



**UNIVERSIDAD MICHUACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS Y FORESTALES**

**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA EN
CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**UTILIZACIÓN DEL ENSILADO ÁCIDO DE PEZ DIABLO
(*Pterygoplichthys spp*) EN LA ALIMENTACION DE
RUMIANTES**

PRESENTA:

MVZ. SERGIO ORNELAS BERMÚDEZ

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

MORELIA, MICHUACÁN, AGOSTO DE 2011



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS Y FORESTALES**



**UTILIZACIÓN DEL ENSILADO ÁCIDO DE PEZ DIABLO
(*Pterygoplichthys spp*) EN LA ALIMENTACION DE RUMIANTES**

MVZ. SERGIO ORNELAS BERMÚDEZ

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Director de Tesis:

Dr. Guillermo Salas Razo

Comité Tutorial:

Dra. Ernestina Gutiérrez Vázquez

Dr. Aureliano Juárez Caratachea

Dr. Rogelio Garcidueñas Piña

Dr. José Luis Espinoza Villavicencio



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS Y FORESTALES**

**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAestrÍA EN
CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**UTILIZACIÓN DEL ENSILADO ÁCIDO DE PEZ DIABLO
(*Pterygoplichthys spp*) EN LA ALIMENTACION DE
RUMIANTES**

MVZ. SERGIO ORNELAS BERMÚDEZ

T E S I S

**APOYADA POR EL CONSEJO ESTATAL DE CIENCIA Y
TECNOLOGIA**



MORELIA, MICHOACÁN, AGOSTO DE 2011

AGRADECIMIENTOS

Me es grato expresar mi más sincero agradecimiento:

Primeramente a Dios, por permitirme concluir una meta más en mi vida y sobre todo por darme la fuerza necesaria en los momentos que la necesite.

A mis Padres, Sra. Francisca Bermúdez Jiménez y Sr. Sergio Ornelas Rojas, por ser un ejemplo de superación personal, honestidad, lealtad, respeto, comprensión, trabajo y sobre todo por brindarme su amor. Porque cada momento que he tropezado, ahí han estado para apoyarme y ayudarme a seguir adelante. Muchas gracias Padres, los QUIERO MUCHO.

A mis Hermanos, Marilú, José de Jesús y Emmanuel (“El Cholo”), por apoyarme tanto moral y económicamente, gracias por compartir buenos y malos momentos, pero sobre todo gracias por ser mis hermanos, ya que no desearía otros que no fueran ustedes.

A mis Abuelos: Sr. Gregorio Bermúdez Mendoza⁺, Sra. Nieves Jiménez Mendoza⁺, Sr. Salvador Ornelas Archundia⁺ y Sra. María Esther Rojas Magallan, porque aunque la mayoría ya no estén conmigo, su cariño, enseñanzas y sus consejos siguen presentes, y han sido una parte fundamental en mi formación y sobre todo en mi vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por proporcionarme el apoyo económico para la realización de mis estudios de maestría, al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECyT) por el apoyo económico para el trabajo de tesis y a la Fundación Produce Guerrero A.C. por el financiamiento del proyecto.

Al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por brindarme la oportunidad de poder continuar preparándome profesionalmente.

A los propietarios de los sistemas de producción: Sr. Malaquías García por las facilidades para la realización del trabajo, y sobre todo al Sr. Daniel Coria Espino por facilitarme sus instalaciones y animales para el desarrollo del trabajo, además de brindarme su apoyo e invaluable amistad.

Al Dr. Guillermo Salas Razo, por su orientación e incondicional apoyo brindado como director de esta tesis.

A los asesores: Dra. Ernestina Gutiérrez Vázquez, Dr. Aureliano Juárez Caratachea, Dr. Rogelio Garcidueñas Piña y Dr. José Luis Espinoza Villavicencio, por su apoyo, orientación y aportaciones brindadas a esta tesis.

Al M.C. Ruy Ortiz Rodríguez, por su apoyo, orientación y sobre todo por la amistad y consejos brindados.

Al Dr. Mauricio Perea Peña, y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron con la realización de esta tesis y de mis estudios.

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
Pez diablo o pez armado (<i>Pterygoplichthys spp</i>)	5
Residuos orgánicos de la industria pesquera.....	8
Procesamiento de aceite y harina de pescado.....	8
Ensilado o ensilaje de pescado	12
Ingeniería de la producción	16
Procesos de acidificación y de hidrólisis.....	18
Utilización del ensilado de pescado en la alimentación animal	20
2. HIPÓTESIS.....	23
3. OBJETIVO GENERAL	23
4. OBJETIVOS ESPECIFICOS	23
5. METODOLOGÍA GENERAL.....	24
6. RESULTADOS.....	30
Composición química del ensilado ácido de pez diablo.....	30
EXPERIMENTO I:	31
UTILIZACIÓN DEL ENSILADO ÁCIDO DE PEZ DIABLO (<i>Pterygoplichthys spp</i>) EN LA ALIMENTACIÓN DE OVINOS.....	31
EXPERIMENTO II:.....	38
EFFECTO DEL ENSILADO ÁCIDO DE “PEZ DIABLO” (<i>Pterygoplichthys spp</i>) COMO COMPLEMENTO PROTEICO EN LA DIETA DE BOVINOS PARA CARNE DURANTE LA ETAPA DE ADAPTACIÓN.....	38
EXPERIMENTO III:	46
UTILIZACIÓN DEL ENSILADO ÁCIDO DE PEZ DIABLO (<i>Pterygoplichthys spp</i>) COMO COMPLEMENTO PROTEICO EN LA ENGORDA DE BOVINOS PARA CARNE.....	46
DISCUSIÓN GENERAL.....	57
CONCLUSIONES GENERALES	61
BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS.....	68

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Figura 1. Producción de harina y aceite mediante el sistema de reducción seca de residuos de pescado (Brody, 1965 citado por Okkerman y Hansen, 2000a).....	10
Figura 2. Producción de harina y aceite mediante el sistema de reducción seca de residuos de pescado (Brody, 1965 citado por Okkerman y Hansen, 2000a).....	11
Figura 3. Proceso de acidificación directa y de fermentación biológica en la producción de ensilado de pescado (Bello <i>et al.</i> , 1992).....	15
Cuadro 1. Dietas experimentales para la engorda de borregos con diferentes niveles de inclusión de ensilado ácido de pez diablo.....	25
Cuadro 2. Composición química de dietas experimentales para la engorda de borregos con diferentes niveles de inclusión de ensilado ácido de pez diablo.....	25
Cuadro 3. Dietas experimentales para la alimentación de bovinos para carne con diferentes niveles de inclusión de ensilado ácido de pez diablo.....	28
Cuadro 4. Aportes nutricionales de las dietas experimentales y requerimientos de bovinos para carne.....	29
Cuadro 5. Composición química del ensilado ácido de pez diablo utilizado en los ensayos con ovinos y bovinos de engorda.....	30

EXPERIMENTO 1:

Tabla 1. Dietas experimentales para la engorda de borregos con diferentes niveles de inclusión de ensilado ácido de pez diablo.....	34
Tabla 2. Valores medios para consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia de ovinos alimentados con dietas con diferentes niveles de ensilado ácido de pez diablo.....	35

EXPERIMENTO II:

Tabla 1. Medias de mínimos cuadrados para el consumo ^{d-1} de alimento de acuerdo al grupo.....	42
Figura 1. Consumo de alimento de toretes de 124 a 170 kg.....	42
Figura 2. Consumo de alimento de toretes de 176 a 189 kg.....	42
Figura 3. Consumo de alimento de toretes de 196 a 265 kg.....	42
Figura 4. Consumo de alimento de toretes de 270 a 279 kg.....	42
Tabla 2. Medias de mínimos cuadrados para ganancia de peso de acuerdo al grupo.....	43

EXPERIMENTO III:

Cuadro 1. Dietas experimentales para la alimentación de bovinos para carne con diferentes niveles de inclusión de ensilado ácido de pez diablo.....	51
Cuadro 2. Valores medios para consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia de bovinos para carne alimentados con dietas con diferentes niveles de ensilado ácido de pez diablo.....	53
Cuadro 3. Comparación de medias para la variable de ganancia de peso de toretes alimentados con diferentes concentraciones de ensilado ácido de pez diablo.....	53

