEMPO	Medias	n	E.E.				
0,00	16,85	3	1,47	A			
2,00	48,31	3	1,47		B		
4,00	59,57	3	1,47		C		
8,00	66,04	3	1,47			D	
6,00	66,47	3	1,47			D	
10,00	78,92	3	1,47				E
48,00	82,84	3	1,47				E F
12,00	83,88	3	1,47				F
24,00	90,02	3	1,47				G
36,00	96,06	3	1,47				H

Letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Anexo 2 Análisis de la varianza de la grasa de sobrepaso con elaborada con residuos de aceite de palma RAPPK.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAP K	30	0,99	0,98	3,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	13804,20	9	1533,80	164,69	<0,0001
TIEMPO	13804,20	9	1533,80	164,69	<0,0001
Error	186,26	20	9,31		
Total	13990,46	29			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 9,3130 gl: 20

TIEMPO	Medias	n	E.E.	
0,00	25,22	3	1,76	A

2,00	58,06	3 1,76	B		
4,00	69,59	3 1,76	C		
6,00	84,88	3 1,76		D	
8,00	89,65	3 1,76		D	E
10,00	91,29	3 1,76			E F
36,00	91,53	3 1,76			E F
24,00	92,10	3 1,76			E F
12,00	94,42	3 1,76			E F
48,00	96,83	3 1,76			F

Anexo 3 Análisis de la varianza de la grasa de sobrepaso con elaborada con residuos de aceite de palma RAPPNa.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAP Na	30	0,98	0,97	7,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	23364,86	9	2596,10	101,86	<0,0001
TIEMPO	23364,86	9	2596,10	101,86	<0,0001
Error	509,74	20	25,49		
Total	23874,60	29			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 25,4869 gl: 20

TIEMPO	Medias	n	E.E.				
0,00	7,54	3	2,91	A			
2,00	34,98	3	2,91		B		
4,00	56,71	3	2,91			C	
36,00	66,26	3	2,91				D
12,00	83,14	3	2,91				E
6,00	85,64	3	2,91				E F
48,00	86,08	3	2,91				E F G
10,00	93,91	3	2,91				F G
8,00	94,19	3	2,91				F G
24,00	95,26	3	2,91				G

Anexo 4 Análisis de la varianza de la grasa de sobrepaso con elaborada con residuos de aceite de palma SOPCa.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SO Ca	30	0,94	0,92	9,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	13455,23	9	1495,03	37,81	<0,0001

TIEMPO	13455,23	9	1495,03	37,81	<0,0001
Error	790,88	20	39,54		
Total	14246,11	29			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 39,5441 gl: 20

TIEMPO	Medias	n	E.E.			
0,00	13,29	3	3,63	A		
2,00	41,47	3	3,63	B		
6,00	57,58	3	3,63		C	
4,00	58,57	3	3,63		C	
36,00	73,53	3	3,63			D
10,00	74,31	3	3,63			D
8,00	74,55	3	3,63			D
12,00	78,29	3	3,63			D E
24,00	78,74	3	3,63			D E
48,00	88,61	3	3,63			E

Anexo 5 Análisis de la varianza de la grasa de sobrepaso con elaborada con residuos de aceite de palma SOPK

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SO K	30	0,97	0,95	7,11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	17383,50	9	1931,50	68,73	<0,0001
TIEMPO	17383,50	9	1931,50	68,73	<0,0001
Error	562,04	20	28,10		
Total	17945,54	29			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 28,1019 gl: 20

TIEMPO	Medias	n	E.E.			
0,00	7,28	3	3,06	A		
2,00	64,80	3	3,06		B	
4,00	72,44	3	3,06		B	
6,00	72,82	3	3,06		B	
8,00	83,47	3	3,06			C
10,00	83,70	3	3,06			C
12,00	85,91	3	3,06			C
24,00	90,47	3	3,06			C
36,00	91,94	3	3,06			C
48,00	92,38	3	3,06			C

Anexo 6 Análisis de la varianza de la grasa de sobrepaso con elaborada con residuos de aceite de palma SOPNa

