

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON ENSILAJE DE RESIDUOS DE UNA PLANTA PROCESADORA DE TILAPIA (Oreochromis niloticus) SOBRE EL CONSUMO VOLUNTARIO Y LA DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES DE HENO DE GRAMINEAS Y LEGUMINOSAS TROPICALES

Por

Héctor Luis Díaz Ríos

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

INDUSTRIA PECUARIA

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ

2004

Aprobado por:

Randel, Paul, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Ruíz, Teodoro, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Rodríguez Carías, Abner, Ph.D.
Presidente del Comité Graduado

Fecha

Valencia Chin, Elide, Ph.D.
Representante de Escuela Graduada

Fecha

Latorre, José R., Ph.D.
Director de Departamento

Fecha

RESUMEN

Uno de los problemas más grandes que enfrenta la industria pesquera es la disposición de residuos orgánicos (peces de descarte y residuos del procesado de filete) por lo que alternativas para su disposición deben ser evaluadas. La preparación de ensilados representa una posibilidad de utilizar estos residuos orgánicos como suplemento en dietas para animales domésticos. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la suplementación con ensilaje de residuos de pescado tilapia (EP) preparado en silos de laboratorio con la adición de melaza de caña sobre el consumo voluntario y la digestibilidad de nutrientes, usando raciones basales de heno de gramíneas tropicales (Digitaria eriantha 80% y Panicum maximun 20%) y de heno de maní rizoma perenne (HMRP) (Arachis glabrata). Además, se evaluó la estabilidad aeróbica del EP.

En el ensayo experimental 1 se evaluaron tres tratamientos (T1 ó Control= heno de gramíneas, T2= heno de gramíneas + EP a 0.45% del peso vivo (PV), T3= heno de gramíneas + EP a 0.90% del PV diariamente), mientras que en el ensayo experimental 2 se evaluaron los tratamientos (T1 ó Control= HMRP , T2= HMRP + EP a 0.225% del PV, T3= HMRP + EP a 0.45% del PV diariamente). En ambos ensayos se utilizaron 9 corderos distribuidos según un diseño de cuadrado latino 3X3. Los ovejos fueron sometidos a una etapa de adaptación a las dietas de ocho días y a un periodo de recolección de datos de seis días durante cada periodo. Se llevó registro de la cantidad de alimentos ofrecidos y rechazados por cada animal para determinar el consumo voluntario y se tomó

una alícuota de 10% de las heces para análisis y determinación de las digestibilidades.

En el tercer experimento se evaluó la estabilidad aeróbica del EP, utilizando tres silos abiertos provistos de termómetros y expuestos a condiciones aeróbicas. Se determinó la población de hongos y levaduras, acidez (pH) y contenido de ácido láctico después de 0, 1, 3, 5 y 7 días de exposición al aire, esto como indicadores de deterioro aeróbico. Además, se monitoreó la temperatura cada 24 horas durante un periodo de siete días. Los datos obtenidos fueron analizados según un diseño completamente aleatorizado mediante una prueba de separación de medias de los periodos de exposición (SAS, 1990).

En el ensayo 1, la suplementación con EP a corderos alimentados con heno de gramíneas tropicales aumentó linealmente ($P < .05$) el consumo voluntario y la digestibilidad de materia seca (MS) (T1= 470.0 g/d, 52.55%; T2= 570.0 g/d, 60.22%; T3= 640.0 g/d, 64.90%), respectivamente. También aumentó ($P < .05$) el consumo (g/d) de proteína cruda (PC) (T1= 22.0; T2= 52.0; T3= 73.0). En la digestibilidad de la PC hubo diferencias ($P < .05$) entre el control (58.03%) y los tratamientos con suplementación, pero T2 (64.89%) fue similar a T3 (68.86%) ($P > .05$). Por otro lado, la suplementación con EP no aumentó ($P > .05$) la digestibilidad de la fibra detergente neutro (FDN) (T1=51.23%; T2= 52.51%; T3= 52.12%), pero en T3 se redujo ($P < .05$) el consumo (g/d) de FDN (T1= 320.0; T2= 310; T3= 280.0). De este ensayo se concluyó que la suplementación con EP al 0.90% del PV se presenta como la mejor alternativa.

En el ensayo 2, la suplementación con EP al 0.45%, pero no al 0.225% del PV aumentó ($P < .05$) la digestibilidad de la MS en corderos alimentados con HMRP (T1= 59.71%; T2= 64.86%; T3= 65.20%). Sin embargo, la suplementación con EP no aumentó ($P > .05$) el consumo (g/d) de MS (T1= 990.0; T2= 1010.0; T3= 1030.0); de PC (T1= 141.0; T2= 148.0; T3= 153.0) y de FDN (T1= 440.0; T2= 420.0; T3= 410.0). En cuanto a la digestibilidad de la PC se observaron diferencias entre el control (68.19%) y los demás tratamientos pero T2 (72.96%) fue similar a T3 (72.82%). La suplementación con EP no aumentó la digestibilidad de la fibra ($P > .05$) (T1= 46.57%; T2= 51.73%; T3= 49.72%). De las variables medidas en corderos alimentados con HMRP, la suplementación con EP al 0.225% del PV, aumentó la digestibilidad de la MS y de la PC tanto y casi tanto, respectivamente, como la suplementación al 0.45%. Por lo tanto, en corderos alimentados con la leguminosa este menor nivel de suplementación es recomendable. Al comparar resultados de los dos ensayos, el consumo voluntario de MS, FDN y PC en forma de HMRP fue mayor que con heno de gramíneas. La leguminosa también presentó una mayor ($P < .05$) digestibilidad de la MS y PC que el heno de gramíneas.

En el ensayo 3 se observó que las poblaciones microbianas asociadas al deterioro aeróbico (hongos y levaduras) se mantuvieron constantes prácticamente durante los siete días de exposición del EP al aire. A medida que transcurría el tiempo de exposición la acidez disminuía, por lo que se observaron diferencias significativas entre los días 0 y 7 de exposición ($P < .05$). A pesar de esto, a los siete días de exposición se mantuvo la acidez lo suficiente como para

evitar el deterioro del EP. La temperatura del ensilaje aumentó ($P < .05$) durante los primeros tres días, pero este incremento fue a la par con el patrón registrado en la temperatura ambiental. Durante los siete días de exposición la concentración de ácido láctico se mantuvo casi constante ($P > .05$). Todos estos resultados concuerdan en que el EP se mantiene estable por al menos una semana bajo condiciones aerobias.

ABSTRACT

One of the biggest problems facing the fishery industry is disposal of the organic wastes that result from fish processing (discarded fish and filleting residues). Alternatives for disposal of this material should be evaluated. Silage preparation represents a possibility to enable use of those organic residues as a supplement in diets for domestic animals. Two experiments were conducted to determine the effect of supplementation with tilapia fish silage (FS) prepared in laboratory scale silos with addition of cane molasses, on intake and digestibility of tropical grass hay (Digitaria eriantha, 80%, and Panicum maximum, 20%), and rhizome perennial peanut hay (RPPH) (Arachis glabrata). In Experiment 1, grass hay was the basal diet and treatments were (Control; T1 grass hay) and grass hay supplemented daily with FS at 0.45%(T2) and 0.90%(T3) of the animal body weight (BW). In Experiment 2, the basal diet was RPPH and treatments were (Control; T1 RPPH); and RPPH supplemented daily with FS at 0.225% BW (T2) and 0.45% BW (T3). In both experiments 9 male wethers were used. The animals were fed for eight days of adaptation and six days of data collection in each period. Offered and discarded feed was registered for each animal to determine the voluntary intake. A 10% aliquot of feces was taken for analysis and digestibility determination. Both experiments were analyzed using a 3x3 latin square design.

In experiment 3, the aerobic stability of FS was evaluated. Three opened silos provided with thermometers were exposed to aerobic conditions for seven days. Harmful microorganism populations (fungus and yeast), pH, and lactic acid

concentration were determined after 0, 1, 3, 5 and 7 days of aerobic exposure as indicators of aerobic deterioration. Temperature was monitored during 7 days at 24-hour intervals. Results of this experiment were analyzed using a completely randomized design and a Bonferroni test for separation of means of days of exposition (SAS, 1990)

In experiment 1 grass hay dry matter (DM) intake and digestibility increased ($P < .05$) with FS supplementation (T1= 470.0 g/d, 52.55%; T2= 570.0 g/d, 60.22%; T3= 640.0 g/d, 64.90%, respectively). FS supplementation also increased ($P < .05$) crude protein (CP) intake (g/d) (T1= 22.0; T2= 52.0; T3= 73.0). CP digestibility increased ($P < .05$) at either level of supplementation compared to the Control (58.03%), but T2 (64.89%) and T3 (68.86%) did not differ significantly. Neutral detergent fiber (NDF) intake (g/d) was higher in T1 (320.0) than T3 (280.0) but similar between T1 and T2 (310.0). Fiber digestibility was not affected ($P > .05$) by the treatments (T1=51.23%; T2= 52.51%; T3= 52.12%). From this trial it was concluded that supplementation with FS at 0.90% of BW is the best alternative.

In Experiment 2, DM digestibility of T3 (65.20%) differed ($P < .05$) from T1 (59.71%) but T2 (64.86%) did not differ from either T1 or T3. Intakes (g/d) of DM (T1= 990.0; T2= 1010.0; T3= 1030.0), CP (T1= 141.0; T2= 148.0; T3= 153.0) and fiber (T1= 440.0; T2= 420.0; T3= 410.0) were similar in all treatments ($P > .05$). CP digestibility was similar at both levels of supplementation (T2=72.96%, T3= 72.82%) and superior ($P < .05$) to that of the Control (68.19%). Fiber digestibility was not increased ($P > .05$) by FS supplementation (T1=

46.57%; T2= 51.73%; T3= 49.72%). It is concluded that daily supplementation with FS for sheep fed a basal diet of RPPH should be limited to 0.225% of BW. Upon comparing both experiments, voluntary intake of DM, NDF and CP from RPPH was higher than from grass hay. Also, the legume showed a higher ($P<.05$) digestibility of DM and CP than grass hay.

In experiment 3, it was observed that the microbial populations associated with aerobic deterioration (yeast and fungus) were nearly constant during the seven days of exposition. Acidity slowly decreased between days 0 and 7 of aerobic exposition. However, at seven days the pH was still low enough to avoid FS deterioration. Fish silage temperature increased during the first three days of exposure and then stabilized, but this increment was similar to the pattern seen in ambient temperature. During the seven days of exposure the concentration of lactic acid showed little change ($P>.05$). These combined results show that FS is stable for at least one week under aerobic conditions.

A MI ESPOSA

Carmen I. Báez Mercado

MI HIJO

Gabriel Armando Díaz Báez

Y

MIS ABUELOS

Isidro Ríos Feliciano

Y

Epifania Cervantes Ríos

AGRADECIMIENTOS

Mi primer agradecimiento para Dios ya que sin el nada de esto habría sido posible. Agradezco grandemente al Dr. Abner Rodríguez quien desde un principio me aceptó como estudiante subgraduado y me permitió participar en sus proyectos de investigación científica, los cuales sirvieron como catalizadores en mis aspiraciones profesionales y me motivaron a seguir estudios graduados en Nutrición Animal. A su vez, quiero agradecer al Dr. Rodríguez por aceptarme como estudiante graduado y ser mi más fuerte apoyo profesional durante todo este tiempo y por su gran amistad.

De igual manera, mi gratitud al Dr. Alfredo Sanjuán, por ser mi mentor, consejero y gran amigo, nunca lo olvidaré.

A los Doctores Teodoro Ruíz y Paul Randel por formar parte de mi comité graduado, orientarme y brindarme ayuda y materiales cuando más los necesité y a Elide Valencia por su gran amistad.

A todos los profesores por hacer un cambio en mi vida.

Por otro lado, quiero brindar mis más sinceras gracias a Raquel B. Fuentes por su gran ayuda y apoyo incondicional durante todo el experimento (sin ti habría sido casi imposible) y a todos los estudiantes graduados que de alguna manera u otra me dieron su apoyo y ayuda en todo momento, en especial a Félix Jaime León, Shyara Alvelo y Esbal Jiménez. A la secretaria del departamento: Jacqueline gracias por su paciencia para conmigo.

Gracias a todos los que hicieron posible la realización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

Lista de cuadros.....	xiii
Lista de figuras.....	xiv
Introducción.....	1
Objetivos.....	4
Revisión de literatura.....	5
1.1 Utilización de heno de gramíneas tropicales en la producción animal.....	5
1.2 Hierba Pangola (<u>Digitaria eriantha</u>).....	8
1.3 Hierba Guinea (<u>Panicum maximum</u>).....	10
1.4 Hierba Estrella (<u>Cynodon nlemfuensis</u>).....	12
2.1 Utilización de heno de leguminosas tropicales en la producción animal....	14
2.2 Maní rizoma perenne (<u>Arachis glabrata</u>).....	15
3.1 Residuos orgánicos de la industria pesquera.....	17
3.2 Producción de aceite y harina de pescado.....	18
3.3 Acidificación directa y fermentación anaeróbica.....	19
4.1 Utilización de ensilados biológicos en la alimentación animal.....	23
4.2 Estabilidad aeróbica del ensilaje de pescado.....	26
Materiales y métodos.....	31
Resultados y Discusión.....	38
1.1. Heno de gramíneas tropicales y heno de maní rizoma perenne.....	38
1.2. Suplementación con residuos fermentados de la industria pesquera.....	44

1.3. Estabilidad aeróbica de residuos fermentados del procesamiento de tilapia	55
Conclusiones.....	60
Implicaciones.....	61
Literatura citada.....	62
Apéndice.....	72

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Composición química del heno de gramíneas tropicales (HG) y heno de maní rizoma perenne (HMRP) utilizado en los ensayos metabólicos.....	38
Cuadro 2.	Consumo voluntario y digestibilidad de nutrientes del heno de gramíneas tropicales (HG) y heno de maní rizoma perenne (HMRP) en ambos ensayos experimentales.....	39
Cuadro 3.	Composición química, productos de fermentación y poblaciones microbianas del ensilaje de pescado (EP) utilizado en los ensayos metabólicos.....	44
Cuadro 4.	Efecto de la suplementación con ensilaje de pescado (EP) sobre el consumo voluntario y la digestibilidad de nutrientes del heno de gramíneas tropicales (HG).....	46
Cuadro 5.	Efecto de la suplementación con ensilaje de pescado (EP) sobre el consumo y la digestibilidad de nutrientes del heno de maní rizoma perenne (HM).....	52
Cuadro 6.	Efecto de la exposición aeróbica durante siete días sobre el pH del ensilaje de pescado (EP) (<u>Oreochromis niloticus</u>).....	56
Cuadro 7.	Efecto de la exposición aeróbica durante siete días sobre la temperatura (°C) del ensilaje de pescado (EP) (<u>Oreochromis niloticus</u>).....	56
Cuadro 8.	Efecto de la exposición aeróbica durante siete días sobre la concentración porcentual de ácido láctico en el ensilaje de pescado (EP) (<u>Oreochromis niloticus</u>).....	57
Cuadro 9.	Efecto de la exposición aeróbica durante siete días sobre las poblaciones de hongos y levaduras (ufc/g) del ensilaje de pescado (EP) (<u>Oreochromis niloticus</u>).....	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Metodología utilizada para la producción de aceite de pescado y harina de pescado.....	28
Figura 2.	Comparación de los procesos de acidificación directa y fermentación anaeróbica en la producción de ensilaje de residuos de pescadería (FAO, 1997).....	29
Figura 3.	Metodología utilizada para la fermentación de residuos de la industria pesquera	30

I. INTRODUCCIÓN

El manejo y disposición de residuos orgánicos que resultan del procesamiento industrial de los alimentos son actualmente parte vital de los procesos de producción. A medida que la preocupación por el ambiente aumenta y las leyes ambientales se hacen más restrictivas, los procesos industriales para la producción de los alimentos que generan grandes cantidades de residuos orgánicos de difícil manejo, pueden tornarse insostenibles. En la gran mayoría de las operaciones pesqueras destinadas a la producción de mariscos y pescado para consumo humano, los residuos orgánicos representan un 60% de todo el material procesado (Raa y Gildberg, 1982; Winter y Feltham, 1983). En Puerto Rico, los residuos orgánicos resultantes del procesamiento de tilapia (Oreochromis niloticus) causan problemas de manejo para la industria y de contaminación ambiental para la isla. Las operaciones de las charcas productoras de tilapia en el Centro de Investigación y Desarrollo para la Acuicultura Comercial en Puerto Rico (CIDACPR), ubicado en el municipio de Lajas, generan una gran cantidad de estos residuos. Se estima que como resultado del fileteado, escamado y limpieza del pescado se pierde aproximadamente del 17 al 66% del material fresco. Además, se descarta una gran cantidad de peces que no cumplen con el tamaño adecuado para ser procesado como alimento humano (< 12" de largo). Actualmente, estos residuos no se someten a tratamientos secundarios, sino que se están disponiendo en tierra (vertederos). Como resultado de las presiones ejercidas por grupos ambientalistas y por agencias de protección ambiental se hace necesaria la

búsqueda de alternativas para el manejo y disposición de residuos orgánicos generados durante el procesamiento de tilapia.