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la utilización del ensilado ácido de pez diablo (EAPD) como complemento alimenticio en la alimentación de rumiantes (ovinos y bovinos). Por lo cual, el presente documento se encuentra estructurado en tres experimentos. El **Experimento I**, se diseñó con la finalidad de evaluar el comportamiento productivo de ovinos alimentados con (EAPD). Se utilizaron 18 borregos criollos con peso inicial de 21.11 ± 3.99 kg, distribuidos en tres tratamientos, dos repeticiones por tratamiento con diferentes niveles de EAPD (0, 7.5 y 15%), alojados en corrales grupales, con alimento y agua limpia *ad libitum*. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) sobre el consumo de alimento con valores de 1.37 ± 0.06 ; 1.39 ± 0.11 ; 1.02 ± 0.10 kg/día, en la ganancia de peso no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos con valores de 97 ± 10 ; 143 ± 16 y 109 ± 08 g/día para 0, 7.5 y 15% respectivamente. La conversión alimenticia (consumo de materia seca sobre ganancia de peso) y rendimiento de la canal fueron: 14.12, 9.72 y 9.35 kg/kg; 45.94, 50.66 y 45.58%. Se concluye que el EAPD representa una alternativa en la engorda de ovinos como complemento alimenticio. El objetivo del **experimento II**, fue evaluar el consumo de alimento y la ganancia de peso de toretes estabulados, durante la etapa de adaptación (15 días) de una dieta elaborada a partir de EAPD (12%); maíz y rastrojo (86%); minerales (2%). Se utilizaron 15 toretes cruzados (*Bos taurus x Bos indicus*) alojados en corrales individuales con alimento y agua *ad libitum*. Se conformaron cuatro grupos: G1 (n=4) de 124-170 kg; G2 (n=4) de 176-189 kg; G3 (n=4) de 196-265 kg y G4 (n=3) de 270-279 kg. El consumo estuvo correlacionado ($P < 0.001$) con el peso inicial ($r = 46.3\%$), con la ganancia de peso ($r = 42.0\%$) y el peso final ($r = 47.1\%$). Los toretes con pesos de 196-265 y de 270-279 kg obtuvieron la mayor ganancia de peso durante el período evaluado ($P < 0.05$). Se concluye que el EAPD representa una alternativa en la alimentación de los bovinos para carne como complemento alimenticio. Para el **experimento III** el objetivo fue evaluar la utilización del EAPD en la engorda de bovinos para carne como complemento proteico-energético. Se utilizaron 18 toretes cruzados (*Bos taurus x Bos indicus*), con un peso inicial de 278.9 ± 51.2 kg, alojados en corrales individuales con alimento y agua *ad libitum*, distribuidos al azar en tres tratamientos con diferentes niveles de inclusión de EAPD (0%, 12% y 18%), durante 60 días. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos en cuanto a ganancia diaria de peso: 952 ± 324 ; 927 ± 322 y 854 ± 307 (g/día); consumo voluntario de materia seca: 8.79 ± 1.26 (kg/día); 8.43 ± 1.58 (kg/día) y 8.04 ± 2.24 (kg/día), conversión alimenticia: (consumo de materia seca sobre ganancia de peso) 9.23, 9.09 y 9.41 kg/kg, y rendimiento de la canal: 60.60 ± 1.87 ; 60.30 ± 1.58 y 58.56 ± 3.09 %; para 0, 12 y 18% de EAPD, respectivamente. Se concluye que el EAPD representa una alternativa en la alimentación de los bovinos para carne como complemento proteico-energético, y que este puede ser comparable con otros complementos alimenticios tradicionales.

ABSTRACT

The objective of the present work was to evaluate the utilization of the silage acid devil fish (SADF) as alimentary complement in the diet of ruminants (ovine and bovine). Whereby, the present document is found structured in three experiments. The **experiment 1**, the objective it was to evaluate the productive behavior of ovine of grows fat fed with (SADF). Were utilized 18 creoles lambs with an initial weight of 21.11 ± 3.99 kg, distributed in three treatments, with two repetitions for treatment, with levels different of inclusion SADF (0, 7.5 and 15%), lodged in group corrals, with food and clean water to free access. He was found you differentiate significant ($P < 0.05$) on the consumption of food with values of 1.37 ± 0.06 ; 1.39 ± 0.11 ; 1.02 ± 0.10 kg/day, nevertheless, in the profit of weight did not they exist differentiate significant ($P > 0.05$) among the processing with values of 97 ± 10 ; 143 ± 16 and 109 ± 08 g/day for 0, 7.5 and 15% respectively. The alimentary conversion (consume of dry matter on profit of weight) and performance of the channel they were: 14.12, 9.72 and 9.35 kg/kg; 45.94, 50.66 and 45.58%. It is concluded that the SADF represents an alternative in it grows fat of ovine for meat as dietary complement. The objective of the **experiment II**, was to evaluate the consumption of food and the young bulls weight profit, during the phase of adaptation (15 days) of an elaborate diet from SADF (12%), corn and stubble (86%) and mineral (2%). 15 young bulls were utilized (*Bos taurus x Bos indicus*) lodged in individual corrals with food and water *ad libitum*. They four groups conformed: G1 (n=4) 124-170 kg; G2 (n=4) 176-189 kg; G3 (n=4) 196-265 kg and G4 (n=3) 270-279 kg. The consumption was correlated ($P < 0.001$) with the initial weight ($r = 46.3\%$), with the profit of weight ($r = 42.0\%$) and the final weight ($r = 47.1\%$). The weights animals with from 196 to 265 kg and from 270 to 279 kg they obtained the greater profit of weight during the period evaluated ($P < 0.05$). It is concluded that the SADF represents an alternative in the diet of the bovine for meat as dietary complement. For the **experiment III**, the objective was to evaluate the utilization of the SADF in it grows fat of bovine for meat as dietary complement. 18 young bulls were utilized (*Bos taurus x Bos indicus*), with an initial weight of 278.9 ± 51.2 kg, lodged in individual corrals with food and water *ad libitum*, distributed in three treatments, with different levels of inclusion of SADF (0%, 12% and 18%), during 60 days. Not found you differences significant ($P > 0.05$) among the processing as for daily profit of weight: 952 ± 324 ; 927 ± 322 and 854 ± 307 (g/day); voluntary consumption of dry matter: 8.79 ± 1.26 (kg/day); 8.43 ± 1.58 (kg/day) and 8.04 ± 2.24 (kg/day), alimentary conversion: (consume of dry matter on profit of weight) 9,23, 9,09 and 9,41 kg/kg, and performance of the channel: 60.60 ± 1.87 ; 60.30 ± 1.58 and $58.56 \pm 3.09\%$; for 0, 12 and 18% of SADF, respectively. It is concluded that the SADF represents an alternative in the diet of the bovine for meat as dietary complement, and that this can be comparable with other traditional food supplements

1. INTRODUCCIÓN

Ante la problemática que enfrenta la comunidad internacional y la incertidumbre sobre la seguridad alimentaria, surge la necesidad de encontrar nuevas formas de alimentación para el ganado, que sean de bajo costo, fáciles de adoptar y que preserven el medio ambiente. Entre los factores más importantes en la producción animal se destaca la alimentación, que representa entre 50 y 80% de los costos de producción. Así mismo, uno de los factores más limitantes en la crianza de rumiantes (bovinos para carne, ovinos, caprinos) es la provisión de proteínas, debido a la limitada disponibilidad de fuentes de calidad y el alto costo de los insumos tradicionales (harina de soya, harina de pescado y/o harina de sangre). Por lo anterior, se hace necesaria la búsqueda de fuentes de proteína de calidad para la alimentación animal, sobre todo de productos y subproductos no aptos para el consumo humano (Berenz *et al.*, 1997).

Así mismo, los precios de los alimentos en los mercados mundiales están provocando la creciente incertidumbre acerca de la seguridad alimentaria mundial. El cambio climático, la degradación y la contaminación ambiental, la creciente competencia por tierra y agua, los elevados precios de la energía y las dudas respecto a los niveles en que se adoptarán las nuevas tecnologías, son factores que presentan enormes desafíos y riesgos que dificultan los pronósticos (Banco Mundial, 2008). Para satisfacer la demanda proyectada para el 2030, deberá de incrementarse en casi 50% la producción de cereales, mientras que la producción de carne deberá hacerlo en 85%, con respecto a los valores del año 2000 (Banco Mundial, 2008).