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SO Na	30	0,86	0,79	16,56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	19306,27	9	2145,14	13,30	<0,0001
TIEMPO	19306,27	9	2145,14	13,30	<0,0001
Error	3225,19	20	161,26		
Total	22531,46	29			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 161,2593 gl: 20

TIEMPO	Medias	n	E.E.		
0,00	4,84	3	7,33	A	
2,00	68,77	3	7,33		B
4,00	72,57	3	7,33		B C
8,00	79,95	3	7,33		B C
6,00	84,09	3	7,33		B C
10,00	86,57	3	7,33		B C
12,00	88,82	3	7,33		B C
24,00	91,83	3	7,33		B C
36,00	93,99	3	7,33		C
48,00	95,52	3	7,33		C

Anexo 7 Análisis de la varianza del consumo de alimento bajo la influencia de RAPPCa con niveles del 0, 3, 5, 7%.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAP Con.Alime.	24	0,07	0,00	15,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	9952,45	3	3317,48	0,50	0,6854
Tratamiento	9952,45	3	3317,48	0,50	0,6854
Error	132263,84	20	6613,19		
Total	142216,29	23			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 6613,1922 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
5,00	479,31	6	33,20	A
7,00	514,78	6	33,20	A
0,00	520,86	6	33,20	A
3,00	534,46	6	33,20	A

Anexo 8 Análisis de la varianza de la digestibilidad *in vivo* de la materia seca bajo la influencia de RAPPCa con niveles del 0, 3, 5, 7%.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAP D. MS	24	0,07	0,00	13,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	62,82	3	20,94	0,50	0,6886
Tratamiento	62,82	3	20,94	0,50	0,6886
Error	842,89	20	42,14		
Total	905,71	23			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 11368,0731 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
3,00	46,86	6	2,65 A
7,00	49,28	6	2,65 A
0,00	50,11	6	2,65 A
5,00	51,28	6	2,65 A

Anexo 9 Análisis de la varianza de la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica bajo la influencia de RAPPCa con niveles del 0, 3, 5, 7%.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAP D.MO	24	0,20	0,08	9,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	115,96	3	38,65	1,70	0,1994
Tratamiento	115,96	3	38,65	1,70	0,1994
Error	455,14	20	22,76		
Total	571,10	23			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 22,7569 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
7,00	47,35	6	1,95 A
0,00	50,36	6	1,95 A
3,00	51,15	6	1,95 A
5,00	53,50	6	1,95 A

Anexo 10 Análisis de la varianza de la digestibilidad *in vivo* de la proteína bajo la influencia de RAPPCa con niveles del 0, 3, 5, 7%.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAP D. P	24	0,05	0,00	7,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	26,89	3	8,96	0,39	0,7633
Tratamiento	26,89	3	8,96	0,39	0,7633
Error	462,85	20	23,14		
Total	489,74	23			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 23,1425 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
7,00	59,65	6	1,96	A
0,00	59,89	6	1,96	A
5,00	60,64	6	1,96	A
3,00	62,36	6	1,96	A

Anexo 11 Análisis de la varianza de la digestibilidad *in vivo* del Extracto Etéreo bajo la influencia de RAPPCa con niveles del 0, 3, 5, 7%.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAP D. EE	24	0,51	0,43	6,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	542,35	3	180,78	6,82	0,0024
Tratamiento	542,35	3	180,78	6,82	0,0024
Error	530,16	20	26,51		
Total	1072,51	23			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 26,5078 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
3,00	72,98	6	2,10	A
5,00	73,02	6	2,10	A
7,00	76,62	6	2,10	A
0,00	84,64	6	2,10	B

Anexo 12 Análisis de la varianza de la digestibilidad *in vivo* de la Fibra bajo la influencia de RAPP Ca con niveles del 0, 3, 5, 7%.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAP D. F	24	0,05	0,00	14,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	43,72	3	14,57	0,33	0,8044
Tratamiento	43,72	3	14,57	0,33	0,8044
Error	885,96	20	44,30		
Total	929,67	23			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 44,2978 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
7,00	42,66	6	2,72	A
0,00	44,11	6	2,72	A
5,00	45,23	6	2,72	A
3,00	46,30	6	2,72	A