Asimismo, uno de los factores más importantes y limitantes en la crianza de rumiantes (e.i. vacunos para carne, ovinos, caprinos) es la provisión de proteínas, debido a la limitada disponibilidad de fuentes de buena calidad y el alto costo de las fuentes tradicionales (e.i. harina de soya, harina de pescado, harinas de sangre; Berenz, 1997). Por tal motivo es necesario desarrollar y buscar fuentes proteínicas alternas de buena calidad y bajo costo.

Durante los últimos años se ha despertado un gran interés en la preparación de ensilados biológicos utilizando residuos orgánicos (Martínez et al.,1991; Rabia et al.,1993; Berenz., 1997) para producir fuentes de proteína de alta calidad a un costo relativamente accesible. Un ejemplo es el producto fermentado del procesado de residuos de la industria pesquera (e.i. cabezas, colas, piel, escamas, huesos, vísceras y pescado entero no apto para consumo humano). A través de un proceso de fermentación anaeróbica controlada, es posible preparar un producto fermentado, químicamente estable y con alto valor nutritivo. Además, como resultado de la producción de ácido láctico y otros ácidos orgánicos generados durante la fermentación se reduce el pH a niveles que inhiben el desarrollo de microorganismos patógenos lo que resulta en un producto final microbiológicamente seguro (Rabia et al., 1993).

El ensilaje de subproductos de pescado puede ser utilizado como suplemento proteínico y energético en rumiantes. Su utilización redunda en grandes ventajas tanto para la industria ganadera como para la pesquera,

estimulando una asociación simbiótica donde la primera obtiene una fuente proteica de alta calidad y la segunda resuelve un problema de disposición de residuos orgánicos. Sin embargo, existe información limitada sobre los niveles óptimos de su inclusión como suplemento en dietas para rumiantes alimentados con henos de gramíneas o leguminosas tropicales como ración basal. Además, la vida útil del ensilaje de subproductos de pescado una vez expuesto a condiciones aeróbicas no está bien documentado.

Esta investigación se diseñó con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación con ensilaje de pescado (EP) a dos niveles sobre el consumo voluntario y la digestibilidad de nutrientes de un heno de gramíneas tropicales mezcladas y de heno de maní forrajero. Además, se evaluó el grado de deterioro del ensilaje de pescado expuesto a condiciones aeróbicas.

II. OBJETIVOS

- i. Determinar el efecto de la no suplementación y la suplementación a dos niveles con ensilaje de residuos de una operación de procesamiento de tilapia sobre el consumo voluntario y la digestibilidad de nutrientes de dietas basadas en un heno de gramíneas tropicales (80% Digitaria eriantha y 20% Panicum maximun) y otro de maní forrajero (Arachis glabrata).
- ii. Determinar la estabilidad aeróbica del aludido ensilaje.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Utilización de heno de gramíneas tropicales en la producción animal

En el trópico, la alimentación de rumiantes depende casi exclusivamente de la utilización de pastos y forrajes frescos (pastoreo, corte) o conservado (heno, henilaje, ensilaje) debido a su bajo costo y disponibilidad (Ruíz y Ramos, 2002). Los sistemas de producción de rumiantes, ya sean productores de leche o de engorde a corral, en condiciones tropicales utilizan a las gramíneas como único recurso alimenticio (Rosthoj y Branda, 2001). En Puerto Rico, la producción de pastos y forrajes está determinada por las condiciones ambientales particulares. La distribución desigual de la lluvia durante todo el año, limita la producción forrajera y causa una gran variabilidad en su valor nutritivo, lo que hace necesario la conservación de forrajes (Ruíz y Ramos, 2002). La conservación de gramíneas tropicales en forma henificada ha sido utilizada en los trópicos para conservar el exceso de forraje producido durante la época lluviosa para usarlo en la seca. Sin embargo, muchas de las plantas forrajeras que cumplen con los requisitos de adaptabilidad al trópico no necesariamente se prestan bien para la preparación de heno, ya sea por su alto contenido de humedad o por poseer tallos gruesos, lo cual retrasa el proceso de secado al campo y dificulta su henificación (Ruíz y Ramos, 2002). Además, la etapa de madurez fisiológica de los forrajes al momento del corte o pastoreo y la época del año afectan su composición química y valor nutritivo, teniendo efectos sobre la calidad del forraje y por ende el consumo voluntario y la selección alimenticia por parte de los corderos (Relling et al., 2001). Debido a niveles bajos de nitrógeno en el

forraje, la actividad ruminal de las bacterias (e.i. celulolíticas) se afecta negativamente y la degradación de los carbohidratos estructurales se reduce, así como también la razón de pasaje de la digesta, reduciendo de esta manera el consumo voluntario de los animales (Van Soest; Crowder y Cheda; Milford y Minson citados por Rodríguez et al., 1998b). La utilización de suplementos nitrogenados durante las épocas de poca disponibilidad de forraje, se hace necesario para mejorar dicho consumo.

Actualmente, las gramíneas tropicales conservadas en forma de heno son las más utilizadas para la alimentación del ganado (León, 2003). En la henificación se busca cosechar el forraje durante su etapa de crecimiento óptima, con el objetivo de obtener la máxima producción y conservación de nutrientes por unidad de área superficial. Para la obtención de heno de alta calidad es necesario reducir el contenido de humedad a niveles menores de 15% en pocos días. La disminución rápida del porcentaje de humedad minimiza los cambios en la composición química del forraje, que ocurren como resultado de la actividad de enzimas vegetales, la acción microbiana y la oxidación (Church et al., 2002). Un secado demasiado lento puede tener efectos adversos sobre la calidad del heno, tales como el desarrollo excesivo de hongos, lo cual reduce su aceptabilidad, valor nutricional y aumenta dramáticamente la posibilidad de toxicidad en los animales. Entre los factores que pueden afectar el contenido de humedad a diferentes etapas del proceso de henificación se encuentran la etapa de madurez del forraje cortado, la pérdida de hojas durante el proceso de secado y las condiciones climatológicas (e.i. lluvia). Las lluvias

pueden afectar negativamente la calidad del heno debido a la lixiviación de nutrientes, la cual resulta en grandes pérdidas de carbohidratos solubles y compuestos nitrogenados (Church et al., 2002). Durante las primeras 24 horas de secado se pueden registrar pérdidas de MS de hasta un 3.5% debido a la respiración celular; 5 a 14% por lixiviación en caso de lluvia y 3 a 5% por caída de hojas (Church et al., 2002). El almacenamiento de heno demasiado húmedo puede causar incrementos drásticos en la temperatura como resultado del proceso de fermentación. En ocasiones el calor generado durante el proceso de fermentación puede resultar en una combustión espontánea. La exposición prolongada al sol y al rocío matutino puede resultar en una decoloración debido a la pérdida rápida de carotenos y otros pigmentos vegetales (Church et al., 2002).

A pesar de que una gran cantidad de especies forrajeras cumplen con los requisitos de adaptabilidad agronómica al trópico, algunas de sus características inherentes las inhabilitan para la producción de heno. Por ejemplo, la hierba elefante (Pennisetum purpureum) se adapta mayormente en áreas de alta precipitación y se caracteriza por poseer tallos gruesos y succulentos. Las hierbas pertenecientes al género Brachiaria poseen tallos huecos con un alto contenido de humedad. Estas características dificultan su conservación como heno (Ruíz y Ramos, 2002). Entre las gramíneas más comunes en el Caribe y mayormente utilizadas para la preparación de henos se encuentran la hierba Estrella (Cynodon nlemfuensis), Pangola (Digitaria eriantha) y Guinea (Panicum maximum). Estas especies forrajeras se caracterizan por poseer tallos más

delgados y una mayor proporción de hojas, características que les hacen más adecuadas para la henificación.

1.2 Hierba Pangola (Digitaria eriantha)

La pangola (Digitaria eriantha) es la hierba forrajera mayormente utilizada en el Caribe para la producción de heno, aunque se utiliza también como cobertura y para controlar la erosión. La pangola es oriunda del valle del Río Pangola en la región este de Transvaal en Sur África, adyacente a los distritos de Zululandia (Ruiz y Ramos, 2002). Inicialmente esta fue cultivada cerca de Pretoria, Sur Africa, posteriormente fue introducida a los Estados Unidos, Indias Occidentales, América Central, parte norte de América de Sur y subsecuentemente fue llevada a Australia, oeste de Africa, las Filipinas, Hawaii, India, Pakistán y Malasia. Actualmente la pangola es cultivada en la mayoría de los países subtropicales y tropicales. Esta gramínea fue introducida a la región caribeña en el año 1949 en la isla de Guadalupe (Ruiz y Ramos, 2002). Desde entonces su adaptabilidad a las condiciones tropicales le ha permitido distribuirse y establecerse a través de toda la región caribeña.

La pangola se caracteriza por ser de fácil establecimiento y una vez establecida resiste la invasión de yerbajos. Además, se distingue por su crecimiento agresivo y el alto número de estolones que forman un denso dosel, si bien en épocas de sequía se vuelve menos densa ya que sólo posee una mediana tolerancia a las condiciones de sequía. Sus flores son estériles, por lo que debe ser propagada mediante la siembra de estolones. Estas

características la hacen menos competitiva en comparación con otras hierbas nativas o introducidas del trópico. Por otra parte, la producción de heno de hierba pangola que no se desarrolla bajo riego, está limitada en la época seca en áreas con una precipitación anual adecuada (1,100-1,200 mm). Además, el potencial de crecimiento de la hierba pangola es limitado debido a su susceptibilidad a infecciones con hongos al final de la época de lluvia y a infestaciones de áfidos (Ruíz y Ramos, 2002). Sin embargo, se ha reportado que la pangola es resistente a los nemátodos de la raíz.

La pangola se distingue por poseer tallos y estolones delgados y una razón hoja-tallo muy alta, la cual se reduce lentamente según madura la hierba (Machado et al.; Vicente-Chandler et al.; citados por Ruiz y Ramos ,2002). Se destaca, esta gramínea por poseer una excelente palatabilidad, aun luego de madura, una de las razones por lo que es ampliamente utilizada para la preparación de heno por los agricultores en la región del Caribe. Digitaria eriantha es considerada como una de las gramíneas tropicales de mayor calidad. Además, según el NRC (1985) ésta posee un contenido proteico total de 8.4% en estado henificado. La concentración de fósforo puede ser demasiado baja para alimentar bien el ganado en situaciones de suelos con baja concentración de este mineral y en ausencia de fertilización. La digestibilidad de la MS puede variar ampliamente entre 45-70%. Además, la hierba pangola posee altas concentraciones de Na en sus tejidos si se compara con otras gramíneas tropicales (Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO., 2004). En el Caribe la hierba pangola es considerada como una de las

gramíneas tropicales de mejor calidad, pero al madurarse adquiere rápidamente altos contenidos de MS y paredes celulares. Los rumiantes que consumen dietas de hierba pangola con altas concentraciones de paredes celulares no pueden satisfacer todos los requerimientos energéticos y proteicos para una producción adecuada, por lo que la suplementación proteica y energética se hace necesaria. La evaluación de diversos tipos de suplementación es una meta investigativa.

1.3 Hierba Guinea (Panicum maximun)

La hierba guinea se encuentra entre las gramíneas tropicales más utilizadas en el Caribe para la preparación de henos comerciales, aunque inicialmente fue utilizada solo para pastoreo. Posee un excelente potencial para la preparación de henos y ensilajes en áreas donde hay humedad adecuada. La hierba guinea es una planta perenne que se adapta mejor a condiciones cálidas que reciban más de 900 mm de lluvia al año. En regiones semiáridas, donde la precipitación pluvial anual es menor de 1,100 mm, esta hierba puede comportarse como una planta anual, la cual, desaparece durante la época seca y se desarrolla en la lluviosa a partir de las semillas depositadas durante la época de lluvia del año previo (Ruiz y Ramos, 2002). Se trata de una gramínea muy productiva en la América tropical. Es originaria de África y fue introducida y naturalizada en muchas áreas tropicales y subtropicales del mundo. Posee raíces profundas, densas y fibrosas. Su desempeño es mucho mejor en suelos con buen drenaje y alta fertilidad en regiones donde la lluvia es abundante.

Según el NRC (1985) el heno de guinea posee un contenido proteico total de 6.3%.

La hierba guinea se propaga bien mediante semillas, pero sólo si las semillas, que maduran desigualmente, son esparcidas según vayan alcanzando la etapa de madurez. En cambio, la cosecha de panículas de una sola vez puede resultar en la recolecta de una cantidad insuficiente de semillas viables para asegurar una buena siembra. Por tal motivo, la hierba guinea suele propagarse mediante la siembra de terrones con una buena cantidad de raíces bien desarrolladas (Vicente-Chandler et al., 1983). Este método es altamente intensivo en mano de obra y costoso, lo que limita la expansión de uso de la hierba guinea a través del Caribe y otras regiones tropicales (Ruiz y Ramos, 2002). La hierba guinea no tolera condiciones de inundación ni sobrevive sequías prolongadas. Sin embargo, crece bien en una amplia gama de suelos, excepto en los infértiles donde su producción es muy pobre. Una producción de heno excelente es posible si la hierba guinea es cosechada en una etapa temprana de crecimiento, en la cual hay una gran abundancia de hojas y los tallos son delgados y tiernos. En la region caribeña, la hierba guinea tiende a ser cosechada para la producción de heno solamente en áreas donde su crecimiento es voluntario o cuando hay exceso de producción de forraje y prevalecen condiciones ambientales favorables (Ruiz y Ramos, 2002).