Con relación a la agricultura mexicana, la FAO sostiene que esta actividad no es competitiva; señala que presenta bajos niveles de producción y productividad, debido a los rezagos acumulados en infraestructura, tecnología e inversiones en este sector (FAO, 2004). En la actualidad las producciones alternativas en el ámbito agropecuario han cobrado especial interés para los pequeños productores como una forma de diversificar la estrategia de producción. La mayor limitante de estas producciones emergentes se basa en la necesidad de alimentos de buena calidad y bajo costo (Copes *et al.*, 2006).

El “pez diablo” (*Pterygoplichthys spp*), también conocido como pez armado o pleco, desde su introducción en los cuerpos de agua epicontinentales del país (ríos, lagos y lagunas), se ha expandido alarmantemente en pocos años (Mendoza *et al.*, 2007). En el año 2005 estos peces hicieron su aparición en la presa “El Infiernillo” en el Estado de Michoacán, convirtiéndose en un problema de sustitución e invasión de hábitats, que ha llegado a poner en peligro la pesquería de tilapia que ya venía en descenso (Martínez *et al.*, 2006).

El pez diablo ha generado tres grandes efectos negativos: el primer, se deriva al convertirse en un pez dominante entre las especies mexicanas, por no tener enemigos naturales en la cadena alimenticia como en Sudamérica (cocodrilos) su región de origen; el segundo, es que actualmente no poseen ningún valor comercial, lo cual ocasiona que sean considerados como pesca no deseada. Al no existir un uso a estos peces, después de ser capturados en las redes, son arrojados a las orillas de los cuerpos de agua en donde provocan condiciones de insalubridad y/o contaminación, además de ser un desperdicio de proteína animal; y finalmente el tercer problema radica en las redes de pesca, las cuales no están diseñadas para peces de este tipo, ya que la captura de dichos peces produce un daño irremediable a las redes, las cuales se rompen al liberar a estos peces.

En este sentido, una red cuya vida útil promedio es de dos años, debe desecharse en tres meses. Además, las duras escamas y pequeñas espinas de estos peces son erosivas, lo cual ocasiona el deterioro de las redes, así como, el daño a las manos de los pescadores. Así mismo, otro aspecto relevante es la reducción notoria de los tiempos efectivos de pesca; ya que antes de la llegada del pez diablo las redes se tendían prácticamente toda la noche, mientras que actualmente se realiza sólo durante pocas horas, debido precisamente a la saturación del arte; ya que si la red queda tendida toda la noche es tal la cantidad de peces atrapados que la red se pierde. Esta reducción de tiempos genera menores rendimientos de la pesca con el consecuente efecto económico para las familias de pescadores. Por otra parte, de acuerdo a las estimaciones realizadas únicamente para la presa “El Infiernillo”, la captura incidental de pez diablo por la pesquería de tilapia asciende a 20 mil toneladas anuales, monto que constituye tan solo el 20% de la biomasa total estimada para la presa. (Mendoza *et al.*, 2007, Martínez *et al.*, 2010).

Así, el pez diablo se une a una larga lista de especies exóticas que han llegado a México, dentro de las que se encuentran la trucha arcoíris, la lobina, la mojarra de agallas azules y el bagre de canal, que vinieron de Canadá y Estados Unidos; la carpa en todas sus versiones (herbívora, plateada, cabezona, escamuda o cueruda) que fue traída de Asia y la misma tilapia de los Grandes Lagos de África. Todas estas variedades de peces, como cualquiera en la naturaleza, compitieron por su sobrevivencia con las especies nativas (Martínez *et al.*, 2006). Sin embargo, todas ellas pasaron de ser consideradas como amenazas a importantes recursos disponibles. Tal es el caso del pez diablo, al cual se le puede considerar como un potencial recurso disponible y de bajo costo para ser utilizado como fuente de proteína para la alimentación de animales.

Investigaciones recientes han demostrado que peces no consumidos por el hombre y residuos de pescadería pueden servir como suplementos proteicos en dietas para animales domésticos (Bello, 1997; Sanjuan, 2002). Un ejemplo de ello son los ensilados fabricados por acidificación directa o fermentación anaeróbica de residuos de pescadería, que son utilizados como alternativos a la harina de pescado u otras fuentes de proteína, en situaciones donde por el alto costo de estas no existe la posibilidad de adquirirlas o procesarlas (Oyedapo y Jauncey, 1993; Sanjuan, 2002).

Pez diablo o pez armado (*Pterygoplichthys spp*)

A nivel mundial existen al menos una docena de especies de los comúnmente llamados “pez diablo, armado o pleco”, establecidos en el medio silvestre fuera de su área de distribución (exóticos), los cuales se han convertido en especies invasoras en diversas regiones del planeta, como México, Estados Unidos (Texas, Florida y Hawaii), Taiwán, Filipinas, Japón y Singapur. Dichos peces pertenecen a la familia *Loricariidae* del orden *Siluriformes*, constituida por más de 90 géneros y 680 especies, entre las que se encuentran las especies *Hypostomus spp* y *Pterygoplichthys spp*, que son originarias de la Cuenca del Amazonas en Sudamérica (Froese y Pauly, 2007). Aún existen varias especies no descritas, y algunas que se cree podrían ser híbridos, de las cuales al menos una docena han sido reportadas no solo como exóticas, sino como invasoras en diversas regiones del planeta (Mendoza *et al.*, 2007).

En México se detectaron por primera vez en 1995 en el río Mezcala, en la cuenca del río Balsas, y durante los últimos 15 años se han expandido rápidamente y actualmente es común encontrarlos en varias de las cuencas hidrológicas del país (Martínez, 2005), como es la presa “El Infiernillo” en el estado de Michoacán, considerada una de las pesquerías de agua dulce más importantes del país, reportada en 1987 como la más productiva de América Latina al registrar cerca de 20 mil toneladas de tilapias y carpas al año (Juárez, 1989).

Dicha presa fue construida entre 1962 y 1963 con el objeto de generar energía eléctrica, comenzando a funcionar en 1964. En ese entonces la habitaban diversas especies nativas de peces como *Cichlasoma istlanum*, *Hybopsis boucardi*, *Ictalurus balsanus*, *Poeciliopsis balsas*, *Atherinella balsana*, *Astyanax mexicanus* e *Ilyodon whitei*, pero en 1969 se introdujeron algunas especies exóticas, cuatro de tilapia (*Oreochromis mossambicus*, *O. aureus*, *Tilapia rendalli* y *T. zillii*) y cuatro de carpas (*Cyprinus carpio* var. espejo, *Ctenopharyngodon idella*, *Hypophthalmichthys molitrix* y *Mylopharyngodon piceus*), para brindar alternativas económicas a las comunidades de los alrededores. En 1970 inició la pesquería comercial y pronto se constituyó en la principal actividad de 119 comunidades alrededor de la presa (79 de Michoacán y 40 de Guerrero). En particular, las tilapias exóticas fueron la fuente más importante de recursos económicos, sobrepasando las ganancias de las actividades agrícolas en la región (Arroyo y Escalera, 2006).

Sin embargo, un manejo inadecuado (incluyendo la sobrepesca y la pesca de individuos juveniles antes de que alcanzaran su madurez reproductiva), así como la contaminación, condujeron al descenso gradual en la pesquería. Un aspecto que agravó notablemente la situación de esta importante actividad fue la presencia del “pez diablo”. En la actualidad, entre el 70 y 80% de la captura de tilapia se ha sustituido por esta especie, lo que significa pérdidas por un monto aproximado de 36 millones de pesos al año, y un costo social importante al dejar desempleados o subempleados a 3,600 pescadores, que con los procesadores y sus familias suman alrededor de 46 mil personas (Mendoza *et al.*, 2007).

En general al “pez diablo” se le considera mal nadador y se encuentra en ambientes lénticos o lóticos de fondos fangosos íntimamente relacionados al fondo y paredes. Los peces poseen un disco succionador o chupador ventral en la boca que posee pequeños dientecillos para arrancar los microvegetales que crecen sobre las piedras y paredes del fondo, ojos pequeños, una coraza ventral de placas óseas (aunque algunas especies carecen de ella), poseen una cabeza de gran tamaño, boca provista de una ventosa inferior y la presencia de bigotes y barbillas que le facilitan la búsqueda e identificación de su alimento, basado principalmente en detritos, algas y pequeños moluscos. (Ruiz, 2006; Martínez *et al.*, 2010).