Anexo 13 Análisis de la varianza de la digestibilidad *in vivo* del Consumo de Alimento bajo la influencia de SOP Ca con niveles del 0, 3, 5, 7%.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SO Con.Alime.	24	0,10	0,00	10,26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	6939,19	3	2313,06	0,72	0,5516
Tratamiento	6939,19	3	2313,06	0,72	0,5516
Error	64239,63	20	3211,98		
Total	71178,82	23			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 3211,9815 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0,00	523,12	6	23,14	A
5,00	559,86	6	23,14	A
3,00	561,92	6	23,14	A
7,00	564,76	6	23,14	A

Anexo 14 Análisis de la varianza de la digestibilidad *in vivo* de la materia seca bajo la influencia de SOPCa con niveles del 0, 3, 5, 7%.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SO D. MS	24	0,35	0,25	4,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	50,12	3	16,71	3,54	0,0332
Tratamiento	50,12	3	16,71	3,54	0,0332
Error	94,33	20	4,72		
Total	144,44	23			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 4,7163 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
0,00	49,12	6	0,89 A
5,00	51,38	6	0,89 A B
3,00	51,75	6	0,89 A B
7,00	53,15	6	0,89 B

Anexo 15 Análisis de la varianza de la digestibilidad *in vivo* de la Materia Orgánica bajo la influencia de SOPCa con niveles del 0, 3, 5, 7%.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SO D.MO	24	0,84	0,81	3,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	391,18	3	130,39	34,00	<0,0001
Tratamiento	391,18	3	130,39	34,00	<0,0001
Error	76,69	20	3,83		
Total	467,88	23			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 3,8347 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
5,00	48,44	6	0,80 A
0,00	50,72	6	0,80 A
3,00	56,64	6	0,80 B
7,00	58,20	6	0,80 B

Anexo 16 Análisis de la varianza de la digestibilidad *in vivo* de la Proteína bajo la influencia de SOPCa con niveles del 0, 3, 5, 7%.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SO D. P	24	0,32	0,22	3,91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	56,26	3	18,75	3,14	0,0483
Tratamiento	56,26	3	18,75	3,14	0,0483
Error	119,58	20	5,98		
Total	175,84	23			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 5,9792 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0,00	60,50	6	1,00	A
3,00	61,51	6	1,00	A B
5,00	63,64	6	1,00	B
7,00	64,26	6	1,00	B

Anexo 17 Análisis de la varianza de la digestibilidad *in vivo* del Extracto Etéreo bajo la influencia de SOPCa con niveles del 0, 3, 5, 7%.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SO D. EE	24	0,35	0,26	7,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	324,26	3	108,09	3,66	0,0300
Tratamiento	324,26	3	108,09	3,66	0,0300
Error	591,36	20	29,57		
Total	915,62	23			

Test: Duncan Alfa: 0,05

Error: 29,5679 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
3,00	72,35	6	2,22	A
5,00	73,27	6	2,22	A
7,00	77,22	6	2,22	A B
0,00	81,64	6	2,22	B

Anexo 18 Reporte de resultados obtenidos de la evaluación de la dieta base para RAP.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA
 Dirección: Km. 1.5 Panamericana Sur Telefax: 2998231

REPORTE DE RESULTADOS

Fecha/Lugar	RIOBAMBA 2014/07/14	Comprobante de ingreso	15478
Tipo de muestra	Heces de dieta base	Código de muestra	13-014020
Propietario	Fabio Masabanda	Análisis solicitado	Proximal

ANIMALES	Parámetros							
	% HUMEDAD *	% MATERIA SECA*	% CENIZAS*	% MATERIA ORGÁNICA *	% PROTEINA BRUTA (x6.25) *	% FIBRA CRUDA*	% EXTRACTO ETereo *	% EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO *
1	8,48	91,52	14,69	85,31	11,50	27,81	1,32	44,68
2	8,78	91,22	12,94	87,06	11,40	32,06	0,87	42,73
3	7,97	92,03	13,29	86,71	11,25	29,61	0,57	45,28
4	9,11	90,89	11,37	88,63	12,20	29,74	0,79	45,90
5	8,22	91,78	11,86	88,14	11,75	28,96	0,83	46,60
6	8,39	91,61	12,09	87,91	11,50	29,47	0,39	46,55