Relling et al. (2001) estudiaron la influencia de la etapa de madurez en la selección de la dieta, consumo y fermentación ruminal en corderos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el valor nutricional de Panicum maximun en

tres diferentes temporadas y a tres diferentes etapas de madurez sobre la producción de corderos en crecimiento. Se verificó que un aumento en la madurez de la hierba guinea tiene un efecto negativo en su valor nutritivo, por lo tanto este forraje debe utilizarse en etapas tempranas de desarrollo. Además, durante las etapas maduras de hierba guinea en la temporada de otoño y las tres etapas de madurez en el invierno la digestibilidad y el consumo de nutrientes fue demasiado baja para cubrir los requerimientos alimenticios de corderos en pastoreo. Es evidente la necesidad de suplementar durante estas épocas (Relling et al., 2001). Estas diferencias en el desempeño animal pueden deberse a que el comportamiento de selección de los corderos puede diferir (O'Reagain y Owen Smith, 1996) o por que la composición química de la hierba guinea puede diferir durante las diferentes niveles de madurez (Aii y Stobbs; citado por Relling, 2001). O'Reagain y Owen Smith (1996) sugirieron que un aumento en la proporción de tallos, típico de plantas maduras, puede restringir el acceso a las partes de la planta con hojas y obligan al animal a consumir forraje de baja calidad, por lo que la suplementación alimenticia se hace necesaria.

1.4 Hierba Estrella (Cynodon nlemfuensis)

La hierba estrella es una planta estolonífera perenne sin rizomas, utilizada grandemente como material de pastoreo para ganado vacuno lechero en Puerto Rico. Es originaria del la región este y central de África, desde Etiopía y Sudan hasta Zaire, Malawi y Angola (Bodgan, 1977). Ha sido introducida en otras regiones tropicales del mundo para ser utilizada como forrajera y también como

cobertora y para el control de la erosión. La hierba estrella es una especie tropical y subtropical cuyo desarrollo está limitado a áreas donde la temperatura no baja a menos de -4°C (Bodgan, 1977). Se caracteriza por poseer fuertes estolones los cuales se dispersan de forma horizontal, desarrollando raíces y una nueva planta en cada coyuntura. Esta hierba se adapta bien a suelos de mediana a alta fertilidad con pobre a buen drenaje. Una vez establecida resiste la invasión de malezas así como también presenta una gran resistencia a plagas y enfermedades prevalentes en el trópico y es tolerante a sequías. Estas características la habilitan para llevar a cabo prácticas de pastoreo (Ruiz y Ramos, 2002).

Los diferentes genotipos de hierba estrella no forman semillas, por lo que es propagada vegetativamente mediante el uso de estolones maduros. En ocasiones la hierba estrella es confundida con la hierba bermuda (Cynodon dactylon) pero puede ser diferenciada debido a que la estrella no posee rizomas y sus tallos son más gruesos y fuertes. Por esta característica la planta madura no debe ser cosechada para la producción de heno, pero si la planta es cosechada antes de los cuarenta días se presta para producir un heno de buena calidad (Ruiz y Ramos., 2002).

Caceres y Kalous (1986) estudiaron el valor nutritivo de 6 diferentes especies de gramíneas para alimentar libremente a carneros castrados durante un periodo de dos años. Cynodon dactylon, C. nlemfuensis, Digitaria decumbens, Pennisetum purpureum X P. thyphoides, Panicum maximum y Cenchrus ciliaris, presentaron contenidos proteicos de 12.7, 9.9, 9.0, 8.7, 6.9 y

5.9%, y de fibra de 29.4, 35.9, 30.8, 31.4, 35.3 y 33.2%, respectivamente. La digestibilidad de la proteína cruda fue de 72.6, 48.6, 59.0, 69.6, 53.0 y 41.0%, y la de fibra cruda de 64.4, 67.5, 65.6, 68.2, 55.5 y 59.0%, respectivamente. Estos autores concluyeron que Cynodon dactylon, P. maximun y P. purpureum X P. typhoides son preferibles para cosechar material verde, mientras que D. decumbens, C. nlemfluensis y C. ciliaris son mejores para soportar condiciones de pastoreo, aunque también pueden ser utilizadas para la preparación de heno.

2.1 Utilización de heno de leguminosas tropicales en la producción animal.

Los sistemas de producción animal en el trópico dependen casi totalmente de los recursos naturales presentes en la región. Condiciones climáticas de alta temperatura y humedad atmosféricas, así como el bajo valor nutritivo de los forrajes tropicales son factores que limitan la producción animal en dicha región (Alexandre et al., 2002). Las forrajeras leguminosas han sido utilizadas en la producción animal debido a sus excelentes características nutricionales. En el Caribe, algunas especies como (Stylosanthes guianensis), alfalfa (Medicago sativa), siratro (Macroptilium atropurpureum) y maní rizoma perenne (Arachis glabrata) representan posibles alternativas para la producción de heno. Stylosanthes guianensis es originaria de Brasil y ampliamente distribuida en América Central y América del Sur. Es principalmente utilizada para pastoreo, ya que su uso bajo corte requiere un manejo intensivo para garantizar su persistencia (Grof et al.; citado por Ruiz y Ramos, 2002). Durante

el proceso de secado en el campo Stylosanthes es muy susceptible a la pérdida de hojas, por lo que no se presta para la henificación.

La alfalfa (Medicago sativa) comprende más del 60% del forraje producido en los Estados Unidos. Sin embargo, muchas de sus variedades no se desarrollan bien en las regiones tropicales (Cullison y Lowrey, 1987), debido a su susceptibilidad a plagas (áfidos y escarabajos), microorganismos infecciosos (hongos y virus) y condiciones ambientales adversas (Prine et al.; Bouton et al.; citado por Gelaye y Amoah, 1991). En el Caribe, la adaptabilidad de la alfalfa está limitada a pequeñas áreas con baja humedad y suelos con pH mayor a 7.0 y bien drenados. Además, su alto costo, su difícil establecimiento y corta vida en el trópico restringen su utilización en la región.

Siratro (Macroptilium atropurpureum) es una leguminosa introducida que se adapta bien a la mayoría de las condiciones ambientales tropicales. En Puerto Rico, crece en áreas semiáridas bajo condiciones secas y suelos altos en pH, características que le permiten competir favorablemente con los yerbajos. Sin embargo, su utilización para heno en la región del Caribe es muy limitada (Ruiz y Ramos, 2002).

2.2 Maní rizoma perenne (MRP) (Arachis glabrata).

El maní rizoma perenne representa una alternativa en la alimentación animal debido a su adaptabilidad al trópico y su alto contenido proteico. Es una leguminosa tropical nativa de América del Sur, que fue introducida al territorio de los Estados Unidos procedente de Brasil en el año 1936 (Prine et al., 1981). En

el 1979, la Universidad de Florida desarrolló el cultivar “Florigraze”. Al contrario de la alfalfa, el MRP no tiene problemas de enfermedades, insectos o nemátodos (Lopez et al.; citado por Staples et al., 1997). Es muy tolerante a las condiciones de sequía, calor y alta humedad presentes en las regiones subtropicales y tropicales del mundo (Prine et al.,1981). El MRP es una leguminosa forrajera de climas cálidos la cual es propagada mediante rizomas, debido a la poca cantidad de semillas que produce. Sin embargo, una vez establecida requiere un relativo bajo nivel de manejo para asegurar su persistencia (Prine et al.,1981).

La habilidad del forraje de MRP para promover el crecimiento animal es excelente. Estudios preliminares indicaron que los corderos y cabros digieren cantidades iguales o mayores de materia orgánica (MO) suplida por MRP en comparación con la alfalfa (Gelaye et al., 1990). Estos autores estudiaron el valor nutritivo del MRP como alternativa de leguminosa forrajera en cabros y observaron que los cabros alimentados con MRP, a pesar de consumir menos MS, ganaron peso a un ritmo similar a los cabros alimentados con una dieta de alfalfa. También encontraron que la digestibilidad de FDN aumentó en corderos alimentados con MRP (Gelaye et al., 1990). En estudios relacionados el MRP se mostró igual o superior en valor nutritivo al heno de alfalfa para la alimentación de novillas Holstein con un peso promedio de 300 Kg (Romero et al., 1987). Dadas sus excelentes características bajo condiciones tropicales el MRP representa una alternativa para sustituir a la alfalfa en la alimentación animal.

3.1 Residuos orgánicos de la industria pesquera.

Uno de los problemas de la industria pesquera es la disposición de residuos orgánicos que se generan como resultado de la pesca y el procesamiento del pescado. Actualmente el monto total de pesca a nivel mundial es de aproximadamente 10^8 toneladas anualmente, de lo cual entre el 70 al 85% consiste de especies marinas que no pueden ser utilizadas para consumo humano y peces de descarte (Espe y Lied, 1999). Además, factores como las variaciones en la pesca, los altos costos de transportación, la escasez de hielo y la falta de facilidades de almacenamiento, el procesamiento inadecuado, el pescado no vendido y el pescado que no cumple con el tamaño requerido, resultan en grandes cantidades de material que no puede ser comercializado (Fagbenro y Jauncey, 1993). Se estima que en la gran mayoría de las operaciones industriales para la manufactura de pescado para consumo humano, los residuos orgánicos representan un 60% de todo el material procesado (Raa y Gildberg, 1982; Winter y Feltham, 1983).

Por otro lado, las aguas utilizadas durante el procesamiento y lavado de equipos generan grandes cantidades de residuos (lodos) con un alto contenido orgánico (Alvelo, 2001; Sanjuán, 2002). Generalmente estos residuos son dispuestos en tierra (vertederos) aunque una pequeña parte de los mismos son depositados en el mar. De no disponerse apropiadamente, ocurre una proteólisis indeseable lo cual puede resultar en la producción de N-amoniaco y un olor desagradable resultado de la acción enzimática que libera las aminas cadaverina y putresina (Espe y Lied, 1999). La degradación de estos residuos

resulta en grandes problemas de contaminación ambiental y pérdidas económicas para las empresas pesqueras.

La elaboración de productos alimenticios a partir de los residuos orgánicos de las empresas pesqueras, incluye productos como aceites, harinas, suplementos líquidos y ensilados biológicos. La elaboración de estos productos ha sido la forma más común de minimizar la disposición de residuos orgánicos resultantes de la industria pesquera y reducir de esta forma su impacto adverso sobre el medio ambiente (Alvelo, 2001; Sánchez, 2001; Sanjuán, 2002 y León, 2003). También existen otras alternativas para la disposición de estos residuos tales como su utilización como relleno, la preparación de composta o su eliminación mediante el proceso de incineración.

3.2 Producción de aceite y harina de pescado

Como consecuencia del procesamiento de peces para consumo humano se producen grandes cantidades de residuos pesqueros que son utilizados en forma de harinas o aceites como fuente de energía y proteína en dietas para animales domésticos. Dado el alto contenido de proteína bruta del pescado, se estima que se descarta anualmente aproximadamente 8.0×10^5 toneladas de material proteico apto para el consumo animal (Espe y Lied, 1999).

Existen dos tipos de harina de pescado; la harina producida a partir de peces de descarte y las harinas producidas a partir de los residuos del procesamiento durante la elaboración de productos para consumo humano. En el primer caso los pescados crudos descartados son triturados, cocinados bajo

combinaciones de altas temperaturas (90°C) y vapor a presión y prensado con el objetivo de separar la fracción etérea (aceite) del pescado. Posteriormente, una vez extraído el aceite, la fracción restante se centrifuga y se seca para obtener la harina (Fig. 1). La harina producida con peces de descarte se caracteriza por su alto valor nutricional; posee una concentración de aproximadamente 60% de proteína en combinación con bajos contenidos de materia inorgánica (10%) y de grasas (5%). En cambio la harina elaborada a partir de las vísceras, cabezas, espinas, aletas y colas resultantes del procesamiento, posee un menor contenido de proteína (54%) y mayores contenidos de materia inorgánica (20%) y extracto etéreo (10%). Actualmente, este segundo tipo de harina es la más producida y utilizada en la isla.

3.3 Acidificación directa y fermentación anaeróbica

Además de la producción de aceite y harina, la conservación de residuos pesqueros por acidificación directa o fermentación anaeróbica representan métodos alternos para la preservación de los nutrientes del material original (Fig. 2). Existe evidencia que desde tan temprano como 1920, se evaluó la acidificación y la fermentación anaeróbica como métodos para preservar residuos de pescadería (Ward et al., 1985). Esto se hace con el objetivo de reducir el pH del material a preservarse lo suficiente (pH=4.5) como para evitar el crecimiento de microorganismos patógenos. En ambos métodos de preservación se lleva a cabo la molienda del residuo orgánico, homogenización del material, eliminación de componentes indeseables, envasado y

almacenamiento (Bello et al.; citado por FAO, 1997). El proceso de acidificación directa depende de la adición de ácidos orgánicos u otras sustancias inhibidoras. Entre los compuestos químicos utilizados para dicho propósito se encuentran el ácido propiónico, ácido fórmico, ácido sórbico, propionato de calcio y sorbato de potasio. Las mayores desventajas de este método, si no se lleva a cabo apropiadamente, son los posibles problemas potenciales de toxicidad en los animales y los efectos corrosivos sobre los equipos y la maquinaria.

La fermentación anaeróbica para la producción de ensilaje es una alternativa viable que tiene como objetivo la conservación del valor nutritivo y preservación del material de origen. Mediante la fermentación anaeróbica bien lograda se obtiene un producto altamente estable con pérdidas mínimas de nutrientes y pocos cambios en su composición química. La fermentación anaeróbica surge como resultado de la acción de los microorganismos sobre los sustratos que se encuentran naturalmente en el material a ensilar o que se aplican de forma independiente. El aumento en la acidez del ensilaje se debe a los ácidos orgánicos producidos por los microorganismos presentes, siendo el ácido láctico el más abundante. Este aumento en la acidez evita el desarrollo de otros microorganismos cuya acción es indeseable o que son patógenos. Para lograr un buen proceso de fermentación del ensilaje de pescado mediante este método, es necesario realizar una serie de pasos esenciales (Auclair; citado por Ward et al., 1985; Fig. 3). Esto incluye conocer la composición química del material a fermentarse, así como su microflora autóctona a temperatura controlada (22°C). Además, de no haber suficientes carbohidratos solubles en el

material original, se hace necesaria la adición de una fuente de los mismos como melaza de caña, glucosa o sacarosa, con el objetivo de proveer una fuente de sustrato para los microorganismos responsables de la fermentación. De no haber suficientes poblaciones de microorganismos deseables para llevar a cabo una rápida fermentación, éstos pueden ser añadidos de forma artificial mediante inóculos microbiales. En el proceso del ensilado biológico es común utilizar inóculos de bacterias productoras de ácido láctico tipo homofermentativos pertenecientes a los géneros Lactobacillus, Streptococcus o Pediococcus. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO; citado por Zuberi et al., 1993). Como otro requisito para lograr una fermentación deseable, es necesario controlar la temperatura para propiciar el desarrollo de microorganismos beneficiosos, los cuales alcanzan poblaciones de hasta 10^8 u.f.c./g. Al transcurrir este proceso de fermentación, ocurren cambios en la composición bacteriológica del material original, llegando a dominar las bacterias productoras de ácido láctico mientras las poblaciones de microorganismos indeseables, responsables del deterioro del ensilaje, se reducen dramáticamente (Lingdren y Pleje, 1983)

En un estudio para comparar los métodos de preservación de productos orgánicos mediante acidificación directa y fermentación anaeróbica, se encontró que el ensilaje producido mediante fermentación anaeróbica, utilizando una mezcla de sacarosa y melaza mezcladas a una proporción 1:1 y añadida a razón de 10% (p/p) de la materia original, presentó un olor más aceptable en comparación con el ensilaje de ácido añadido, luego de un año de

almacenamiento (Zuberi et al., 1993). Investigaciones realizadas por Fagbenro y Jauncey (1993) evaluaron el efecto de la temperatura de fermentación sobre las características del ensilaje de tilapia y barbudo fermentados con melaza al 15% e inoculados con bacterias productoras de ácido láctico. Los autores reportaron que temperaturas inferiores a 10 °C pueden tener efectos adversos sobre la actividad microbiana. Además, se observó que un aumento en la temperatura de fermentación afecta la solubilización de las proteínas y el contenido de nitrógeno no proteico. Concluyeron que el ensilaje de tilapia puede ser producido en un rango amplio de temperaturas (20-35 °C), dentro del cual se encuentra la temperatura ambiente de la isla de Puerto Rico (28-32 °C). Esto representa una aplicación práctica ya que mediante la utilización de la fermentación como método de preservación se puede reducir los costos operacionales, evitando la utilización de equipos adicionales (Incubadoras) necesarias para mantener una temperatura óptima. Espe y Lied (1999) estudiaron los cambios químicos de diferentes tipos de ensilaje de pescado crudos y cocinados y almacenados a diferentes temperaturas. Concluyeron que la composición química final del ensilaje depende principalmente de la composición química inicial del material crudo y que la hidrólisis de las moléculas orgánicas depende del tiempo y de la temperatura de almacenamiento.