Diversas particularidades de su morfología, su fisiología y su comportamiento acentúan el potencial invasivo del “pez diablo”, como son: una reproducción precoz y una alta tasa reproductiva, un comportamiento de anidación que junto con sus hábitos nocturnos los hacen imperceptibles, y el cuidado parental que resulta en una alta supervivencia larval. Por otro lado, el desarrollo de escamas con fuertes espinas y placas óseas, en gran medida, explica la carencia de depredadores. En su hábitat nativo son depredados por cocodrilos, nutrias y algunos peces grandes (Muñiz y Brugnoli, 2000). Además, son altamente territoriales y pueden ser muy agresivos. Normalmente su crecimiento es rápido y la mayor parte de las especies son de tamaño pequeño o mediano, aunque algunas pueden alcanzar tallas de 50 o 70 cm y un peso de más de 3 kg (Arreola, 2007).

Ecológicamente son extremadamente adaptables, algunos son tolerantes a la salinidad y su gran estómago vascularizado funciona como pulmón, permitiéndoles respirar aire atmosférico en condiciones de hipoxia hasta por 12 horas. Su estómago también funciona como vejiga natatoria, con lo que pueden aumentar su flotabilidad para desplazarse rápidamente en la columna de agua. Además, sus niveles de glucosa y lactato, los más altos entre los peces, les provee de la energía necesaria para sostener el ritmo cardíaco en los periodos de hipoxia (Arroyo y Escalera, 2006).

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 anuales, de las cuales entre el 70 y 85% corresponde a especies que no son utilizadas para consumo humano (Espe y Lied, 1999). Generalmente estos residuos de la industria pesquera son dispuestos en vertederos y más comúnmente son desechados directamente al ambiente, ocasionando una proteólisis indeseable lo cual puede resultar en la producción de nitrógeno amoniacal 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 de salud pública.

La elaboración de productos alimenticios a partir de residuos orgánicos de la industria pesquera, incluye productos como aceites, harinas, suplementos líquidos y ensilados químicos o biológicos, cuya elaboración ha sido la forma más común de minimizar la disposición de residuos y reducir su impacto adverso sobre el medio ambiente (Alvelo, 2001; Sanjuan, 2002; Sánchez, 2003 y León, 2003). Aunque también existen otras alternativas para minimizar su disposición, como son su utilización como relleno sanitario, la preparación de composta o su eliminación mediante el proceso de incineración.

Procesamiento de aceite y harina de pescado

Existen alternativas económicamente rentables para el manejo y aprovechamiento de especies no consumidas por el hombre y de residuos de pesca, con lo cual se busca reducir el impacto sobre la ecología terrestre. La producción de harina de sub-productos de pescado como alimento para animales ha sido común debido a su alto valor nutricional. Muchos alimentos comerciales de uso acuícola se basan en harina de pescado como principal ingrediente, debido a su alto contenido de proteína (Tacon, 1993 citado por Sanjuan, 2002).

La harina de pescado procesada adecuadamente contiene altos niveles de los aminoácidos esenciales (metionina, lisina y triptófano), vitaminas del complejo B (cianocobalamina, colina, niacina, ácido pantotéico y riboflavina) y minerales esenciales incluyendo calcio, hierro y fósforo (Okkerman y Hansen, 2000a). Además de la harina de pescado, la producción de aceite a partir de residuos pesqueros, es una práctica corriente. Ambos, subproductos son obtenidos mediante la cocción y prensado. Como se observa en las figuras 1 y 2, se utiliza el método de reducción húmeda o el método seco para su elaboración (Okkerman y Hansen, 2000a). Además, se puede utilizar el método de extracción con solventes ácidos y básicos, tales como peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y dióxido de azufre (SO₂) acuosos.

El método de reducción húmeda involucra el uso de solventes (ej. etanol isopropanol, n-butanol) a concentraciones de 15-25% y es de naturaleza continua, siendo ideal para trabajar grandes cantidades de residuos, debido a que facilita el almacenaje de material. Además, el proceso incluye pasos de desintegración, cocción, recocción, separación, prensado y remoción parcial de agua (12-20% humedad, Figura 1). Este método se recomienda para especies de pescado con alto contenido de grasa, aunque puede ser utilizado también con residuos solubles y no solubles. Finalmente el secado de la harina se realiza mediante la exposición a llama directa, lo que lo hace más complejo y menos flexible que el método seco.

Este último es ideal para pescado con bajo contenido de aceite, enteros o residuos generados durante el proceso de enlatado. Consiste en moler y cocinar al vapor el material en equipo previsto con un sistema hidráulico operado bajo presión atmosférica o a vacío, y donde el residuo es presionado hidráulicamente para remover el líquido. Debido a las altas temperaturas y largo tiempo de cocción (6-7 horas), el aceite obtenido es oscuro y de baja calidad. Algunos de los aceites recolectados pueden ser reincorporados a los residuos o utilizados como combustible (Figura 2).

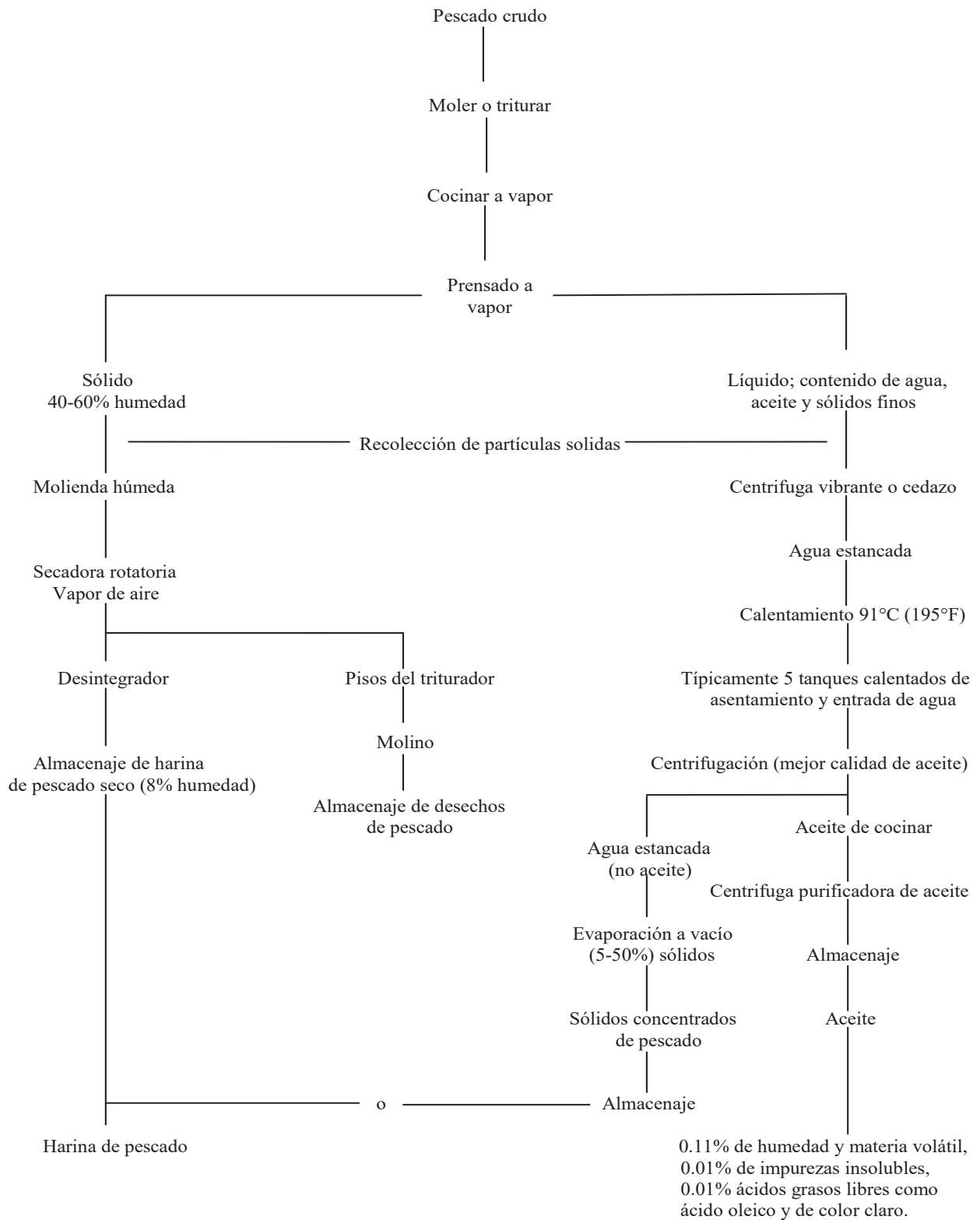


Figura 1. Producción de harina y aceite mediante el sistema de reducción seca de residuos de pescado (Brody, 1965 citado por Okkerman y Hansen, 2000a)