RAP: Residuos de Aceite de Palma

*RESULTADOS EN BASE SECA

Ing. Patricia Guevara
 Jefe de Laboratorio

Dra. Sandra López
 Técnico de Laboratorio



Egdo. Fabio Masabanda
 Responsable TESIS

Anexo 19 Reporte de resultados obtenidos de la evaluación de heces de la dieta base más 3% RAP.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA

Dirección: Km. 1.5 Panamericana Sur Telefax: 2998231

REPORTE DE RESULTADOS

Fecha/Lugar	RIOBAMBA 2014/07/14	Comprobante de ingreso	15478
Tipo de muestra	Heces de dieta base mas 3% RAP	Código de muestra	13-014020
Propietario	Fabio Masabanda	Análisis solicitado	Proximal

ANIMALES	Parámetros							
	% HUMEDAD *	% MATERIA SECA*	% CENIZAS*	% MATERIA ORGÁNICA *	% PROTEINA BRUTA (x6.25) *	% FIBRA CRUDA*	% EXTRACTO ETereo *	% EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO *
1	9,30	90,70	13,60	86,40	10,65	30,10	2,65	43,00
2	10,29	89,71	13,14	86,86	11,50	28,05	2,98	44,33
3	12,12	87,88	15,14	84,86	10,75	27,05	3,55	43,51
4	9,15	90,85	13,06	86,94	10,60	26,85	2,56	46,93
5	10,25	89,75	14,79	85,21	10,80	29,20	2,51	42,70
6	9,71	90,29	15,02	84,98	11,05	29,40	2,30	42,23

RAP: Residuos de Aceite de Palma

*RESULTADOS EN BASE SECA

Ing. Patricio Guevara
 Jefe de Laboratorio

Dra. Sandra López
 Técnico de Laboratorio



Egdo. Fabio Masabanda
 Responsable TESIS

Anexo 20 Reporte de resultados obtenidos de la evaluación de heces de la dieta base más 5% RAP.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA
 Dirección: Km. 1.5 Panamericana Sur Telefax: 2998231

REPORTE DE RESULTADOS

Fecha/Lugar	RIOBAMBA 2014/07/14	Comprobante de ingreso	15478
Tipo de muestra	Heces de dieta base mas 5% RAP	Código de muestra	13-014020
Propietario	Fabio Masabanda	Análisis solicitado	Proximal

ANIMALES	Parámetros							
	% HUMEDAD *	% MATERIA SECA*	% CENIZAS*	% MATERIA ORGÁNICA *	% PROTEINA BRUTA (x6.25) *	% FIBRA CRUDA*	% EXTRACTO ETereo *	% EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO *
1	10,13	89,87	13,14	86,86	11,50	29,55	3,70	42,11
2	10,80	89,20	12,07	87,93	11,55	29,85	3,57	42,96
3	8,48	91,52	13,26	86,74	11,25	30,40	3,64	41,45
4	10,23	89,77	13,90	86,10	11,45	28,30	3,51	42,84
5	7,80	92,20	13,85	86,15	11,79	28,10	3,51	42,75
6	7,72	92,28	14,19	85,81	11,05	27,70	4,30	42,76

RAP: Residuos de Aceite de Palma

*RESULTADOS EN BASE SECA

Ing. Patricio Guevara
 Jefe de Laboratorio

Dra. Sandra Lopez
 Técnico de Laboratorio



Egdo. Fabio Masabanda
 Responsable TESIS

Anexo 21 Reporte de resultados obtenidos de la evaluación de heces de la dieta base más 7% RAP.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA
 Dirección: Km. 1.5 Panamericana Sur Telefax: 2998231

REPORTE DE RESULTADOS

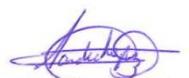
Fecha/Lugar	RIOBAMBA 2014/07/14	Comprobante de ingreso	15478
Tipo de muestra	Heces de dieta base mas 7 % RAP	Código de muestra	13-014020
Propietario	Fabio Masabanda	Análisis solicitado	Proximal