4.1 Utilización de ensilados biológicos en la alimentación animal

Entre los factores más importantes en la producción animal se destaca la alimentación, que representa entre el 50 y 80% de los costos variables de producción (Berenz, 1997). El alto costo se debe en gran medida a que la mayoría de las fuentes proteicas son costosas. Por lo tanto, la búsqueda de fuentes de proteína de calidad entre derivados de la producción de alimentos para consumo humano se hace necesaria.

Una de las alternativas para la disposición de residuos orgánicos del pescado es la preparación de ensilaje. Este tipo de ensilaje ha sido evaluado previamente como suplemento dietético para animales con resultados positivos (Ahmed y Mahendrakar, 1996). La utilización de residuos pesqueros para preparación de ensilaje, permite el reciclaje de nutrientes, lo cual reduce los efectos adversos de la contaminación ambiental. Los métodos utilizados para la preparación de ensilados biológicos son sencillos, no requieren gran inversión inicial y utilizan poca mano de obra (FAO, 1997). El producto obtenido mediante la preparación de ensilados biológicos es altamente estable y puede ser almacenado a temperatura ambiente por periodos prolongados de tiempo, sin que su valor nutricional y su calidad higiénica se afecten adversamente (Kjos et al., 2001).

El ensilaje de residuos de pescadería ha sido utilizado exitosamente como suplemento proteico en dietas para rumiantes y no rumiantes donde hay poca disponibilidad de fuentes proteicas (Lindgren y Pleje, 1983; Ward et al., 1985; Hassan y Heath, 1986; León, 2003). Winter y Feltham (1983) estudiaron

la utilización de ensilaje de pescado como solución a la provisión de proteínas en las dietas de rumiantes. Estos autores han demostrado que tanto los vacunos de carne y lechero así como los ovinos, pueden degradar bien la proteína presente en el pescado ensilado. Además, el ensilaje de pescado puede incorporarse como sustituto de leche para ovinos sin tener efectos detrimentales sobre la salud y el desempeño productivo de los animales, luego de un periodo de adaptación inicial (Winter y Feltham, 1983). Asimismo, la utilización de ensilaje de pescado ofrece grandes ventajas en comparación con la producción de harina de pescado, ya que es un procedimiento sumamente sencillo, más eficiente desde el punto de vista energético y el producto puede ser almacenado durante largo tiempo, sin afectarse sus propiedades químicas (Winter y Feltham, 1983; León, 2003). En Venezuela, se estudió la utilización de ensilaje de pescado como un sustituto alternativo de proteína en la dieta de pollos de engorde y éste comparó satisfactoriamente con la harina de pescado, (Bello et al., 1997). Mediante pruebas biológicas de aceptabilidad se observó que los pollos prefirieron las dietas con hasta cincuenta por ciento de inclusión del ensilaje. Además, los pollos alimentados con ensilaje de pescado registraron mayores aumentos en peso. Se encontró que un nivel de inclusión de 5-20% de ensilaje de pescado en dietas de pollos de engorde puede dar resultados similares a los obtenidos con la harina de pescado (Bello et al., 1997). Samuels et al. (1991) evaluaron favorablemente distintos subproductos de pescadería (residuos de pescado y cangrejos) ensilados y utilizados como suplementos proteicos en corderos alimentados con heno de gramíneas, lo que nos muestra

su alto potencial en la industria animal. León (2003) estudió el efecto de la suplementación con subproductos fermentados de pescadería (residuos del procesado de filete de tilapia y lodos de la industria atunera) sobre el consumo y la digestibilidad de nutrientes en corderos alimentados con gramíneas tropicales, observándose resultados favorables.

En estudios realizados en cerdos de engorde Ward et al. (1985) ofrecieron el ensilaje de pescado a niveles dietéticos de 0, 10 y 15% en base seca y observaron un incremento en el consumo de alimento y una peor conversión alimenticia en los animales alimentados con 15% de ensilaje de pescado en comparación con las otras dietas. No se observaron diferencias en el espesor de la capa de grasa dorsal ni en la calidad de la canal atribuible al consumo del ensilaje de pescado. Estos autores concluyeron que 10% es el nivel óptimo de inclusión en dietas para cerdos en engorde. En otros estudios con cerdos, Kjos et al. (1999) probaron la aportación de 9% de la proteína dietética total en forma de ensilaje de pescado y no observaron efectos negativos sobre el crecimiento corporal, las características de la canal, ni la calidad de la carne. Asimismo, Kjos et al. (2000) estudiaron el efecto de la inclusión de ensilaje de pescado en la dieta sobre el desempeño y la calidad de la carne de pollos parilleros y encontraron que dicha inclusión puede ser llevada hasta niveles correspondientes al 21% de la proteína total, observándose resultados positivos. En adición señalaron que niveles altos de grasa en el pescado ensilado pueden causar un incremento deseable en los niveles de ácidos grasos poli-insaturados omega -3 en las pechugas y en la grasa

abdominal de los pollos. La utilización de ensilaje de pescado con alto contenido de grasa habrá de aumentar los requerimientos dietéticos de antioxidantes de los pollos parrilleros.

En estudios con otras especies, Winter y Feltham (1983), encontraron que la utilización de ensilaje de pescado en la alimentación de animales destinados a la producción de pieles debe ser limitada, debido a que los visones y las zorras son muy sensibles a las dietas ácidas con pH menores de 5.8. Estos autores recomendaron la utilización de ensilaje de pescado a niveles dietéticos de 10 a 30% en base seca durante el periodo de crecimiento, pero este uso debe suspenderse durante el periodo de apareamiento.

4.2 Estabilidad aeróbica del ensilaje de pescado

Uno de los aspectos más críticos en la producción y utilización de alimentos conservados por fermentación anaeróbica es su estabilidad aeróbica o grado de deterioro al ser expuesto al aire. La inestabilidad aeróbica puede ser detectada mediante incrementos en pH y temperatura resultantes del metabolismo de los microorganismos (bacterias aeróbicas, hongos y levaduras) que utilizan los carbohidratos residuales y ácido láctico presentes en el ensilaje (McDonald et al., 1991). Dicho deterioro aeróbico ha sido bien documentado en forrajes ensilados, siendo éste una de las mayores desventajas de este tipo de ensilaje (McDonald et al., 1991). Por el contrario, existe muy poca información sobre la estabilidad aeróbica de residuos fermentados de pescadería. Los efectos de la exposición aeróbica del ensilaje de pescado no han sido bien

documentados. En el único estudio publicado de que tenemos conocimiento, no se observaron diferencias marcadas en el pH, composición química y características fermentativas de los residuos fermentados de pescadería expuestos al aire por 5 días (León et al., 2003). Esos resultados sugieren que los residuos fermentados de pescadería son aeróbicamente estables, lo que favorecería su posible uso en el clima tropical local. Aún así es necesario realizar pruebas adicionales de exposición aeróbica del ensilaje de pescado para verificar dicha estabilidad.

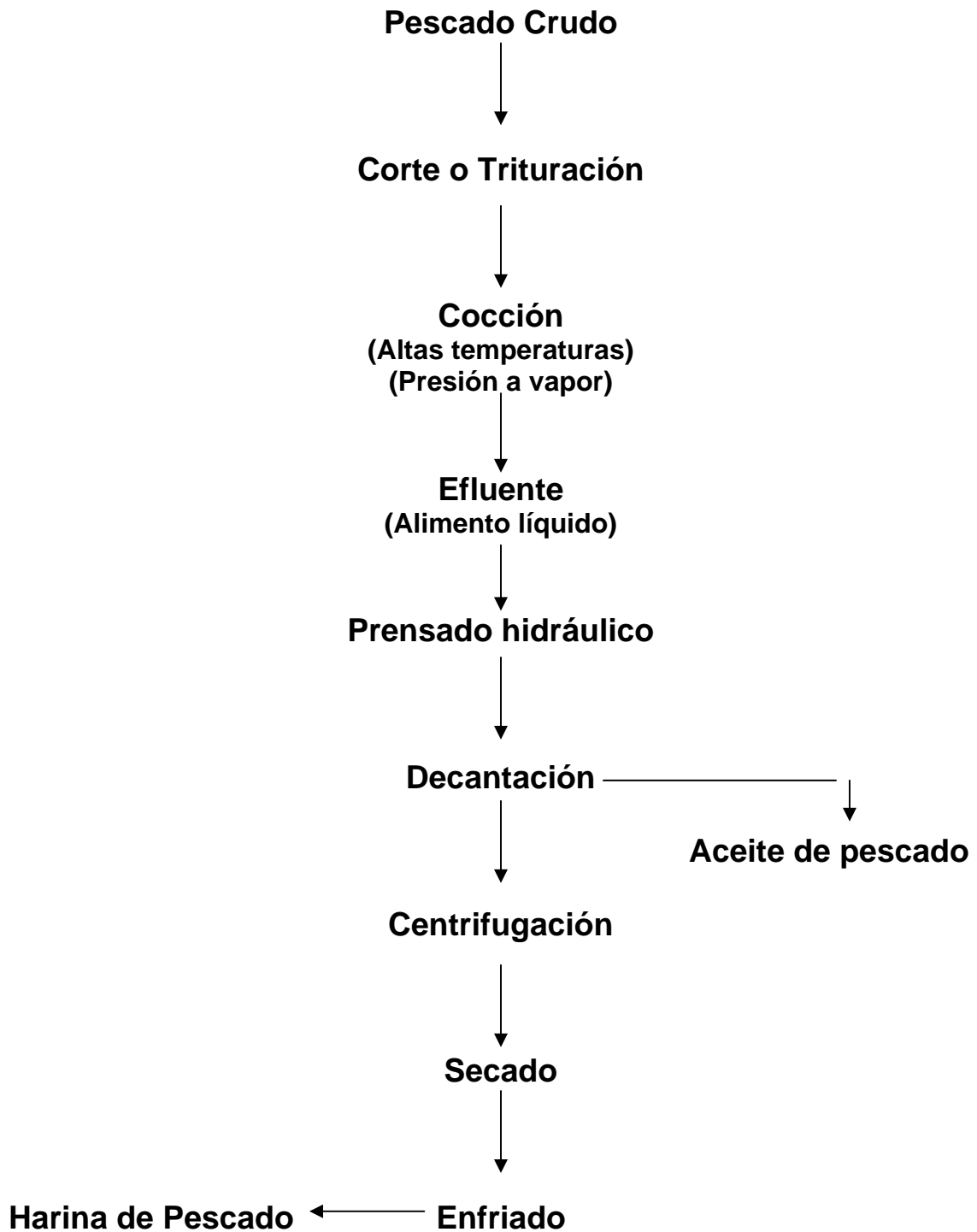
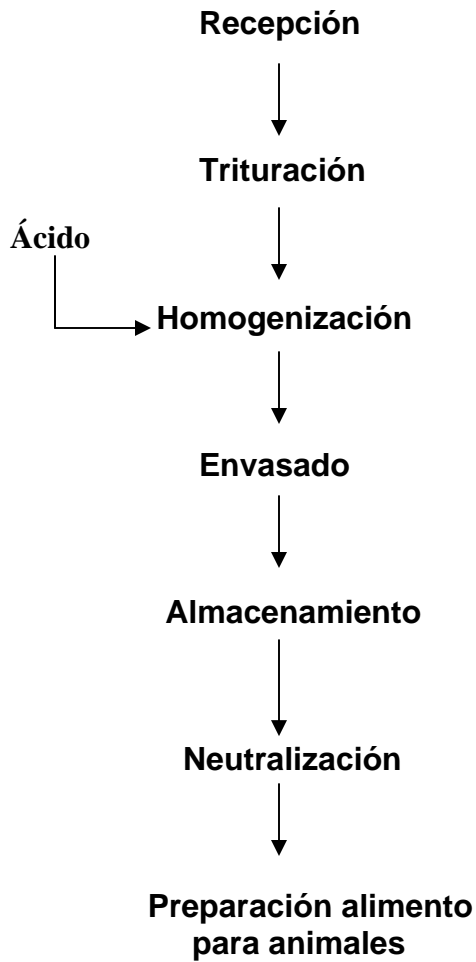


Figura 1. Metodología utilizada para la producción de aceite de pescado y harina de pescado.

Acidificación directa



Fermentación Anaeróbica

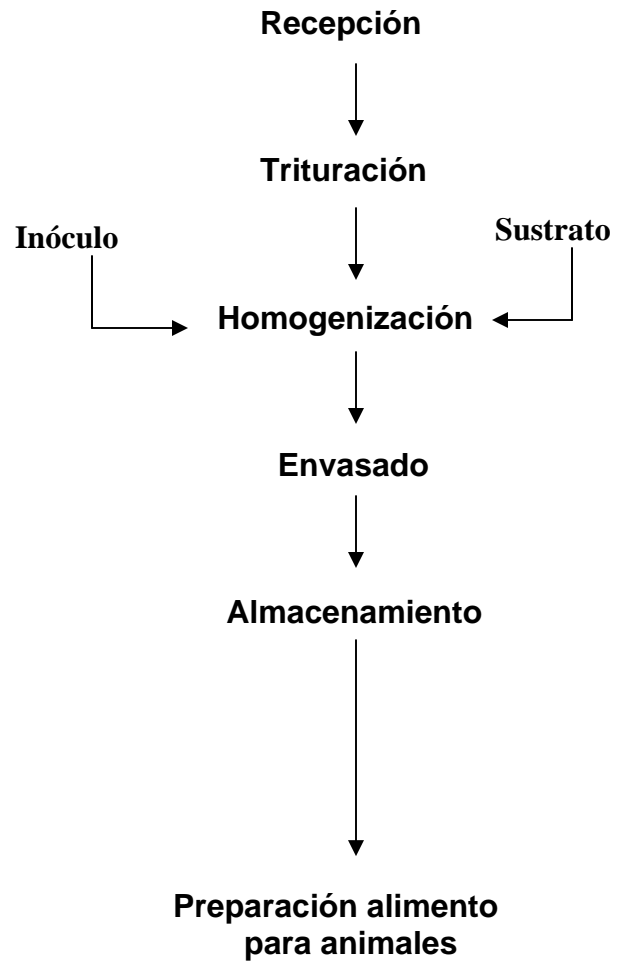


Figura 2. Comparación de los procesos de acidificación directa y fermentación anaeróbica en la producción de ensilaje de residuos de pescadería (FAO, 1997)