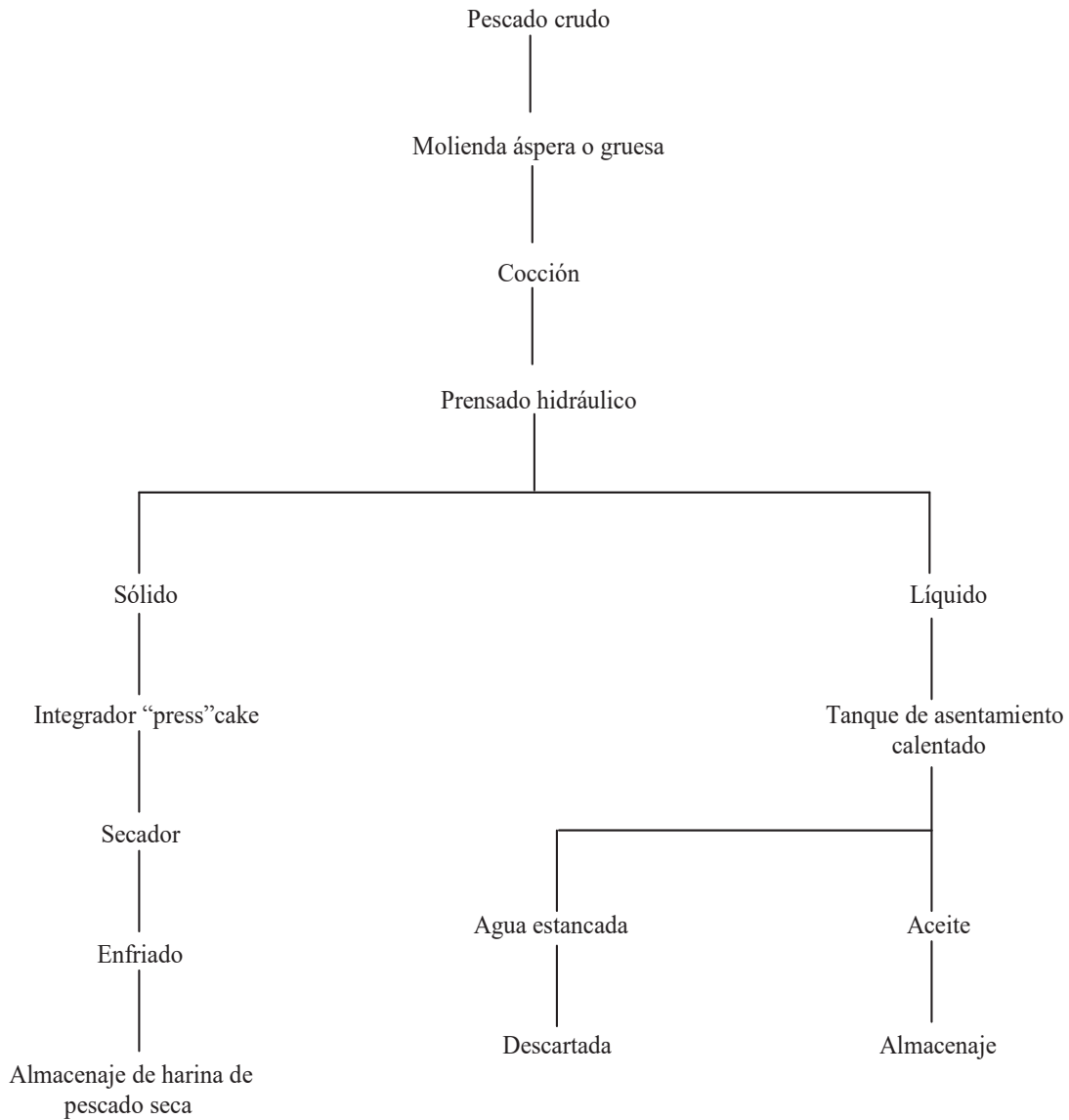


Figura 2. Producción de harina y aceite mediante el sistema de reducción seca de residuos de pescado (Brody, 1965 citado por Okkerman y Hansen, 2000a)

En la actualidad es práctico el uso de harina de pescado como fuente de proteína para cerdos, aves y ciertos rumiantes a razón de 3 a 6% de la dieta. Un nivel de inclusión mayor puede sobrecargar la dieta con los ácidos grasos omega-3, que dan un olor a pescado en los productos como carne, leche y huevo (Okkerman y Hansen, 2000b). En ambos métodos de producción, el secado inadecuado puede permitir la proliferación de hongos y en ocasiones

de *Salmonella*, resultando en harina de baja calidad y hasta peligrosa para la salud animal. Además, si la temperatura de cocción es demasiado alta puede alterar químicamente los aminoácidos presentes. La harina de pescado suele contener de 60% a 70% de proteína de alta digestibilidad y buen perfil de aminoácidos; sin embargo, existe mucha variación según la calidad del material crudo utilizado y los métodos de procesamiento (Kjos, 2001).

Ensilado o ensilaje de pescado

La palabra ensilado se deriva del vocablo “silo” de la palabra griega *siros*, que significa un hueco o zanjón en la tierra (McDonald *et al.*, 1991). El silo se utiliza mayormente para preservar y almacenar materia vegetal, sin embargo, su aplicación práctica en la actualidad abarca residuos orgánicos incluyendo los de pescadería. El ensilado o ensilaje de pescado se define como un producto semi-líquido o pastoso, elaborado a partir de desechos de la industria pesquera, pescado entero no apto para consumo humano o partes del mismo (cabeza, colas, huesos, piel, escamas o vísceras). Las técnicas empleadas para su manufactura son simples, requieren baja inversión de capital y mínima mano de obra (FAO, 1997).

De acuerdo con Balsinde *et al.* (2004), el ensilado de pescado es un alimento que posee gran digestibilidad, cualidad que le proporciona un gran beneficio en la alimentación animal, además de que las proteínas que lo constituyen, son de un elevado valor biológico. El proceso de elaboración del ensilado genera descenso del pH a valores cercanos a 4.0, lo que activa enzimas propias del pescado produciendo autólisis y como consecuencia se modifican características intrínsecas que inhiben el desarrollo de las aminas cadaverina, putresina y/o de bacterias patógenas, que le confieren al producto la capacidad para almacenarse a temperatura ambiente durante varios meses, sin que se reduzca su valor nutricional ni la calidad higiénica (Kjos, 2001; Toledo y Llanes, 2006).

Existe evidencia de que desde 1920, se ha evaluado la acidificación y la fermentación anaeróbica como métodos para preservar residuos de pescadería (Ward *et al.*, 1985). Su uso ha sido estudiado como fuente alterna de proteína de origen pesquero para uso animal a un costo razonable, en especial en dietas para cerdos y aves en situaciones donde hay baja

disponibilidad de la harina de pescado u otras alternativas de suplementos proteicos (Hassan y Health, 1986).

Los métodos para la obtención del ensilado de pescado (acidificación directa y fermentación biológica) involucran operaciones comunes como: molienda, homogenización, envasado y almacenamiento (Figura 3). Algunas veces es necesaria una etapa previa, que incluye el lavado y la eliminación de materiales como basura, restos de crustáceos y moluscos que pueden acompañar a la materia prima (Bello *et al.*, 1992).