ANIMALES	Parámetros							
	% HUMEDAD *	% MATERIA SECA*	% CENIZAS*	% MATERIA ORGÁNICA *	% PROTEINA BRUTA (x6.25) *	% FIBRA CRUDA*	% EXTRACTO ETereo *	% EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO *
1	10,22	89,78	13,68	86,32	10,50	27,05	4,37	44,40
2	9,66	90,34	14,92	85,08	11,00	28,05	3,34	42,69
3	10,52	89,48	15,21	84,79	11,50	28,90	3,73	40,66
4	10,57	89,43	15,62	84,38	10,05	27,60	3,60	43,13
5	8,60	91,40	13,03	86,97	11,50	29,55	3,67	42,25
6	8,87	91,13	13,46	86,54	11,45	29,85	3,45	41,79

RAP: Residuos de Aceite de Palma

*RESULTADOS EN BASE SECA


 Ing. Patricio Guevara
 Jefe de Laboratorio


 Dra. Sandra López
 Técnico de Laboratorio




 Egdo. Fabio Masabanda
 Responsable TESIS

Anexo 22 Reporte de resultados obtenidos de la evaluación de la dieta base para SO.



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA**

Dirección: Km. 1.5 Panamericana Sur Telefax: 2998231

REPORTE DE RESULTADOS

Fecha/Lugar	RIOBAMBA 2014/07/14	Comprobante de ingreso	15478
Tipo de muestra	Heces de dieta base para Sebo Ovino	Código de muestra	13-014020
Propietario	Fabio Masabanda	Análisis solicitado	Proximal

ANIMALES	Parámetros							
	% HUMEDAD *	% MATERIA SECA*	% CENIZAS*	% MATERIA ORGÁNICA *	% PROTEINA BRUTA (x6.25) *	% FIBRA CRUDA*	% EXTRACTO ETereo *	% EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO *
1	8,22	91,78	11,86	88,14	11,6	28,95	0,83	46,71
2	7,92	92,08	12,67	87,33	11,5	29,6	1,34	44,89
3	8,78	91,22	12,94	87,06	11,4	32,05	0,87	42,74
4	8,44	91,56	12,27	87,73	11,1	29,6	1,51	45,47
5	8,39	91,61	12,09	87,91	11,5	29,5	0,39	46,52
6	9,11	90,89	11,37	88,63	12,2	29,75	0,79	45,89

*RESULTADOS EN BASE SECA

Ing. Patricio Guevara
Jefe de Laboratorio

Dra. Sandra López

Técnico de Laboratorio



Egdo. Fabio Masabanda

Responsable TESIS

Anexo 23 Reporte de resultados obtenidos de la evaluación de heces de la dieta base más 3% SO.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA
 Dirección: Km. 1.5 Panamericana Sur Telefax: 2998231

REPORTE DE RESULTADOS

Fecha/Lugar	RIOBAMBA 2014/07/14	Comprobante de ingreso	15478
Tipo de muestra	Heces de dieta base mas el 3 % Sebo Ovino	Código de muestra	13-014020
Propietario	Fabio Masabanda	Análisis solicitado	Proximal

ANIMALES	Parámetros							
	% HUMEDAD *	% MATERIA SECA*	% CENIZAS*	% MATERIA ORGÁNICA *	% PROTEINA BRUTA (x6.25) *	% FIBRA CRUDA*	% EXTRACTO ETereo *	% EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO *
1	9,82	90,18	22,98	77,02	11,73	30,05	2,78	32,46
2	9,71	90,29	20,83	79,17	11,51	29,55	2,71	35,4
3	10,25	89,75	15,17	84,83	11,38	30,25	2,84	40,36
4	9,75	90,25	16,06	83,94	11,14	30,15	3,05	39,6
5	8,63	91,37	18,45	81,55	11,51	29,15	2,4	38,49
6	8,05	91,95	17,89	82,11	12,23	29,5	3,7	36,68

*RESULTADOS EN BASE SECA


 Ing. Patricio Guevara
 Jefe de Laboratorio


 Dra. Sandra López
 Técnico de Laboratorio




 Egdo. Fabio Masabanda
 Responsable TESIS

CONTRIBUYENDO EN LA ALIMENTACION ANIMAL

Anexo 24 Reporte de resultados obtenidos de la evaluación de heces de la dieta base más 5% SO.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA
 Dirección: Km. 1.5 Panamericana Sur Telefax: 2998231

Anexo 25 Reporte de resultados obtenidos de la evaluación de heces de la dieta base más 7% SO.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA
Dirección: Km. 1.5 Panamericana Sur Telefax: 2998231

Anexo 26 Reporte de resultados del aporte de los nutrientes contenidos en el heno (Avena sativa, Vicia fava, Medicago sativa y Lolium multiflorum).