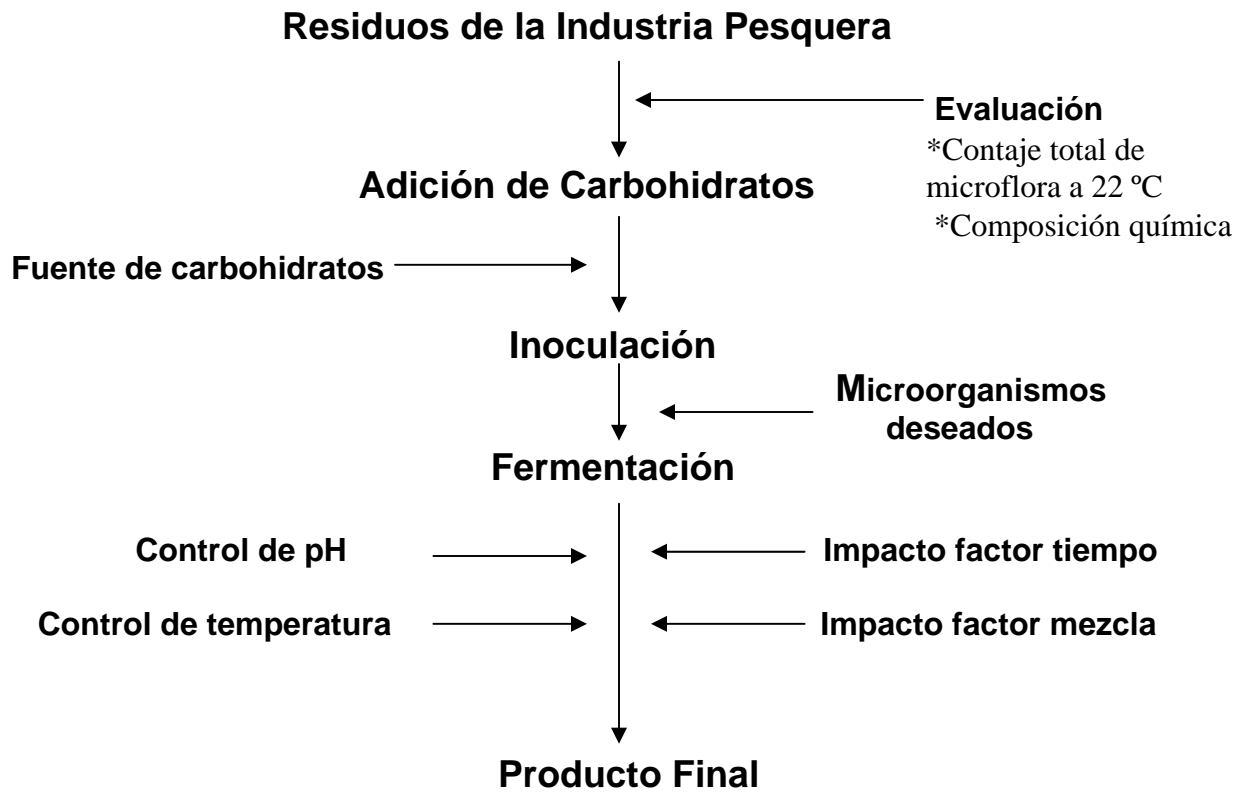


Figura 3. Metodología utilizada para la fermentación de residuos de la industria pesquera (Auclair,; citado por Ward et al., 1985).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

La experimentación in vivo se realizó en las facilidades de la Finca Laboratorio Alzamora de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez y consistió de dos ensayos metabólicos. Se evaluó el efecto de la no suplementación y de la suplementación a dos niveles con ensilaje de residuos de una planta procesadora de tilapia sobre el consumo voluntario y la digestibilidad de nutrientes de dietas basadas en heno comercial de gramíneas y en heno de maní rizoma, utilizando corderos adultos enteros como unidades experimentales. La preparación del ensilaje de pescado, los análisis químicos y la prueba de estabilidad aeróbica del producto fermentado, se realizó en las facilidades del Laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Industria Pecuaria.

El ensilaje se preparó utilizando residuos del procesamiento de filete de tilapia (Oreochromis niloticus) provenientes del Centro de Investigación y Desarrollo para la Acuicultura Comercial en Puerto Rico (CIDACPR), ubicado en el municipio de Lajas. El residuo de pescado se trozó en pedazos de aproximadamente 5cm de largo, se mezcló con melaza de caña (80:20 p/v) adquirida de una compañía comercial (Gabso Inc; Mayagüez, P.R.) y se inoculó con bacterias productoras de ácido láctico (Lactobacillus plantarum) a razón de 10^6 u.f.c./g de material fresco. La mezcla se fermentó a temperatura ambiente (24-28°C) por un periodo no menor de 21 días bajo condiciones anaeróbicas en silos de laboratorio de 18.9 litros de capacidad equipados con válvulas unidireccionales, que permiten la salida y el flujo hacia el exterior de los gases

producidos durante la fermentación del EP. El producto final fermentado se analizó para determinar la acidez, composición química, sucesión microbiana y productos de fermentación. Para determinar la acidez, se mezcló 50g de EP con 450 ml de agua destilada estandarizada a pH neutral, y se homogenizó en un equipo Stomacher 3500 (Seward) durante 6 minutos. El extracto de muestra homogenizada se filtró a través de tres capas de gasa y se midió el pH con un electrodo de combinación (Beckman 50 pH Meter, Beckman Instruments). La determinación de composición química incluyó las fracciones de MS(65°C/48h), ceniza (550°C/12h), PC (AOAC, 1990) y grasa bruta (AOAC, 1990). Los productos de fermentación (ácidos láctico, acético, propiónico, butírico e isobutírico) del producto fermentado se determinaron en un laboratorio comercial (Dairy One Forage Lab, Ithaca, NY). Para determinar las poblaciones de microorganismos presentes en el EP, se realizaron diluciones en serie (10^{-1} - 10^{-10}) utilizando el extracto homogenizado en una solución de peptona (10g/L) esterilizada. Se enumeraron tres grupos de microorganismos: bacterias productoras de ácido láctico (BPAL) (Rogosa SL Agar), coliformes (Violet Red Bile Agar; suplementado con sacarosa al 0.5%) y hongos y levaduras (Rose Bengal Agar Base suplementado con cloranfenicol), utilizando la técnica de vertido en plato. Los platos petri se incubaron a 38°C y se contaron manualmente con un contador digital (Scienceware, Bel-art products) luego de períodos específicos de tiempo de acuerdo al microorganismo a enumerar (BPAL 48h, Coliformes 24h y hongos y levaduras 72h).

En el ensayo experimental I se utilizó como dieta basal heno de gramíneas tropicales (80% Digitaria eriantha y 20% Panicum maximun) adquirido de un productor comercial y en el II, heno de maní rizoma perenne forrajero (var. 17033) que aportó el programa de investigación de la Estación Experimental Agrícola.

En ambos ensayos metabólicos se utilizaron nueve corderos criollos adultos ($\mu=24\text{kg}$) que fueron esquilados y desparasitados al comienzo de cada ensayo y distribuidos al azar en nueve jaulas metabólicas provistas de comederos y bebederos.

Cada uno de los dos ensayos metabólicos consistió de tres tratamientos y tres periodos experimentales, teniendo cada uno de éstos una duración de catorce días, con una etapa de adaptación a tratamientos y facilidades de ocho días y una etapa de recolección de datos de seis días.

En el experimento I se evaluó la suplementación del EP en dietas basadas en el heno comercial de gramíneas tropicales. A cada cordero se le ofreció diariamente el heno de gramíneas de forma ad-libitum con miras a que el heno rechazado fuese igual a 15-20% del material ofrecido en base seca. El heno ofrecido se cortó a un tamaño teóricamente de 8 a 13cm de largo utilizando un triturador mecánico (Craftsman), con miras a reducir la selección y facilitar el consumo. El agua estuvo disponible ad-libitum.

El EP se ofreció a tres niveles (0%= Control y al 0.45% y 0.90% a base seca del peso vivo diariamente). Los corderos fueron pesados al comienzo y al final de cada período experimental y se registró el consumo voluntario de materia

seca, pesando las cantidades de heno ofrecido y rechazado por cada animal diariamente durante los días de recolección de datos en cada periodo.

En el experimento II se evaluó la suplementación del EP a corderos consumiendo heno de maní forrajero. El ensilaje de pescado fue ofrecido a tres niveles (0%= Control y al 0.225% y 0.45% a base seca del peso vivo diariamente). Ambos experimentos fueron de procedimientos iguales con la única diferencia de la menor cantidad de EP ofrecido en el experimento II.

Durante la etapa de recolección de datos en cada período experimental se recolectaron muestras compuestas del heno ofrecido y rechazado, del EP ofrecido y una alícuota de 10% de las heces fecales de cada animal. Se analizaron todas las muestras para contenidos de MS (48°C/72 horas); PC (AOAC, 1990) y las fracciones fibrosas, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y hemicelulosa (Van Soest et al., 1991).

Los datos experimentales obtenidos se analizaron conforme a un diseño de cuadrado latino 3 x 3 habiendo tres animales por tratamiento en cada periodo de ambos ensayos experimentales (SAS,1990). Se realizó un análisis de varianzas (ANOVA) mediante modelo lineal general y la prueba de Tukey para la comparación de medias, utilizando el paquete estadístico de SAS (1990). El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variables dependientes de consumo voluntario y digestibilidad aparente de la MS, PB y FDN.

μ = Media general estimada

α_i = Efecto de los tratamientos i (0%= Control y suplemento al 0.45% y 0.90% a base seca del peso vivo en el ensayo 1 y 0%= Control y suplemento al 0.225% y 0.45% a base seca del peso vivo diariamente en el ensayo 2).

β_j = Efecto de los periodos j (3 periodos en cada ensayo experimental)

γ_k = Efecto de los animales k (9 animales en cada ensayo)

ε_{ijk} = Error experimental asociado con la respuesta de los factores ijk

También, se comparó los dos forrajes en términos de consumo y digestibilidad por los corderos, utilizando los tratamientos control en cada experimento. Para la comparación del heno de gramíneas y HMRP sin suplementación se analizaron los datos conforme con un diseño en bloque completamente aleatorizados de dos tratamientos y nueve animales por tratamiento en cada experimento (Ott y Longnecker, 2001). Se realizó un análisis de varianzas (ANOVA) mediante modelo lineal general y la prueba de Bonferroni para separación de medias, utilizando el paquete estadístico de (SAS, 1990), siendo el modelo:

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

Donde:

Y_{ij} = Variables dependientes de consumo voluntario y digestibilidad aparente de la MS, PB y FDN.

μ = Media general estimada

α_i = Efecto de los tratamientos i (HG y HMRP).

β_j = Efecto de los animales j (9 animales en cada tratamiento)

γ_k = Efecto del ensayo experimental k

ϵ_{ij} = Error experimental asociado con la respuesta de los factores ijk

Para determinar la estabilidad aeróbica del EP se utilizaron tres silos experimentales con pescado fermentado durante un mínimo de 21 días. Los silos fueron abiertos y expuestos a condiciones aeróbicas por 7 días. En cada silo se colocó un termómetro (Sudbury Compost Thermometer, Baled Hay Compost, NASCO, Fort Atkinson, WI) en la masa del ensilaje con el cual se monitoreó la temperatura cada 24 horas. Además, se determinó el pH, contenido de ácido láctico y las poblaciones de hongos y levaduras asociados al deterioro aeróbico después de 0, 1, 3, 5 y 7 días de exposición al aire según descrito en el material fermentado. Los datos obtenidos en este experimento fueron analizados según un diseño completamente aleatorizado mediante una prueba de separación de medias de los periodos de exposición (SAS, 1990).

Se utilizó el siguiente modelo:

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

Donde:

Y_{ij} = Variables dependientes de pH, temperatura, productos de fermentación y poblaciones de hongos y levaduras.

μ = Media general estimada.

α_j = Efecto del periodo de exposición aeróbica j (0, 1, 3, 5 y 7 días).

ϵ_{ij} = Error experimental asociado con día de exposición j.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.1. Heno de gramíneas tropicales y heno de maní rizoma perenne

La composición química del heno de gramíneas y de HMRP usados en los ensayos metabólicos (Cuadro 1), coincide con valores publicados previamente para gramíneas y leguminosas tropicales (Rodríguez, 1990; Van Soest, 1994 y Staples et al., 1997).

Cuadro 1. Composición Química del heno de gramíneas tropicales (HG) y heno de maní rizoma perenne (HMRP) utilizado en los ensayos metabólicos.

Componente	Forraje	
	HMRP	HG
Materia seca, %	85.16	90.07
Humedad, %	14.84	9.93
Materia Orgánica ¹ , %	89.70	88.17
Materia Inorgánica ¹ , %	10.30	11.83
Proteína Cruda ¹ , %	12.14	4.37
FDN ¹ , %	54.90	67.94
FDA ¹ , %	38.20	45.39
Hemicelulosa ¹ , %	16.70	22.55

¹ Base seca
Valores medias de 2 repeticiones

El heno de gramíneas utilizado en este experimento, compuesto aproximadamente de 80% hierba pangola y 20% hierba guinea, presentó un alto contenido de MS y de paredes celulares (FDN) y un bajo contenido de PC. Tal como esperado, el heno de la leguminosa, MRP, presentó un mayor contenido de PC y un menor contenido de pared celular y sus componentes (FDA y hemicelulosa) que el heno de gramíneas (Cuadro 1).

Cuadro 2. Consumo voluntario y digestibilidad de nutrientes del heno de gramíneas tropicales (HG) y heno de maní rizoma perenne (HMRP) en ambos ensayos experimentales.

Componente	HG	HMRP	EE ²
Consumo voluntario, (g/d) ¹			
Alimento ofrecido			
Materia seca	652.7 ^a	1499.8 ^b	143.8
Proteína cruda	31.9 ^a	191.1 ^b	1.5
Fibra detergente neutro	438.5 ^a	701.7 ^b	43.5
Alimento rechazado			
Materia seca	179.0 ^a	494.3 ^b	47.2
Proteína cruda	8.2 ^a	41.8 ^b	0.3
Fibra detergente neutro	122.9 ^a	275.7 ^b	15.8
Alimento consumido			
Materia seca	473.7 ^a	1005.5 ^b	57.7
Proteína cruda	23.7 ^a	149.3 ^b	0.3
Fibra detergente neutro	315.6 ^a	425.9 ^b	19.2
Materia seca/peso vivo, (%)	2.08 ^a	3.93 ^b	1.31
Digestibilidad aparente, (%)			
Materia seca	52.55 ^a	64.86 ^b	21.37
Proteína cruda	58.03 ^a	72.96 ^b	27.00
Fibra detergente neutro	51.23 ^a	51.72 ^a	29.31

¹ Datos en base seca

² EE= error estándar

Medias con diferente letra en la misma fila difieren significativamente (P<.05).

Se observó un mayor consumo de forraje en corderos alimentados con heno de MRP que en aquellos alimentados con heno de gramíneas (ver Apéndices 1 y 2 para datos completos). Se detectaron diferencias significativas (P<.05) en el ofrecimiento, rechazo y consumo de MS, PC y FDN entre especies forrajeras (P<.05), observándose mayores valores para todas las variables en corderos alimentados con HMRP que con heno de gramíneas (Cuadro 2). Se

puede inferir que los animales consumieron mayores cantidades de heno de maní debido a las diferencias en composición química y botánica entre las especies forrajeras. Están bien documentadas las diferencias en relación tallo: hoja, solubilidad de la proteína, voluminosidad y sus efectos en la retención ruminal y tasa de pasaje entre gramíneas y leguminosas tropicales (Ruiz y Vázquez, 1983; Staples et al., 1997); además de las diferencias en el contenido de pared celular y PC entre los dos tipos de forrajes (Van Soest, 1994).