Por ensilado químico (método de acidificación directa) se entiende el producto resultante de la mezcla de residuos pesqueros con ácidos orgánicos e inorgánicos que reducen el pH lo suficiente como para prevenir el deterioro del residuo. Por su parte el ensilado biológico (método de fermentación biológica), es el resultado de la degradación de una fuente de carbohidrato (azúcar), por bacterias ácido lácticas, resultando en la producción de ácidos orgánicos, mayormente el láctico, que reducen el pH, preservando así la masa ensilada.

Para la obtención del ensilado químico (Figura 3) se pueden adicionar ácidos orgánicos e inorgánicos al pescado tales como: fórmico, sulfúrico, clorhídrico o propiónico, o combinados con mezclas de acético, fórmico y fosfórico o fórmico y sulfúrico o propiónico y sulfúrico (Barral *et al.*, 1989). Dicho ensilado es un procedimiento muy seguro en cualquier tipo de clima, siendo más utilizado en los climas cálidos, en donde se pueden utilizar todos los tipos y desperdicios de pescado, siempre que no hayan sido cocinados o desecados antes. El principio de este tipo de ensilado es que la adición del ácido al pescado disminuye el pH, evita la putrefacción bacteriana y activa a las enzimas catepsinas (desdobladoras de proteína) permitiendo la licuefacción de los músculos y vísceras del pescado.

No obstante, para lograr esta acción es preferible la utilización de ácido fórmico, ya que asegura la conservación sin descenso excesivo en el pH, lo que a su vez, evita la necesidad de neutralización del producto antes de su empleo en la alimentación animal; el ácido clorhídrico ocasiona que el ensilado resulte salado y el ácido sulfúrico suele precipitar el

sulfato cálcico. (Tatterson y Windsor, 1974; Windsor y Barlow, 1984; Barral *et al.*, 1989; Córdova y Bello, 1990). Sin embargo, se debe tener en cuenta que la acidez deberá regularse y ajustarse a un pH inferior de 5.0, después de lo cual el ensilado se podrá conservar varios meses sin deterioro (Parín, 1991).

La composición nutricional del ensilado químico en materia seca se mantiene a razón de: 76.8% de humedad, 13-16% de proteína, 8.6% de extracto etéreo y 1.6% de cenizas (Wicki *et al.*, 2006). En el ensilado químico, el líquido puede suministrarse directamente si se neutraliza con piedra caliza o creta, o bien desecarse sobre cereales cerveceros o residuos de trigo, entre otros, sin que pierda la composición y contenido de materia seca que el pescado posee; pero con mayor digestibilidad de la proteína y asimilación de aminoácidos (Ottati *et al.*, 1990).

En el proceso de ensilado biológico (Figura 3) es común utilizar inóculos de bacterias productoras de ácido láctico (BPAL) tipo homofermentativos de los géneros *Lactobacillus*, *Pediococcus* o *Streptococcus* (Zuberi *et al.*, 1993; FAO, 1997) y fuentes de carbohidratos como la melaza de caña, para acelerar el proceso fermentativo. Además, una fermentación apropiada genera una temperatura óptima a la cual los microorganismos proliferan y alcanzan poblaciones de 10⁸ u.f.c./g después de 4 a 8 días. Durante este proceso ocurre un cambio rápido en la composición bacteriológica, generando una dominancia de las BPAL y la inhibición de microorganismos indeseables causantes de efectos negativos de deterioro en el ensilado (Hurst, 1979 citado por Lindgren y Pleje, 1983).

La composición proximal del ensilado biológico difiere un poco del ensilado químico por la adición de los carbohidratos (65% de humedad; 16% de proteína; 2% de grasa; 10% de carbohidratos y 7% de cenizas). Una evaluación del perfil de los ácidos grasos del ensilado realizada por Ottati *et al.* (1990), indica que posee todos los ácidos grasos presentes en el pescado fresco, mostrando una menor proporción de los ácidos saturados, (aproximadamente 40%) con prevalencia de los ácidos palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0), al igual que un elevado porcentaje de ácidos grasos mono y poliinsaturados

(aproximadamente 60%), la mayoría de éstos de más de 20 átomos de carbono, resaltando los ácidos araquidónico (C20:5 Omega 6) y docosahexaenoico (C22:6 Omega 3).

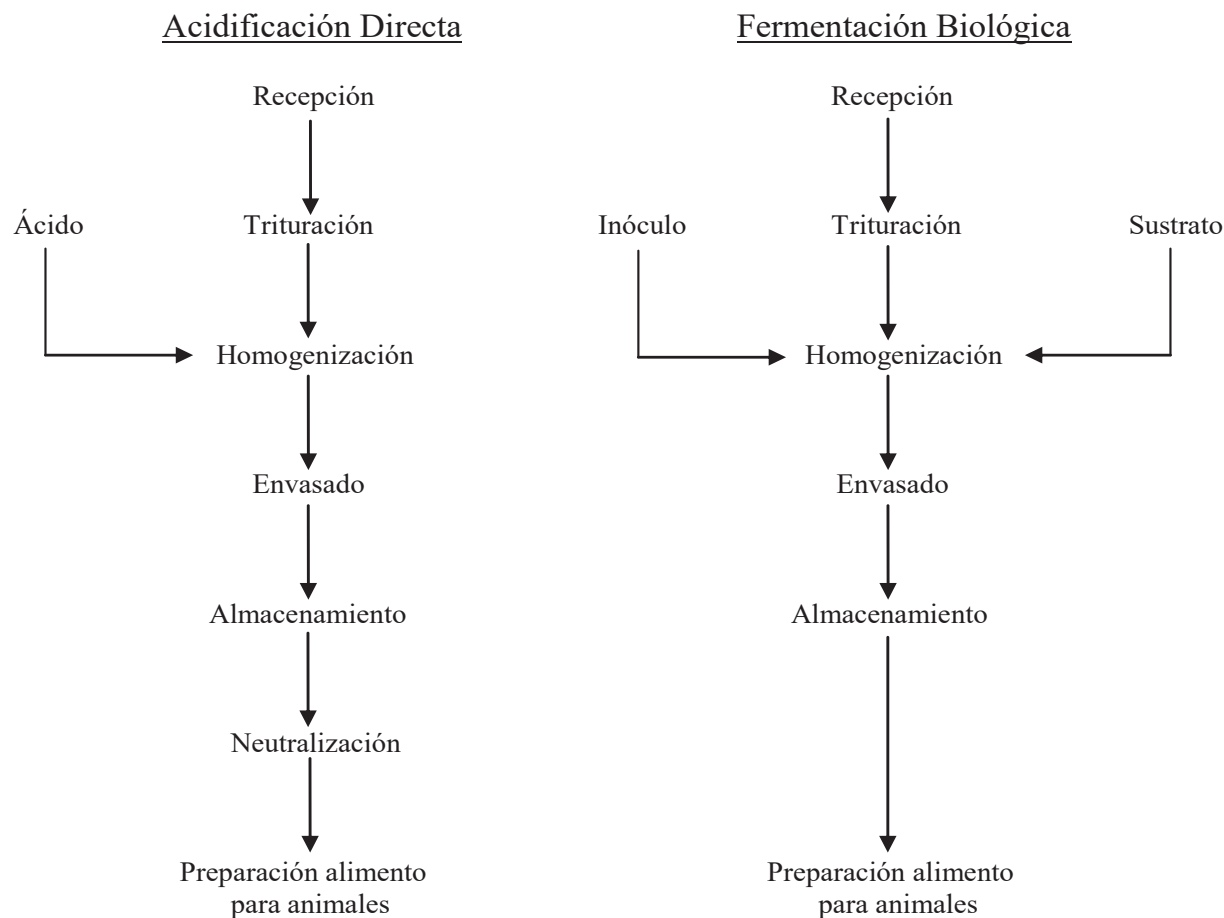


Figura 3. Proceso de acidificación directa y de fermentación biológica en la producción de ensilado de pescado (Bello *et al.*, 1992)

Como se ha descrito anteriormente, el proceso de elaboración del ensilado de pescado, elaborado tanto por acidificación directa como por el método biológico, requieren procesos y etapas similares. Así mismo, Toledo y Llanes (2006), mencionan que los ensilados de pescado elaborados por vías bioquímica y biológica presentan características químicas semejantes. Sin embargo, la utilización de dichos ensilados en diversos países, se ha llevado a cabo por las grandes diferencias en los costos de producción, debido a la gran amplitud de valores encontrados en los precios de los insumos como son: sustratos, inóculos, ácidos, mano de obra directa y servicios (Parín y Zugarramurdi, 2005).