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
 LABORATORIO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA
 Dirección: Km. 1.5 Panamericana Sur Telefax: 2998231

REPORTE DE RESULTADOS

Fecha/Lugar	RIOBAMBA 2014/07/14	Comprobante de ingreso	15478
Tipo de muestra	Heno de avena, vicia, alfalfa y ray grass.	Código de muestra	13-014020
Propietario	Fabio Masabanda	Análisis solicitado	Proximal

Parámetro	*Resultado
MATERIA SECA	90,24%
AGUA	9,97%
CENIZAS*	10,67%
PROTEINA BRUTA (x6.25)*	14,94%
FIBRA CRUDA*	27,27%
EXTRACTO ETereo*	2,63%
EXTRACTO LIBRE DE NITRóGENO *	45,82%

*RESULTADOS EN BASE SECA


 Ing. Patricio Guevara
 Jefe de Laboratorio


 Dra. Sandra López
 Técnico de Laboratorio




 Egdo. Fabio Masabanda
 Responsable TESIS

CONTRIBUYENDO EN LA ALIMENTACION ANIMAL

Anexo 27 Reporte de resultados de la degradabilidad *in situ* de la Materia Seca bajo la influencia de la grasa protegida elaborada a partir de Residuos de Aceite de Palma y Sebo ovino.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA
 Dirección: Km. 1.5 Panamericana Sur Telefax: 2998231

REPORTE DE RESULTADOS

Fecha/Lugar	RIOBAMBA 2014/07/14	Comprobante de ingreso	15478
Tipo de muestra	Pasto	Código de muestra	13-014020
Propietario	Fabio Masabanda	Análisis solicitado	Materia Seca

MATERIA PRIMA	DEGRADABILIDAD DE LA MATERIA SECA									
	SAL MIN.	0 horas	3 horas	6 horas	9 horas	12 horas	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
RAP	Ca	10,353	24,733	28,200	30,501	33,395	38,338	74,908	76,214	82,622
	K	13,034	27,758	45,928	48,469	67,552	69,691	72,234	75,363	79,057
	Na	13,184	36,648	39,773	41,309	49,710	57,386	57,047	71,087	73,798
SO	Ca	7,820	28,055	34,175	34,582	43,394	52,742	54,111	58,266	60,547
	K	6,350	28,055	34,175	34,582	43,394	52,742	54,111	58,266	60,547
	Na	9,980	19,627	17,551	18,358	47,578	49,129	51,916	61,748	75,049

RAP: Residuos de Aceite de Palma SO: sebo ovino

*RESULTADOS EN BASE SECA

Ing. Patricia Guevara
 Jefe de Laboratorio

Dra. Sandra López
 Técnico de Laboratorio



Egdo. Fabio Masabanda
 Responsable TESIS

Anexo 28 Reporte de resultados de la degradabilidad *in situ* de la Materia Orgánica bajo la influencia de la grasa protegida elaborada a partir de Residuos de Aceite de Palma y Sebo ovino.