En un estudio relacionado (Rodríguez, 1990), se ha observado un mayor consumo voluntario de materia seca y nutrientes en corderos alimentados con leguminosas tropicales que con gramíneas. Se observó que el consumo de MS aumentó significativamente al incrementarse el nivel de inclusión de las leguminosas (Leucaena leucocephala y Stylosanthes guianensis) en corderos alimentados con dietas basadas en heno de gramíneas tropicales naturalizadas. Además, se encontró que los efectos de la inclusión de leguminosas en las mezclas con gramíneas sobre la digestibilidad de los principales componentes nutricionales, dependen mayormente de la especie de leguminosa y del nivel de inclusión, lo cual se relaciona con la estructura físico-química de las paredes celulares, tasa de degradación del material en el rumen y velocidad de paso de la digesta por el tracto digestivo. En otro estudio relacionado Staples et al. (1997) estudiaron el consumo voluntario, producción de leche y el valor nutritivo en vacas lactantes alimentadas con un 50% de alimento concentrado y suplementados con ensilaje de maní rizoma perenne combinado a diferentes proporciones con ensilaje de maíz. Estos autores encontraron que el ensilaje de

MRP puede reemplazar hasta el 70% del ensilaje de maíz en la dieta sin observarse efectos adversos en la producción de leche. Sólo se observaron efectos negativos sobre el consumo y la digestibilidad de la MS y PC cuando los corderos fueron alimentados con concentrado y ensilaje de MRP como única fuente de forraje, pero esta reducción pudo deberse a que el concentrado fue modificado sustituyendo la harina de soya por maíz molido, para mantener el contenido proteico similar en todas las dietas. Es importante señalar que la PC de la harina de soya es más digerible que la PC del ensilaje de maní. En otro estudio relacionado LaCasha et al. (1999) compararon el consumo voluntario y la digestibilidad de nutrientes de henos de las gramíneas hierba Matua (Bromus willdenowii) y bermuda (Cynodon dactylon) vs. heno de alfalfa (Medicago sativa) en equinos. Se encontró que los animales alimentados con el heno de leguminosa consumieron más MS y PC en comparación con los dos henos de gramíneas, además se detectaron diferencias significativas en el consumo de MS y PC seca entre estas dos gramíneas.

En los presentes ensayos metabólicos el HMRP presentó una mayor ($P < .05$) digestibilidad de la MS y PC que el heno de gramíneas (Cuadro 2), respuesta que podría deberse en parte a una mayor disponibilidad de nitrógeno a nivel ruminal en los corderos alimentados con heno de maní, ocasionando consecuentemente una mayor actividad microbiana para degradar el forraje (Ruiz y Vázquez, 1983). Estos resultados coinciden con estudios anteriores llevados a cabo por Lacasha et al., 1999, en el cual el heno de alfalfa presentó una mayor digestibilidad de la MS y PC en comparación con dos henos de

gramíneas (hierba Matua y hierba bermuda); aunque en aquel caso los dos henos de gramíneas no presentaron diferencias significativas entre sí. Por lo tanto la utilización de leguminosas en dietas de animales se ve favorecida una vez más.

A pesar de que el heno de gramíneas presentó un mayor contenido de FDN, FDA y hemicelulosa en comparación con el heno de MRP, este último también mostró altos contenidos de las tres fracciones fibrosas citadas (Cuadro 1), y la digestibilidad de la pared celular fue similar en ambos forrajes (Cuadro 2). Aunque no se analizó para la fracción de lignina en el trabajo presente, cabe señalar que a pesar del bien conocido efecto negativo de la lignificación sobre la digestibilidad de los forrajes, la concentración de lignina no es siempre menor en leguminosas que en gramíneas. Según estudios recientes en rumiantes, al comparar una amplia gama de forrajes no existe necesariamente una relación entre la concentración de lignina y la digestibilidad de los otros componentes de la pared celular ni tampoco del contenido celular, particularmente en leguminosas (Jung y Allen, 1995). Esto no excluye la posibilidad de correlaciones negativas entre la concentración de lignina y la digestibilidad de la fibra, pero éstas dependerán mayormente de la etapa de madurez u otros factores y no de la especie forrajera (Jung y Allen, 1995). El efecto de la lignina sobre la digestibilidad de la fibra es mucho mayor en las gramíneas que en las leguminosas (Jung y Allen, 1995). En forrajes con un alto contenido de lignocelulosa se alarga el tiempo de retención de la ingesta en el complejo retículo-

rumen, lo cual causa que el animal se sienta lleno y limite su consumo voluntario.

1.2. Suplementación con residuos fermentados de la industria pesquera

La composición química del ensilaje de pescado utilizado como suplemento en ambos ensayos metabólicos (Cuadro 3), coincide de forma general con valores publicados previamente (León, 2003).

Cuadro 3. Composición química, productos de fermentación y poblaciones microbianas del ensilaje de pescado (EP) utilizado en los ensayos metabólicos.

Componente	Media
pH	4.09
Composición química,%	
Materia seca	41.37
Humedad	58.63
Materia Orgánica ¹	76.83
Materia Inorgánica ¹	23.17
Proteína Cruda ¹	32.07
Grasa Bruta ¹	15.50
Productos de fermentación, %	
Acido láctico	2.32
Acido acético	0.35
Acido propiónico	0.01
Acido isobutírico	0.01
Acido butírico	0.01
Poblaciones microbianas, ufc/g (10⁶)	
Bacterias productoras de ácido láctico	6.15
Coliformes	0.05
Hongos y Levaduras	ND

¹ Base seca
ND= no detectable
Valores medias de 2 repeticiones

El ensilaje de residuos de pescadería utilizado en ambos ensayos experimentales tuvo una acidez (pH= 4.09) y un contenido de humedad (58.63%), adecuados para este tipo de subproducto fermentado. Además, presentó contenidos característicos de MO y grasa bruta y un moderado contenido de PC. Las poblaciones de BPAL y el contenido de ácido láctico fue adecuado para este tipo de producto, que no presentó poblaciones significativas de coliformes, hongos y levaduras.

La evaluación de EP como suplemento proteico en el ensayo metabólico utilizando heno de gramíneas como ración basal se realizó con tres diferentes niveles suplementarios; 0%= Control, 0.45% y 0.90% a base seca del peso vivo diariamente. Se seleccionaron estos niveles procurando proveerle a los corderos una cantidad de PC total y una concentración dietética de la misma de 35.0 g/d (5%), 68.0 g/d (10%) y 100.0 g/d (15%) en las tres dietas evaluadas, respectivamente. Según el "National Research Council" (NRC, 1985), los requerimientos de PC total para el mantenimiento de corderos con un peso promedio de 23 kg y en condiciones tropicales es de 50.8 g/d (7.4%), mientras que los correspondientes valores para corderos del mismo peso, bajo las mismas condiciones ambientales, pero en producción, son 64.8 g/d (9.4%). De acuerdo al contenido de PC en la dieta basal de heno de gramíneas, era de esperarse una respuesta positiva a la suplementación con residuo de pescado fermentado. Bajas concentraciones dietéticas de PC limitan el desarrollo de los microorganismos involucrados en la digestión ruminal, lo cual reduce la tasa de pasaje y el consumo y digestibilidad del alimento (Corbett et al., 2002).

En este ensayo se observó un consumo total del ofrecimiento de EP (Ver Apéndice 1) por todos los corderos suplementados con el mismo, lo que nos indica que este ensilaje posee buenas características organolépticas y una excelente aceptabilidad. En cuanto al efecto de la suplementación con EP sobre el consumo voluntario y la digestibilidad de nutrientes del HG, se observó respuestas positivas en la mayoría de las variables evaluadas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la suplementación con ensilaje de pescado (EP) sobre el consumo voluntario y la digestibilidad de nutrientes del heno de gramíneas tropicales (HG).

Componente	HG	HG+EP 0.45%	HG+EP 0.90%	EE ²
Consumo voluntario, (g/d) ¹				
Alimento ofrecido				
Materia seca	650.0 ^a	760.0 ^b	800.0 ^b	12.0
Proteína cruda	30.0 ^a	60.0 ^b	80.0 ^c	0.2
Fibra detergente neutro	440.0 ^a	440.0 ^a	390.0 ^b	5.3
Alimento rechazado				
Materia seca	180.0 ^a	190.0 ^a	160.0 ^a	10.2
Proteína cruda	8.0 ^a	8.0 ^a	7.0 ^a	0.0
Fibra detergente neutro	120.0 ^a	130.0 ^a	110.0 ^a	4.8
Alimento consumido				
Materia seca	470.0 ^a	570.0 ^b	640.0 ^c	9.5
Proteína cruda	22.0 ^a	52.0 ^b	73.0 ^c	0.2
Fibra detergente neutro	320.0 ^a	310.0 ^{ab}	280.0 ^b	4.2
Materia seca/peso vivo, (%)	2.08 ^a	2.46 ^b	2.69 ^b	0.5
Digestibilidad aparente, (%)				
Materia seca	52.55 ^a	60.22 ^b	64.90 ^c	9.571
Proteína cruda	58.03 ^a	64.89 ^b	68.86 ^b	25.13
Fibra detergente neutro	51.23 ^a	52.51 ^a	52.12 ^a	25.72

¹ Datos en base seca

² EE= error estándar

Medias con diferente letra en la misma fila difieren significativamente (P<.05).

La suplementación con EP a corderos alimentados con heno de gramíneas tropicales aumentó linealmente ($P < .05$) el consumo voluntario de MS y PC, pero tendió a reducir el consumo de fibra. En trabajos relacionados llevados a cabo en Venezuela, Combellas et al. (1993) estudiaron la influencia de la adición de harina de pescado a dietas basadas en forrajes tropicales solamente o en éstos y concentrado, sobre el consumo y la ganancia en peso de vacunos en crecimiento (Brahman x Holstein). Se observó que el potencial digestivo de los forrajes a nivel ruminal mejoró con el uso de suplementos suplidores de carbohidratos no estructurales y fuentes de nitrógeno. Estos resultados aportan evidencia de que el uso estratégico de suplementos nitrogenados en rumiantes alimentados con heno de gramíneas de baja calidad puede aumentar el consumo voluntario y la digestibilidad del forraje.

En estudios locales previos se evaluaron gramíneas naturalizadas en forma henificada y ensilada, siendo el ensilaje en pacas cilíndricas y de alto contenido de MS. Se observó un bajo consumo de MS de heno y ensilaje de gramíneas tropicales ofrecidos sin suplementación (León, 2000; González et al., 2003). Por lo tanto al comparar aquellos trabajos con el presente se puede deducir que el aumento en el consumo y digestibilidad de la MS puede ser atribuido a la suplementación con fuentes de nitrógeno.

En otra investigación Phillips et al. (1995) estudiaron el efecto de la suplementación proteica sobre el consumo de forraje y el balance de nitrógeno en corderos alimentados con trigo recién cortado, encontrando que la suplementación proteica aumentó el consumo de nutrientes así como la

retención de nitrógeno y la ganancia en peso diaria. Brown y Adjei (1995) encontraron que la aplicación de urea mejoró el valor nutritivo del heno de hierba guinea (Panicum maximun) en rumiantes. En las pruebas de digestión realizadas por dichos autores se observó que el consumo de heno aumentó de manera cuadrática a medida de se incrementaba el nivel de urea, por lo que la utilización juiciosa de urea ofrece un potencial para mejorar el aprovechamiento animal de forrajes tropicales y representa una opción para aliviar los efectos negativos de la época seca sobre la calidad de los forrajes. En otra investigación relacionada Currier et al. (2004) estudiaron la suplementación nitrogenada diaria ó alternada con las fuentes de nitrógeno no proteico, urea o biuret (derivado de la urea), en toretes alimentados con forrajes de baja calidad y encontraron que con ambas frecuencias de suplementación, diaria y alternada, se logra el mismo efecto sobre el consumo de forraje.

Está bien documentado que el consumo voluntario de heno de gramíneas tropicales se ve limitado por sus propiedades físico-químicas que ocasionan un proceso de rumia más extenso y un mayor tiempo de retención de la ingesta en el retículo-rumen con una mayor distensión ruminal (Church et al., 2002). El alto contenido de fibra que alarga el tiempo de retención de la ingesta, hace que el animal se siente lleno y limita su consumo voluntario (Ruiz y Vázquez, 1983). Además, el bajo contenido de PC, característico de dichos forrajes, limita la actividad microbiana debido a la poca disponibilidad de nitrógeno asimilable. No obstante, las diferencias observadas en el presente estudio en consumo total de

MS y PC pueden ser resultado directo de la ingestión del EP y no por un efecto de promover un mayor consumo de forraje.

La digestibilidad de la MS y PC también aumentó como resultado de la suplementación (Cuadro 4). Se observó una respuesta significativa lineal en dicha digestibilidad como resultado de la suplementación progresiva, respuesta que podría deberse en parte a una mayor disponibilidad de nitrógeno a nivel ruminal en los corderos suplementados con EP, ocasionando consecuentemente una mayor actividad microbiana para degradar el forraje (Ruiz y Vázquez, 1983). Sin embargo, la suplementación con EP no afectó la digestibilidad de la fibra ($P > .05$), la cual no rebasó el límite de 52.2%. Esto pudo deberse a que, a diferencia de las fracciones de MS y PC, el EP no aporta una cantidad importante de FDN; por otro lado la lignificación de la fibra del heno puede ser tal que no es posible una digestión más completa de la misma por los microbios.

En experimentos relacionados realizados por Sultan y Loerch (1992) se evaluó el efecto de la suplementación con proteína y energía sobre la digestibilidad de nutrientes y el metabolismo de nitrógeno en corderos alimentados con paja de trigo. No se encontró interacción entre la suplementación con proteína y energía por lo que se pudo evaluar el efecto simple de la suplementación con proteína, la cual causó un aumento en la retención de nitrógeno y en la digestibilidad de nutrientes (Sultan y Loerch, 1992). En otro estudio, los efectos de la suplementación con urea sobre la digestibilidad de la pared celular fueron inconsistentes, pero se observó que a medida que se aumentaba el nivel de urea también aumentaba la digestibilidad

de la materia orgánica (Brown y Adjei,1995). Petit y Flipot (1992) observaron que la suplementación con nitrógeno en toretes alimentados con heno de gramíneas o ensilaje de gramíneas aumentó significativamente las concentraciones de ácidos grasos volátiles y de valerato en el rumen; además, aumentó la digestibilidad del nitrógeno mismo.

Samuels y colaboradores (1991) evaluaron favorablemente distintos subproductos de pescadería (residuos de pescado y cangrejos), ensilados con paja a diferentes proporciones y utilizados como suplementos proteicos en corderos alimentados con heno de gramíneas. Esto nos indica un alto potencial para su uso en la industria animal. Según estos autores la utilización de subproductos de pescadería ensilados puede mejorar el desempeño de los animales mediante aumentos en la retención de nitrógeno, la absorción de fósforo y la digestibilidad y consumo voluntario de la ración. En un trabajo local, León (2003) utilizó corderos para estudiar el consumo voluntario y digestibilidad de nutrientes de dos forrajes (heno de gramíneas tropicales nativas y ensilaje de sorgo) y el efecto de la suplementación con dos subproductos fermentados de pescadería (residuos del procesado de filete de tilapia y lodos fermentados de la industria atunera). Encontró que la suplementación con dichos residuos fermentados incentivó el consumo voluntario de MS y PC. La suplementación con ensilaje de tilapia a la dieta basal de gramíneas aumentó considerablemente la digestibilidad aparente de la PC, pero no afectó significativamente la digestibilidad aparente de la MS y FDN, mientras dicha suplementación a la dieta basal de ensilaje de sorgo aumentó la digestibilidad de la MS y FDN. En

cuanto a la suplementación con lodo fermentado de la industria atunera, se detectaron efectos positivos sobre la digestibilidad aparente de la MS, PC y FDN cuando el ensilaje de sorgo constituyó la dieta basal y sobre la digestibilidad aparente de la MS y PC al añadirse al heno de gramíneas tropicales. Se observó un efecto negativo sobre la digestibilidad aparente del FDN en los corderos que consumieron heno de gramíneas tropicales como dieta basal (León, 2003).