Al respecto, existen trabajos de preservación de materias proteínicas usando el método por acidificación directa desde 1920 (Finlandia). Posteriormente se ha producido ensilado de pescado por el método químico en países como Dinamarca, Finlandia, Polonia, México y algunos países de América Latina para alimentar a cerdos, aves, animales pelíferos y pilíferos, y en acuicultura (Poulter y Disney, 1982; Jörgensen y Szymeczko, 1992; Bertullo, 1989). En dichos estudios, se ha optado por la utilización de ácido fórmico, por su disponibilidad y precio accesible, además de la conservación del ensilado sin descenso excesivo en el pH, lo que a su vez, evita la etapa de neutralización del producto antes de su empleo en la alimentación animal, además de que el proceso de elaboración tarda 2 días a 25°C y entre 5 a 10 días a 15°C (Tatterson y Windsor, 1974; Windsor y Barlow, 1984; Córdova y Bello, 1986; Barral *et al*, 1989). Esto le confiere una gran aplicación en climas cálidos, ya que el ensilado de pescado elaborado por el método biológico tarda aproximadamente 30 días a una temperatura de 15 a 20°C para su estabilización del producto (Toledo y Llanes, 2006).

Así mismo, el ensilado biológico requiere fuentes de carbohidratos tales como harinas de maíz, harina de avena, cebada, malteada, arroz, yuca, azúcar, melaza, entre otros; y distintos organismos productores de ácido láctico (*Lactobacillus plantarum*, *Hansenula Montevideo*), bacterias lácticas del yogur y fermentos biológicos preparados con variedades de frutas y hortalizas como repollo, papaya, banana, piña, camote, yuca, y algunos otros (Bello *et al*, 1992; Bertullo, 1994, Areche *et al*, 1992; Lessi *et al*, 1992). Estos insumos en algunos países incluido México, son de difícil obtención, tanto por el alto costo de los mismos como por su utilización en la alimentación humana.

Ingeniería de la producción

La elaboración de ensilado biológico o químico puede llevarse a cabo tanto a nivel artesanal (barriles de 50 kg) como en escala industrial (una tonelada por día o más) (Poulter y Disney, 1982). No se han encontrado límites técnicos en el tamaño de la planta. El proceso puede ser manual, discontinuo o totalmente automatizado. En el último caso, la adición de ácido es regulada por la cantidad de materia prima transportada por la bomba trituradora dentro del tanque de ensilado (Hardy *et al.*, 1984).

Las instalaciones que se utilizan para la elaboración de ensilado dependen del volumen de producción. Los equipos empleados para la etapa de trituración pueden adaptarse de equipos disponibles localmente como molino picador de coco, picadora de carnes convencional a tornillo con placas perforadas, molino de martillo desintegrador o bomba trituradora (“Mutrator”). Este último equipo sirve como mezclador y es usado cuando se procesan pescados pequeños o sólo vísceras. La molienda del pescado debe realizarse eficientemente tanto para el proceso biológico como para el químico. El tamaño de partícula no debe ser mayor de 10 mm de diámetro. A su vez, se recomienda cortar el pescado de manera tal que las superficies interiores queden expuestas al medio ácido preservante y por lo tanto, elegir una cortadora que corte el pescado en segmentos transversales, manejada por un motor o manualmente. Para lograr este requerimiento, el equipo a utilizar para la trituración podrá ser de características muy distintas, según se trate de desmenuzar pequeños pelágicos o cabezas de gran tamaño y fuerte estructura ósea (Raa y Gildberg, 1982).

El mezclado del pescado molido con el inóculo y el substrato puede ser hecho en un tanque de concreto en el caso del biológico. El tanque de producción puede ser de cualquier tamaño y forma pero resistente al ácido en el caso químico; los contenedores de acero usados para elaborar o transportar el ensilado requieren de un revestimiento de polietileno para prevenir la corrosión. Para manejar grandes cantidades son adecuados los tanques de cemento revestidos. Es necesario que la mezcla se agite regularmente para asegurar uniformidad hasta su completa homogeneización. Los pescados grasos y el pescado fresco se licuan más rápidamente que los desperdicios. Dependiendo de la velocidad de producción deseada y de la temperatura ambiente, la planta puede estar provista de medios calefactores (Windsor y Barlow, 1984).

La acidez de la mezcla debe ser de pH 4.0 o más bajo para prevenir la acción bacteriana. El pH en el ensilado debe ser continuamente controlado, siendo suficiente la utilización de tiras de papel medidor de pH, si éste está debajo del punto crítico. Después de la preparación del ensilado, continúa una etapa de extracción de aceite, que no es necesaria si la materia prima está compuesta de pescado magro, con un contenido en aceite menor del

2% en peso húmedo. En la extracción de aceite para pequeña escala sería satisfactoria con una autosedimentación y decantación manual del aceite que flota. La inversión en equipos para extraer el aceite sólo puede ser viable económicamente a pesar de las altas inversiones, si el grado de autólisis es alto. De no ser así, una alta proporción de aceite será retenido en la fase de lodos y el rendimiento de los solubles sin aceite será bajo (Gildberg, 1993).

Si se requiere un producto seco, no es posible el uso de un equipo convencional de secado de harina de pescado, dado que el ensilado es un material líquido en el cual toda la proteína intacta ha sido hidrolizada a fragmentos solubles y aminoácidos libres. No hay sólidos presentes para hacer una torta de prensa, en consecuencia la remoción de agua puede ser llevada a cabo sólo por evaporación. El ensilado puede ser secado en un secador de tambor y usado en las dietas para pescados pero este equipo no parece ser económico. También puede ser secado por agregado de un pequeño porcentaje de otros ingredientes secos y por co-secado de la mezcla en un equipo convencional de secado de harina de pescado. Esta práctica previene la espuma y facilita el secado por proveer de partículas con las cuales el ensilado puede ser absorbido. Además, el secado conjunto crea la posibilidad de formular el valor nutricional y económico de los productos secos por variación de la combinación y proporción de los ingredientes con los cuales el ensilado es secado (Jørgensen y Szymeczko, 1992).

Procesos de acidificación y de hidrólisis

De acuerdo a los resultados de los estudios realizados del proceso del ensilado, pareciera que dicho proceso se puede dividir en dos fenómenos o fases distintas, pero que se complementan: una correspondiente a la hidrólisis o licuefacción, la cual está gobernada por las enzimas proteolíticas, y la otra correspondiente a la acidificación y reducción del pH, la cual está gobernada por la acción de los microorganismos ácido-lácticos. Es posible acelerar uno de los dos fenómenos, sin alterar drásticamente el otro (Bello, 1997).

Estudiando el proceso de elaboración del ensilado y su comportamiento durante el almacenamiento a temperatura ambiente durante 150 días, a través de índices físico-químicos y microbiológicos, Van Wik y Heyderich (1985) observaron que durante los

primeros 5 días hay una disminución drástica del pH, de valores de 6.0 hasta aproximadamente 4.0. Este valor se mantiene estable por todo el período de almacenamiento y refleja la fase o fenómeno de acidificación por parte de los microorganismos.

El pH es uno de los índices de mayor importancia que debe ser controlado durante todo el proceso y almacenamiento del ensilado biológico o químico de pescado, ya que refleja el desarrollo del proceso, la calidad del ensilado y manifiesta cualquier cambio que pueda afectar el producto. En cuanto a la fase de hidrólisis o licuefacción del ensilado, puede medirse o evaluarse a través del nitrógeno no-proteico, el líquido exudado o la consistencia. Estas determinaciones muestran un aumento de la hidrólisis proteica progresiva y rápida al inicio del proceso, haciéndose más lenta posteriormente hasta los 60 días. Aunque ambos fenómenos parecieran estar separados o ser independientes, presentan una relación estrecha. A medida que la hidrólisis proteica progresa, se producen compuestos nitrogenados, como péptidos, aminoácidos, aminoras, amonio y otros compuestos de bajo peso molecular, los cuales perturban la capacidad amortiguadora del producto, incrementándose los valores de pH, lo cual conduce a que las bacterias ácido-lácticas comiencen a producir ácido y reducir nuevamente el pH a su valor inicial (Lindgren y Pleaje, 1983).