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA**

Dirección: Km. 1.5 Panamericana Sur Telefax: 2998231

REPORTE DE RESULTADOS

Fecha/Lugar	RIOBAMBA 2014/07/14	Comprobante de ingreso	15478
Tipo de muestra	Pasto	Código de muestra	13-014020
Propietario	Fabio Masabanda	Análisis solicitado	Materia Orgánica %

DEGRADABILIDAD DE LA MATERIA ORGÁNICA										
RAP	SAL MIN.	0 horas	3 horas	6 horas	9 horas	12 horas	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
	Ca	9,357	24,996	29,516	30,743	34,286	38,941	75,137	76,060	83,804
	K	10,194	21,910	44,342	46,722	66,356	68,185	71,397	74,713	78,160
	Na	11,547	35,870	40,166	41,678	52,856	60,345	61,361	73,894	74,436
SO	Ca	6,330	27,254	33,801	34,599	44,446	54,244	55,382	59,073	61,841
	K	3,860	28,854	41,067	42,161	55,830	56,284	61,488	68,844	72,129
	Na	7,890	17,986	20,145	22,070	50,457	53,947	55,949	64,583	77,941

RAP: Residuos de Aceite de Palma SO: sebo ovino

*RESULTADOS EN BASE SECA


Ing. Patricio Guevara
Jefe de Laboratorio


Dra. Sandra López
Técnico de Laboratorio




Egdo. Fabio Masabanda
Responsable TESIS

CONTRIBUYENDO EN LA ALIMENTACION ANIMAL

Anexo 29 Reporte de resultados de la degradabilidad *in situ* de la de las grasas protegidas con sales de Ca, K, Na.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA
 Dirección: Km. 1.5 Panamericana Sur Telefax: 2998231

REPORTE DE RESULTADOS

Fecha/Lugar	RIOBAMBA 2014/07/14	Comprobante de ingreso	15478
Tipo de muestra	Jabones	Código de muestra	13-014020
Propietario	Fabio Masabanda	Análisis solicitado	Materia Seca %

DEGRADABILIDAD DE MATERIA SECA DE LA GRASA SE SOBREPASO											
	SAL MIN.	0 horas	2 horas	4 horas	6 horas	8 horas	10 horas	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas
RAP	Ca	16,84	48,31	59,57	66,46	66,04	78,92	83,88	90,02	96,06	82,84
	K	25,22	58,06	69,59	84,88	89,65	91,29	94,42	92,11	91,53	96,83
	Na	7,54	34,98	56,71	85,64	94,19	93,91	83,13	95,26	66,27	86,08
SO	Ca	13,29	41,47	58,57	57,57	74,55	74,31	78,29	78,74	73,53	88,61
	K	7,27	41,47	58,57	57,57	74,55	74,31	78,29	78,74	73,53	92,38
	Na	4,84	68,76	72,57	84,09	79,94	86,57	88,82	91,82	93,99	95,53

RAP: Residuos de Aceite de Palma SO: sebo ovino

*RESULTADOS EN BASE SECA


 Ing. Patricia Guevara
 Jefe de Laboratorio


 Dra. Sandra López
 Técnico de Laboratorio




 Egdo. Fabio Masabanda
 Responsable TESIS

Anexo 30 Reporte de resultados obtenidos de la digestibilidad de la dieta más el 3, 5, 7%de grasas (residuos de aceite de palma y sebo ovino) con Ca. Parte 1.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA
 Dirección: Km. 1.5 Panamericana Sur Telefax: 2998231

REPORTE DE RESULTADOS

Fecha/Lugar	RIOBAMBA 2014/07/14	Comprobante de ingreso	15478
Tipo de muestra	Pasto más jabones en la dieta	Código de muestra	13-014020
Propietario	Fabio Masabanda	Análisis solicitado	Proximal

RAP										SO							
Anim.	Trat.	C.A. gr.	D.MS %	D.MO %	D. P. %	D. E.E. %	D. F. %	D. ELN %	EM Mcal	C.A. gr.	D. MS %	D.MO %	D. P. %	D. E.E. %	D. F. %	D. ELN %	EM Mcal.
1	0	479,43	51,94	54,77	62,91	75,88	51,04	53,14	1,87	530,14	46,35	47,83	58,05	83,07	43,1	45,3	1,67
1	3	495,9	50,17	56,2	66,1	76,7	47,57	52,68	1,81	591,37	50,89	58,24	60,34	72,88	44,34	64,18	1,84
1	5	575,57	50,12	52,29	59,08	76,23	42,29	54,01	1,81	606,72	50,99	46,42	63,24	72,57	48,86	45,3	1,84
1	7	530,14	46,8	50,31	59,69	73,22	42,94	52,07	1,88	477,29	52,44	58,73	60,39	79,44	45,03	45,3	1,89
2	0	545,29	50,98	52,92	62,49	83,78	42,43	54,28	1,84	552,00	48,76	50,63	60,45	73,81	44,44	49,8	1,76
2	3	562,84	49,34	55,33	62,94	72,54	50,54	53,84	1,78	512,85	50,1	56,38	60,34	74,5	44,2	60,17	1,81
2	5	249,14	50,89	52,41	60,51	69,45	44,12	51,35	1,84	592,88	53,6	48,32	63,5	75,93	49,35	49,79	1,93
2	7	570,14	35,46	48,75	48,9	74,57	28,42	53,19	1,92	568,18	51,4	57,11	63,5	77,02	49,91	49,79	1,85