Cuadro 5. Efecto de la suplementación con ensilaje de pescado (EP) sobre el consumo y la digestibilidad de nutrientes del heno de maní rizoma perenne (HM).

Componente	HM	HM+EP 0.225%	HM+EP 0.450%	EE ²
Consumo voluntario, (g/d) ¹				
Alimento ofrecido				
Materia seca	1420.0 ^a	1500.0 ^a	1470.0 ^a	49.8
Proteína cruda	180.0 ^a	190.0 ^a	190.0 ^a	1.3
Fibra detergente neutro	690.0 ^a	700.0 ^a	660.0 ^a	13.0
Alimento rechazado				
Materia seca	430.0 ^a	490.0 ^a	440.0 ^a	26.2
Proteína cruda	39.0 ^a	42.0 ^a	37.0 ^a	0.3
Fibra detergente neutro	250.0 ^a	280.0 ^a	250.0 ^a	8.2
Alimento consumido				
Materia seca	990.0 ^a	1010.0 ^a	1030.0 ^a	28.2
Proteína cruda	141.0 ^a	48.0 ^a	153.0 ^a	1.0
Fibra detergente neutro	440.0 ^a	420.0 ^a	410.0 ^a	8.5
Materia seca/peso vivo, (%)	3.93 ^a	3.97 ^a	4.04 ^a	0.06
Digestibilidad aparente, (%)				
Materia seca	59.71 ^a	64.86 ^{ab}	65.20 ^b	16.60
Proteína cruda	68.19 ^a	72.96 ^b	72.82 ^b	10.73
Fibra detergente neutro	46.57 ^a	51.73 ^a	49.72 ^a	54.39

¹ Datos en base seca

² EE= error estándar

Medias con diferente letra en la misma fila difieren significativamente (P<.05).

Al evaluar el EP como suplemento proteínico en dietas de animales alimentados con heno de MRP también se observó una tendencia a aumentar el consumo total de MS y PC según aumentó el ofrecimiento del suplemento (Ver Apéndice 2), pero estos efectos no alcanzaron significación (Cuadro 5). Estas observaciones son indicativas de la alta aceptabilidad del suplemento, independientemente de la dieta basal ofrecida (gramíneas o leguminosas). Se

seleccionaron niveles de suplementación de 0%, 0.225% y 0.45% a base seca del peso vivo diariamente con el objetivo de proveerle a los corderos un aporte de PC total y concentración dietética de la misma de 83.0 g/d (12%), 100.0 g/d (15%) y 116.0 g/d (17%) para las tres dietas evaluadas, respectivamente. Según los requerimientos para corderos establecidos por el NRC (1985) de PC total para mantenimiento (7.4%) y para producción (9.4%), todas las dietas ofrecidas cumplieron con ambos requerimientos. Esto significa, si es beneficiosa la suplementación con EP en corderos que ya recibían la proteína necesaria en su ración basal.

Las cantidades de MS, PC y FDN ofrecidas, rechazadas y consumidas (Cuadro 5) no difirieron ($P > .05$). Sí, se observó que la suplementación con EP al nivel mayor (0.45% del peso vivo) aumentó la digestibilidad de la materia seca relativo al control ($P < .05$). La digestibilidad de la proteína fue menor ($P < .05$) en los animales control que en los suplementados con EP a ambos niveles, pero éstos no difirieron entre sí. En este ensayo, el consumo de PC fue similar en todos los tratamientos dietéticos evaluados, por lo que se puede inferir que las diferencias en digestibilidad aparente de dicha fracción no son muy influenciadas por la excreción endógena, sino por el metabolismo de nitrógeno a nivel ruminal o post-ruminal. En los resultados presentes, la digestibilidad de la PC en los tres tratamientos fue mayor de 65%, por lo que las dietas ofrecidas cumplen con el nivel mínimo señalado como característico de dietas de excelente calidad (NRC, 1985).

En tres años de experimentación en la Florida, toretes alimentados con MRP, sin ningún tipo de suplementación y utilizando un sistema de rotación de predios, ganaron en promedio 0.93 Kg/día durante un tiempo de pastoreo promedio de 128 días, mientras que los animales del grupo control, alimentados con hierba Bahía (Paspalum notatum) obtuvieron una ganancia promedio de solo 0.34 Kg/día durante 156 días de pastoreo (Sollenberger et al., 1989). En Puerto Rico, estudios para comparar el valor nutricional de MRP con el de otros forrajes revelaron que las tasas de degradabilidad de la fibra y la materia seca del MRP fueron mayores que las tasas correspondientes de henos de gramíneas comerciales (Díaz et al., 2003). Estos estudios permiten concluir que el heno de maní se presenta como una buena alternativa, ya que éste, además de poseer buenas características nutricionales, se adapta mejor a las condiciones tropicales que la alfalfa (Díaz et al., 2003). En consumo voluntario y degradabilidad de nutrientes el maní es similar a los henos de alfalfa comercial distribuidos en Puerto Rico (Díaz et al., 2003).

Es importante señalar que en ninguno de los ensayos experimentales se observó efecto adverso alguno sobre la salud de los animales que consumieron ensilaje de residuos de pescadería como suplemento. Sin embargo, más estudios deben realizarse para determinar el efecto de la utilización de residuos de pescadería fermentados sobre la actividad de los microorganismos ruminales y sobre la salud y desempeño de los animales en crecimiento. Esto permitiría tener un conocimiento más amplio sobre la utilización de los residuos en la alimentación animal y sus posibles efectos metabólicos.

1.3. Estabilidad aeróbica de residuos fermentados del procesamiento de tilapia

Una de las limitaciones de la utilización de alimentos conservados mediante el proceso de fermentación es su estabilidad aeróbica o el deterioro que ocurre durante la fase de alimentación al ser expuesto a condiciones aeróbicas. El deterioro del ensilaje puede ser detectado por incrementos en la temperatura y el pH que resultan del metabolismo de carbohidratos residuales y productos de fermentación de parte de las bacterias aeróbicas, hongos y levaduras (McDonald et al., 1991). A pesar de que existe mucha información sobre el deterioro aeróbico en forrajes ensilados (León et al., 2000; León, 2003; González y Rodríguez, 2003), hay poca información sobre la estabilidad aeróbica del ensilaje de residuos de pescadería. León (2003) no observó diferencias marcadas en el pH, composición química y características fermentativas del lodo fermentado de la industria atunera y residuos fermentados de pescadería expuestos al aire por 5 días, lo que sugiere que ambos materiales son aeróbicamente estables. Esto de ser confirmado, favorecería su posible uso en el clima tropical.

Cuadro 6. Efecto de la exposición aeróbica por siete días sobre el pH del ensilaje de pescado (EP) (*Oreochromis niloticus*).

Día	Media ¹	DMS ²	ESM ³	Probabilidad(P>F) Día ⁴
0	4.47 ^a	0.18	0.004	0.034
1	4.55 ^{ab}			
3	4.55 ^{ab}			
5	4.57 ^{ab}			
7	4.67 ^b			

¹ Letras diferentes en la misma columna difieren significativamente (P<.05).

² Diferencia mínima significativa.

³ Error estándar de la media.

⁴ Efecto de día de exposición.

Cuadro 7. Efecto de la exposición aeróbica por siete días sobre la temperatura (°C) del ensilaje de pescado (EP) (*Oreochromis niloticus*).

Día	Media ¹	T°AMB	DMS ²	ESM ³	Probabilidad(P>F) Día ⁴
0	27.2 ^a	28.5	2.50	0.733	<0.001
1	27.2 ^a	27.5			
3	29.4 ^a	28.5			
5	29.6 ^a	29.0			
7	29.8 ^a	29.0			

¹ Letras diferentes en la misma columna difieren significativamente (P<.05).

² Diferencia mínima significativa.

³ Error estándar de la media.

⁴ Efecto de día de exposición.

T° AMB= temperatura ambiente

En este experimento el pH del EP expuesto al aire durante 7 días (Cuadro 6) aumentó paulatinamente de forma casi lineal. Sin embargo el potencial de hidrógeno ionizado se mantuvo lo suficientemente ácido como para evitar el

deterioro del EP. La temperatura (Cuadro 7) del ensilaje también aumentó durante los primeros tres días de exposición al aire, manteniéndose luego casi constante hasta el final del periodo experimental. Se espera que durante el deterioro de los alimentos conservados se registre un incremento en la temperatura de 2° C sobre la temperatura ambiental. En este estudio, a pesar de que la temperatura del EP expuesto al aire aumentó 2.6° C durante los 7 días de exposición, este aumento coincidió bastante cerca con el aumento de la temperatura ambiente, por lo que podemos inferir que no fue producto de la actividad microbiana. Estos resultados coinciden con investigaciones previas realizadas por León (2003).

Cuadro 8. Efecto de la exposición aeróbica por siete días sobre la concentración porcentual de ácido láctico en el ensilaje de pescado (EP) (*Oreochromis niloticus*)

Día	Media ¹	DMS ²	ESM ³	Probabilidad(P>F) Día ⁴
0	2.32 ^a	1.01	0.120	0.622
1	2.41 ^a			
3	2.39 ^a			
5	2.38 ^a			
7	2.73 ^a			

¹ Letras diferentes en la misma columna difieren significativamente (P<.05).

² Diferencia mínima significativa.

³ Error estándar de la media.

⁴ Efecto de día de exposición.

El contenido de ácido láctico del EP expuesto al aire (Cuadro 8) no reflejó cambios de importancia durante los siete días de exposición aeróbica. La

concentración casi constante de ácido láctico ($P > .05$), es indicativa de poca o ninguna actividad microbiana sobre el producto fermentado al ser expuesto al aire por el periodo en cuestión. La presencia de ácido láctico es deseable porque su presencia inhibe el crecimiento de microorganismos indeseables que pueden ocasionar un deterioro del ensilaje. El ácido láctico, siendo relativamente fuerte por un ácido orgánico, aporta mucho al potencial de hidrógeno ionizado (pH) manteniéndolo suficientemente ácido para lograr dicha inhibición.

Cuadro 9. Efecto de la exposición aeróbica por siete días sobre las poblaciones de hongos y levaduras (ufc/g) del ensilaje de pescado(EP) (*Oreochromis niloticus*).

Día	Media ¹	DMS ²	ESM ³	Probabilidad(P>F) Día ⁴
0	0.00 ^a	0.31	0.010	0.097
1	0.00 ^a			
3	0.23 ^a			
5	0.12 ^a			
7	0.12 ^a			

¹ Letras diferentes en la misma columna difieren significativamente ($P < .05$).

² Diferencia mínima significativa.

³ Error estándar de la media.

⁴ Efecto de día de exposición.

Las poblaciones de hongos y levaduras asociadas con el deterioro aeróbico también se mantuvieron casi constantes a bajos niveles durante los siete días de exposición del EP al aire (Cuadro 9). Este crecimiento limitado de los hongos y levaduras pudo deberse a la presencia de ácido láctico en

concentración efectivamente inhibidora en el ensilaje. Todos estos resultados concuerdan en sugerir que los residuos fermentados de pescadería constituyen un ingrediente estable aeróbicamente, lo que podría facilitar su uso en la alimentación animal.

VI. CONCLUSIONES

1. El consumo voluntario de MS, FDN y PC fue mayor, en corderos alimentados con heno de MRP que con heno de gramíneas. La leguminosa también presentó una mayor ($P < .05$) digestibilidad de la MS y PC que el heno de gramíneas.
2. La suplementación con EP a corderos alimentados con heno de gramíneas tropicales aumentó el consumo voluntario de MS y PC pero redujo el consumo voluntario de FDN. Además, aumentó linealmente la digestibilidad de MS y PC pero no afectó la digestibilidad de la fibra.
3. La suplementación con EP en corderos alimentados con heno de MRP no aumentó el consumo de MS, PC y FDN. Dicha suplementación a razón de 0.225% del peso vivo diariamente, aumentó la digestibilidad de la MS y de la PC tanto y casi tanto, respectivamente, como la suplementación al 0.45%. Ello sugiere que en corderos alimentados con la leguminosa este menor nivel de suplementación es recomendable.
4. No se detectaron cambios significativos en el pH, temperatura, productos de fermentación y población de hongos y levaduras en el EP expuesto a condiciones aeróbicas durante 7 días, lo que indica que el EP es un producto altamente estable bajo condiciones aeróbicas.

VII. IMPLICACIONES

Basado en los resultados experimentales obtenidos se recomienda la utilización de residuos fermentados de la industria pesquera como suplemento en dietas de rumiantes alimentados con HG o HMRP, aunque en el segundo caso la suplementación proteica debe ser a menor escala. Deben realizarse estudios adicionales sobre la utilización de este subproducto en el desempeño animal y el nivel de inclusión en la dieta, así como también un estudio económico sobre dicha utilización en la industria animal.

VIII. LITERATURA CITADA

- Ahmed, J. and N.S. Mahendrakar. 1996. Autolysis and rancidity development in tropical freshwater fish viscera during fermentation. *Bioresource and Technology*. 58(3) 247-251.
- Alexandre, G., H. Archemede, M. Boval, M. Mahhieu, N. Mandonnet, G. Aumont and A. Xande. 2002. Tropical grazing systems in the Caribbean require an integrated research methodology. INRA Unité de Recherches Zootechniques Domaine Duclos 97170 Petit-Bourg, Guadeloupe. p. 227-229.
- Alvelo Rodríguez, S.L. 2001. Estrategias para mejorar las características fermentativas de los residuos de la industria atunera para su uso potencial en dietas para rumiantes. M.S. Tesis. Universidad de Puerto Rico. RUM. 63pp.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- Bello, R.A. 1997. Experiencias con ensilado de pescado en Venezuela. Cap 1. En: F. Vilda y Y.M. Sánchez (eds). *Tratamientos y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)., Roma, Italia. p. 1-14.

- Berenz, Z., F. Vilda, y Y. M. Sánchez 1997. Utilización del ensilado de residuos de pescado en pollos. Cap 2. En: F. Vilda y Y.M. Sánchez (eds). Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)., Roma, Italia. p. 15-27.
- Bodgan, A.V. 1977. Tropical Pasture and Fodder Plants. Longman Inc. New York. p. 98-103.
- Brown, W.F. and M.B. Adjei. 1995. Urea ammoniation effects on the feeding value of guinea grass (Panicum maximum) hay. Journal of Animal Science. 73: 3085- 3093.
- Caceres, O and J. Kalous. 1986. Nutritional value of tropical forage crops grown in Cuba. 1. Differences between grass species. EEPF. Indio Hatuey, Perico, Matanzas, Cuba. No. 44, 297-309; 27.
- Church D.C., W.G. Pond y K.R. Pond. 2002. Alimentos para animales. Cap. 16. En: Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. 2ed. Editorial Limusa, Mexico. p. 323-370.
- Church, D.C., 1993. The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. Waveland Press, Inc. Chicago, IL.
- Combellas, J., F. Priore, J. Peralta and O. Zavarce. 1993. Influence of the addition of fish meal to diets of roughage or roughage and concentrate on the consumption and live-weight gain of growing cattle. Animal Feed Science and Technology. 42:319-331.

- Corbett, J.L. and A.J. Ball. 2002. Nutrition for maintenance. Cap 7. In: Sheep Nutrition. CABI Publishing. Wallingford, Oxon. UK. Cap 7 p. 156-158.
- Cullison, A.E. and R.S. Lowrey. 1987. Feeds and Feeding, 4th ed. Reston, Englewood Cliffs, NJ.
- Currier, T.A., D.W. Bohnert, S.J. Falck, C.S. Schauer, and S.J. Bartle. 2004. Daily and alternate-day supplementation of urea or biuret to ruminants consuming low-quality forage: II. Effects on site of digestion and microbial efficiency in steers. *Journal of Animal Science*. 82:1518-1527.
- Díaz, H. L. and T. Ruíz. 2002. Fiber and dry matter degradability and degradability rate in different grass and peanut hay varieties at different cutting intervals. SOPCA Annual Scientific Meeting 2002. Isabela, P.R.
- Díaz, H. L., L. Rivera, C. Torres, T. Ruíz and A.A. Rodríguez. 2003. Forage intake and nutrient digestibility of rhizoma perennial peanut hay (*Arachis glabrata*) and alfalfa hay (*Medicago sativa*) . SOPCA Annual Scientific Meeting 2003. Guayanilla, P.R.
- Espe, M. and E. Lied. 1999. Fish silage prepared from diferent cooked and uncooked raw materials: chemical changes during storage at different temperatures. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 79(2): 327-332.
- Fagbenro, O. and K. Jauncey. 1993. Chemical and nutritional quality of stored fermented fish (Tilapia) silage. *Bioresource and Technology*. 46(3): 207-211.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1997. Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal. Memorias de un taller regional en La Habana, Cuba. FAO. Roma, Italia. p. 225.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2004. *Digitaria eriantha* Steudel. FAO. Roma, Italia.
http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/gbase/Data/pf_000477.htm. HTML
- Gelaye, S. and E.A. Amoah. 1991. Nutritive value of florigraze rhizome peanut as an alternative leguminous forage for goats. *Small Ruminant Research*. 6:131-139.
- Gelaye, S., E.A. Amoah and P. Guthrie. 1990. Performance of yearling goats fed alfalfa and florigraze rhizome peanut hay. *Small Ruminant Research*. 3: 353-361.
- González, G., and A.A. Rodríguez. 2003. Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability and forage intake of tropical grasses ensiled in round bales. *Journal of Dairy Science*. 86:926-933.
- Hassan, T.E. and J.L. Heath. 1986. Biological fermentation of fish waste for potential use in animal and poultry feeds. *Agriculture Wastes*. 15:1-15.
- Jung, H.G. and M.S. Allen. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science* 73:2774-2790.

Kjos, N.P. 2001. The use of fish by-products in animal feeding. Proceedings of Workshop on improved utilization of by-products for animal feeding in Vietnam. NUFU project.

http://www.vcn.vnn.vn/sp_pape/spec_5_4_2001_14.htm.

Kjos, N.P., O. Restad, M. Overland, and A. Skrede. 2000. Effects of dietary fish silage and fish fat on growth performance and meat quality of broiler chicks. *Canadian Journal of Animal Science* 80:625-632.

Kjos, N.P., A. Skrede, and M. Overland. 1999. Effects of dietary fish silage and fish fat on growth performance and sensory quality of growing-finishing pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 79: 139-147.

LaCasha, P.A., H.A. Brady, V.G. Allen, C.R. Richardson, and K.R. Pond. 1999. Voluntary intake, digestibility and subsequent selection of mature broomegrass, coastal bermudagrass and alfalfa hays by yearling horses. *Journal of Animal Science*. 77: 2766-2773.

León Álamo, F.J. 2003. Consumo voluntario y digestibilidad de nutrientes de heno de gramíneas tropicales nativas y ensilaje de sorgo y el efecto de la suplementación con residuos fermentados de pescadería. MS Tesis. Universidad de Puerto Rico. RUM. 63pp.

Leon Álamo, F.J., A.A. Rodríguez, C. Gotilla, G. González y E.O. Riquelme. 2000. Características fermentativas y consumo voluntario de pasturas tropicales nativas ensiladas con alto contenido de MS en pacas cilíndricas. XLVI Reunión Anual de PCCMCA, San Juan, P.R. p. 205.

- Lindgren, S. and M. Pleje. 1983. Silage fermentation of fish or fish waste product with lactic acid bacteria. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 34 : 1057-1067.
- Martínez, V., M. Pascual y R. Bello. 1991. Elaboración de ensilado biológico en Venezuela y España. *Alimentaria*. p. 42-49.
- McDonald, P., P. Henderson, and S. Heron. 1991. *The Biochemistry of the Silage*. 2ed. Marlow: Chalcombe Publications, Aberystwyth, U.K. pp. 226.
- National Research Council (NRC) 1985: *Nutrient Requirements of Sheep*. National Academy Press. Washington, D.C.
- O'Reagain, P.J. y R.N. Owen Smith. 1996. Effect of species composition and sward structure on dietary quality in cattle and sheep grazing South African Survey. *Journal of Agricultural Science*. Cambridge (127): 261.
- Ott, L. and M. Longnecker. 2001. *An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis*. 5th ed. Duxbury Press. Belmont, Calif. p. 879-891.
- Petit, H. V. and P.M. Flipot. 1992. Feed utilization of beef steers fed grass as hay or silage with or without nitrogen supplementation. *Journal of Animal Science* 70:876-883.
- Phillips W.A., J. G. W. Horn, and M. E. Smith. 1995. Effect of protein supplementation on forage intake and nitrogen balance of lambs fed freshly harvested wheat forage. *Journal of Animal Science*. 73:2687-2693.

- Prine, G.M., L.A. Dunavin, J.F. Moore, and R.D. Roush. 1981. Florigraze rhizome peanut. A perennial forage legume. Cir. Agric. Exp. Sta. Univ Florida, Gainesville, No. S-275, 22pp.
- Raa, J. and J. Gildberg. 1982. Fish silage: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. CRC. 16 (4) : 383.
- Rabia, Z., F. Ríaz, S. Seena, and R.B. Qadri. 1993. Preparation of fish silage by microbial fermentation. Tropical Science. 33(2) : 171-182.
- Relling, E.A., W.A. van Niekerk, R.J. Coertze, and N.F.G. Retoman. 2002. An evaluation of Panicum maximun cv. Gatton: 2. The influence of stage of maturity on diet selection, intake and rumen fermentation in sheep. South African Journal of Animal Science. (31(2): 85-91.
- Rodríguez, A.A. 1990. Utilización de leguminosas forrajeras como parte integral de sistemas de alimentación de rumiantes. MS Tesis. Universidad de Puerto Rico. RUM. 74pp.
- Rodríguez, A.A., E. Riquelme y P.F. Randel. 1998a. Inclusión de leguminosas forrajeras en dietas basadas en gramíneas tropicales. I Composición química y degradación in vitro. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 82(1- 2): 25-38.
- Rodríguez, A.A., E. Riquelme y P.F. Randel. 1998b. Inclusión de leguminosas forrajeras en dietas basadas en gramíneas tropicales. II Consumo voluntario y digestibilidad aparente de nutrientes. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 82: 39-49.

- Romero, F., H.H. Van Horn, G.M. Prine, and E.C. French. 1987. Effect of cutting interval upon yield, composition and digestibility of Florida 77 alfalfa and florigraze rhizome peanut. *Journal of Animal Science* 65:786.
- Rosthoj, S. I. y L.N. Branda de Paredes. 2001. Determinación de los nutrientes digestibles totales en ovinos a partir del Pennisetum purpureum y variedades. *Revista de Ciencia y Tecnología. Dirección de Investigaciones. UNA. Vol. 1(3) p. 83-90.*
- Ruíz, R. y C.M. Vázquez. 1983. Consumo voluntario de pastos y forrajes tropicales. En: *Los Pastos de Cuba. Tomo 2. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.*
- Ruíz, T.M., and R. Ramos. 2002. Production and quality of forage hays in the Caribbean tropics. Department of Animal Industry, University of Puerto Rico, Mayagüez. p. 1-22.
- Samuels, W.A., J.P. Fontenot, V.G. Allen and M.D.A. Adazinge. 1991. Seafood processing wastes ensiled with straw: Utilization and intake by sheep. *Journal of Animal Science* 69:4983-4992.
- Sánchez, R., C. Santana, A.A. Rodríguez and A.E. Sanjuán. 2001. Fermented tuna sludge in diets for growing pigs. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 85 (1-2): 101-104.
- Sanjuán, A.E. 2002. Fermentación biológica de lodos de la industria atunera como fuente potencial de proteína para la nutrición de tilapia (Oreochromis niloticus). *Disertación. Ph.D. Universidad de Puerto Rico. RUM. 113 pp.*

- SAS Institute. 1990. SAS/STAT® User's Guide (Release 8.1). SAS Inst. Inc., Cary, N.C. 1686 pp.
- Sollengberger, L.E., C.S. Jones, and G.M. Prine. 1989. Animal performance on dwarf elephantgrass and rhizome peanut pastures. In R. Desroches, (ed). Proc. 16th Int. Grassl. Congr. Nice, France. French Grassl. Soc., Versailles Cedex, France. p. 1189.
- Staples, C.R., S.M. Emanuelle and G.M. Prine, 1997. Intake and nutritive value of Florigraze rhizoma peanut for lactating dairy cows. Journal of Dairy Science. 80:541-549.
- Sultan, J.I. and S. C. Loerch. 1992. Effects of protein and energy supplementation of wheat straw-based diets on site of nutrient digestion and nitrogen metabolism of lambs. Journal of Animal Science. 70:2228-2234.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2ed. Comstock Publ. Assoc., Ithaca, N.Y. p. 112.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74 : 3583.
- Ward, W.J., G.A. Parrott, and D.G. Iredale. 1985. Fish waste as silage for use as a feed supplement. Canadian Industry Report of Fisheries and Aquatic Sciences. No. 158: iv-10. Wanitoba.
- Winter, K. and L. Feltham. 1983. Fish silage: The protein solution. Agriculture Canada Research Branch Contribution. Ottawa, Canada. p.112.

Zuberi, R., R. Fatima, S. Shamshad Isma, and R.B. Qadri. 1993. Preparation of fish silage by microbial fermentation. *Tropical Science*. 33:171-182.

IX. APÉNDICE

Apéndice 1. Consumo de forraje y ensilaje de pescado (EP) y peso vivo de corderos alimentados con heno de gramíneas tropicales (HG).

Animal	Tratamiento (T)	PV (Kg)	Consumo HG (g/d) ¹	Consumo EP (g/d) ¹	MS/PV, (%)
Per 1					
1	1	22.2	458.5	0.0	2.1
2	2	20.4	512.8	106.5	3.0
3	3	19.5	397.6	195.8	3.0
4	2	25.9	542.6	128.3	2.6
5	2	21.3	439.9	103.7	2.6
6	1	21.8	485.4	0.0	2.2
7	3	28.1	546.3	268.0	2.9
8	3	20.4	332.9	192.1	2.6
9	1	20.4	476.3	0.0	2.3
Promedio		22.2	465.81	110.49	2.6
Per 2					
1	2	25.4	401.2	130.2	2.1
2	3	22.7	290.5	237.3	2.3
3	1	19.5	396.4	0.0	2.0
4	3	25.8	461.4	292.5	2.9
5	3	21.8	353.6	240.9	2.7
6	2	23.1	396.5	116.9	2.2
7	1	29.0	612.3	0.0	2.1
8	1	19.5	412.3	0.0	2.1
9	2	24.4	376.8	130.0	2.1
Promedio		23.5	411.2	127.5	2.3
Per 3					
1	3	28.6	438.5	240.8	2.4
2	1	22.7	392.5	0.0	1.7
3	2	19.5	482.2	87.3	2.9
4	1	26.4	579.3	0.0	2.2
5	1	21.8	450.3	0.0	2.1
6	3	22.7	443.4	193.5	2.8
7	2	29.5	597.1	128.4	2.5
8	2	20.9	361.3	84.5	2.1
9	3	23.7	404.2	203.8	2.6
Promedio		24.0	461.0	104.3	2.4

¹Datos en base seca.

Per= Periodo

T1=HG, T2= HG + EP al 0.45%, T3= HG + EP al 0.90% a base seca del peso vivo diariamente

Apéndice 2. Consumo de forraje y ensilaje de pescado (EP) y peso vivo de corderos alimentados con heno de maní rizoma perenne (HM).

Animal	Tratamiento (T)	PV (Kg)	Consumo HMRP (g/d) ¹	Consumo EP (g/d) ¹	MS/PV, (%)
Per 1					
1	2	24.0	995.5	52.1	4.4
2	3	22.2	899.0	95.7	4.5
3	1	21.8	838.8	0.0	3.8
4	1	27.7	1172.2	0.0	4.2
5	3	24.9	971.5	107.9	4.3
6	2	21.3	886.8	50.5	4.4
7	2	31.3	891.5	68.8	3.1
8	3	19.0	722.0	92.2	4.3
9	1	22.2	1040.7	0.0	4.7
Promedio		23.8	935.3	51.9	4.2
Per 2					
1	3	26.8	1065.0	120.0	4.4
2	1	24.5	1019.4	0.0	4.2
3	2	24.0	883.3	46.7	3.9
4	2	29.5	1078.8	70.0	3.9
5	1	26.3	957.3	0.0	3.6
6	3	23.1	886.4	100.0	4.3
7	3	31.8	938.6	140.0	3.4
8	1	20.4	907.5	0.0	4.4
9	2	24.5	990.3	60.0	4.3
Promedio		25.7	969.6	59.6	4.0
Per 3					
1	1	27.2	975.7	0.0	3.6
2	2	26.8	1076.3	48.0	4.2
3	3	26.3	907.8	96.0	3.8
4	3	30.4	988.8	112.0	3.6
5	2	26.5	944.1	53.7	3.8
6	1	25.4	1042.4	0.0	4.1
7	1	33.1	928.0	0.0	2.8
8	2	23.1	812.7	40.0	3.7
9	3	26.3	894.2	96.0	3.8
Promedio		27.2	952.2	49.5	3.7

¹Datos en base seca.

Per= Periodo

T1=HM, T2= HM + EP al 0.225%, T3= HM + EP al 0.45% a base seca del peso vivo diariamente

Apéndice 3. Efecto de experimento en corderos alimentados con heno de gramíneas tropicales (HG) y maní rizoma perenne (HMRP) en ambos ensayos experimentales.

Componente	(HG)EXP1	(HMRP)EXP 2	EE ²
Consumo voluntario, (g/d) ¹			
Alimento ofrecido			
Materia seca	738.5 ^a	1461.2 ^b	38.3
Proteína cruda	56.2 ^a	187.0 ^b	11.6
Fibra detergente neutro	420.4 ^a	683.6 ^b	17.8
Alimento rechazado			
Materia seca	178.4 ^a	455.2 ^b	24.7
Proteína cruda	7.4 ^a	39.4 ^b	0.17
Fibra detergente neutro	121.0 ^a	257.4 ^b	8.67
Alimento consumido			
Materia seca	560.0 ^a	1006.0 ^b	32.2
Proteína cruda	48.8 ^a	147.6 ^b	1.0
Fibra detergente neutro	299.4 ^a	426.2 ^a	11.8
Materia seca/peso vivo, (%)	2.33 ^a	4.18 ^b	1.31
Digestibilidad aparente, (%)			
Materia seca	59.22 ^a	63.26 ^b	15.11
Proteína cruda	63.93 ^a	71.32 ^b	19.82
Fibra detergente neutro	51.95 ^a	49.34 ^a	44.46

¹ Datos en base seca

² EE= error estándar

Medias con diferente letra en la misma fila difieren significativamente (P<.05).