Anexo 31 Reporte de resultados obtenidos de la digestibilidad de la dieta más el 3, 5, 7%de grasas (residuos de aceite de palma y sebo ovino) con Ca. Parte 2.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE NUTRICION Y BROMATOLOGIA
 Dirección: Km. 1.5 Panamericana Sur Telefax: 2998231

3	0	577,71	43,9	46,34	57,65	87,84	39,16	44,57	1,58	545,29	50,99	52,93	62,5	83,79	42,46	54,28	1,84
3	3	554,01	42,47	50,16	60,42	63,01	45,5	44,2	1,53	492,33	51,04	54,14	61,57	73,26	44,03	55,51	1,84
3	5	437,43	46,27	48,67	57,07	69,45	36,36	49,8	1,67	574,71	47,36	50,38	60,67	71,11	43,11	54,28	1,71
3	7	577,71	47,43	47,3	56,48	76,87	39,93	48,72	1,76	623,06	49,95	55,06	62,84	64,39	44,91	54,28	1,8
4	0	422,43	50,35	51,46	59,35	85,09	45,92	50,27	1,82	518,71	51,07	52,65	63,39	71,91	46,95	51,45	1,84
4	3	605,84	48,79	44,98	58,01	70,56	41,81	49,87	1,76	571,29	53,54	56,94	64,38	71,62	47,19	58,68	1,93
4	5	536,71	44,94	47,78	55,56	71,47	39,79	47,99	1,62	496,04	51,5	49,82	64,05	73,16	45,51	51,44	1,86
4	7	420,29	48,33	49,1	63,72	69,17	45,43	49,7	1,79	628,92	54,65	58,96	67,65	79,45	49,24	51,44	1,97
5	0	530,14	46,36	47,84	57,7	83,07	43,1	45,45	1,67	570,14	47,22	48,82	59,26	92,17	42,97	46,41	1,7
5	3	564,80	44,79	44,79	63,05	76,11	45,33	45,33	1,62	600,56	51,42	56,26	61,53	76,52	46,64	58,02	1,86
5	5	525,00	50,78	53,28	59,19	73,76	46,68	45,08	1,83	499,74	52,97	46,41	67,96	75,44	44,65	46,41	1,91
5	7	464,71	53,29	43,84	61,04	81,15	44,97	44,42	1,6	620,19	57,97	62,32	69,13	80,92	49,82	46,41	2,09
6	0	570,14	57,14	48,81	59,26	92,17	43,02	46,37	1,7	422,43	50,35	51,46	59,35	85,09	45,89	50,27	1,82
6	3	423,35	45,62	55,41	63,61	78,96	47,02	47,02	1,65	603,13	53,51	57,86	60,89	65,29	48,33	61,72	1,93

Anexo 32 Fundas de nylon para el estudio de digestibilidad in situ de las grasas y del heno.



Anexo 33 Vacas fistuladas para la evaluación de la digestibilidad in situ de la grasa protegida y del heno bajo la influencia de estas grasas.



Anexo 34 Extracción ruminal, lavado y transporte de las fundas de nylon para su posterior evaluación.



Anexo 35 Jaulas metabólicas para el estudio de la digestibilidad in vivo.



Anexo 36 Alimento (heno), RAP, SO, pesaje del alimento y alimentación de los ovinos en estudio.



Anexo 37 Recolección y pesaje de heces