La frescura inicial del pescado juega un papel importante en la velocidad de reducción del pH inicial. Esto se debe a que se establece un mecanismo de competencia entre las bacterias lácticas y los microorganismos descomponedores. A mayor carga microbiana inicial de organismos que participan en el deterioro del pescado fresco, mayor será la cantidad de bacterias lácticas que se deben inocular para asegurar un proceso adecuado. Igualmente cuando se utilizan las vísceras del pescado en la elaboración del ensilado, se está favoreciendo el fenómeno de hidrólisis, por la presencia de mayor cantidad de enzimas contenidas en las vísceras, pero paralelamente se está añadiendo una fuerte carga de microorganismos que es necesario inhibir rápidamente. En consecuencia, es recomendable la utilización de pescados frescos y con vísceras para favorecer la velocidad del proceso de ensilado (Oetterer *et al.*, 1994).

Utilización del ensilado de pescado en la alimentación animal

El ensilado de residuos de pescadería ha sido utilizado exitosamente como suplemento proteico en dietas para rumiantes y no rumiantes en zonas donde hay poca disponibilidad de fuentes proteicas (Lindgren, 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 bovinos de carne y lechero así como los ovinos, pueden degradar bien la proteína presente en el pescado ensilado. El ensilado 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).

En un estudio realizado con 30 becerros durante 90 días, alimentados con una dieta complementaria de 2 kg diarios, a base de harina de soya, harina de maíz, sal y minerales suplementada con ensilado biológico de pescado (0, 100, 200 y 300 g como materia seca por día), se observó un incremento en el peso vivo de los animales suplementados con 100 g de ensilado por día. Sin embargo, a pesar de estos resultados se hace necesario ampliar los estudios en rumiantes (Viète y Bello, 1990).

En Latinoamérica, se ha estudiado la utilización de ensilado de pescado como un sustituto alternativo de proteína en la dieta de pollos de engorda y se ha comparado satisfactoriamente con la harina de pescado, (Bello y Fernández, 1995). Mediante pruebas biológicas de aceptabilidad se observó que los pollos prefirieron las dietas con hasta 50% de inclusión del ensilado. Además, los pollos alimentados con ensilado de pescado registraron mayores aumentos en peso. Se encontró que un nivel de inclusión de 5-20% de ensilado de pescado en dietas de pollos de engorda puede dar resultados similares a los obtenidos con la harina de pescado (Bello *et al.*, 1992).

Kjos (2001) estudió el efecto de la inclusión de ensilado de pescado en la dieta sobre el desempeño y la calidad de la carne de pollos de engorda, encontrando que dicha inclusión puede ser llevada hasta niveles correspondientes al 21% de la proteína total, observándose

resultados positivos. En adición señala 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 ensilado de pescado con alto contenido de grasa habrá de aumentar los requerimientos dietéticos de antioxidantes de los pollos de engorda.

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 que al suplementar los corderos con residuos fermentados de tilapia existió un mayor consumo voluntario de materia seca en animales alimentados con heno de gramíneas tropicales nativas que en aquellos alimentados con ensilaje de sorgo ($P < 0.05$), sin embargo dicha diferencia es atribuida a las diferencias en el consumo de forraje.

Con respecto a la digestibilidad aparente de la materia seca y fibra detergente neutro fue similar ($P > 0.05$) para ambos tratamientos evaluados. Sin embargo, la digestibilidad aparente de la proteína bruta fue mayor ($P < 0.05$) en corderos alimentados con ensilaje de sorgo y residuos fermentados de tilapia que con heno de gramíneas tropicales nativas y residuo fermentado. En otro estudio Samuels *et al.* (1991) reportaron una mayor digestibilidad de la materia seca y orgánica en ovinos alimentados con una dieta basal de 50% heno y 50% concentrado (mezcla maíz y soya) que en dietas de ensilaje de pescado y heno (70:30) o ensilaje de camarón y heno (60:40). En cambio la digestibilidad aparente de la proteína bruta fue mayor en dietas suplementados con ensilaje de pescado.

En estudios realizados en cerdos de engorda Ward *et al.*, (1985) ofrecieron el ensilado de pescado a niveles de 0, 10 y 15% en base seca y observaron un incremento en el consumo de alimento y una menor conversión alimenticia en los animales alimentados con 15% de ensilado de pescado en comparación con las otras dietas. No observaron diferencias en el espesor de la capa de grasa dorsal ni en la calidad de la canal atribuible al consumo del ensilado de pescado. Estos autores concluyeron que 10% es el nivel óptimo de inclusión en

dietas para cerdos en engorda. En otros estudios con cerdos, Kjos (2001) estudió la aportación de 9% de la proteína dietética total en forma de ensilado de pescado sin observar efectos negativos sobre el crecimiento corporal, las características de la canal, ni la de la carne.

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

2. HIPÓTESIS

El ensilado ácido de pez diablo es una fuente de proteína y energía que puede ser utilizada en la alimentación de los bovinos y ovinos. El consumo voluntario de alimento, la ganancia de peso y la conversión alimenticia obtenidas con dietas que contienen ensilado ácido de pez diablo son similares a otras fuentes nutricionales utilizadas en la alimentación de rumiantes.

3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la utilización del ensilado ácido de pez diablo (EAPD) como complemento alimenticio en la alimentación de rumiantes (ovinos y bovinos), en términos de consumo voluntario, ganancia de peso y conversión alimenticia.

4. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Elaborar y establecer las características nutritivas del ensilado ácido de pez diablo.
- Determinar el consumo voluntario, ganancia de peso, y la conversión alimenticia de borregos alimentados con ensilado ácido de pez diablo.
- Determinar el consumo voluntario, ganancia de peso, y la conversión alimenticia de bovinos para carne alimentados con ensilado ácido de pez diablo.
- Evaluar las características de olor y sabor de la carne de animales alimentados con ensilado ácido de pez diablo.

5. METODOLOGÍA GENERAL

El presente trabajo de investigación se encuentra dividido en tres experimentos. Para la realización del **experimento I**, el trabajo de campo se realizó en un sistema familiar de producción ovina situado en la localidad de Zicata, municipio de Zitácuaro, Michoacán, el cual se encuentra ubicado al este de la entidad, en las coordenadas 19°26' N y 100°22' O, a una altura de 1,940 msnm. Limita al norte con Tuxpan y Ocampo, al este con el Estado de México, al sur con Juárez y Susupuato, y al oeste con Jungapeo. Su distancia a la capital del Estado es de 150 km. Su clima es templado con lluvias en verano, cuenta con una precipitación pluvial media anual de 813.2 mm y temperaturas que oscilan de 9.3 a 23.0° C (Consulta en línea: <http://www.municipiosmich.gob.mx>).

Se utilizaron 18 borregos criollos, entre ellos 11 machos sin castrar y 7 hembras, con un peso promedio inicial de 21.11 ± 3.99 kg; todos los animales fueron aretados y se les aplicó vía intramuscular una mezcla de vitaminas A.D.E, la bacterina triple bovina (*Clostridium chauvoei*, *Clostridium septicum* y *Pasteurella multocida* tipos A y D), e ivermectina al 1%. Los animales se distribuyeron al azar en tres tratamientos y se alojaron en corrales grupales de 2.4 m² (3 animales por corral; 2 machos y 1 hembra), donde los animales disponían de un comedero de plástico tipo tina, alimento y agua limpia a libre acceso. Como se muestra en el Cuadro 1, los tratamientos consistieron en la inclusión de tres niveles diferentes de ensilado ácido de pez diablo (EAPD) en la dieta: 0%; 7.5% y 15%. El EAPD se elaboró en el Laboratorio de Innovación Pecuaria del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (IIAF-UMSNH). Los animales fueron sometidos a una etapa de adaptación previa a las dietas de 24 días y posteriormente a la etapa de engorda durante un periodo de 40 días adicionales. Las dietas fueron elaboradas diariamente, para ello los ingredientes fueron pesados en una báscula mecánica tipo reloj, con capacidad de 10 kg y sensibilidad de 10 g. El alimento se ofreció *ad libitum*. Para la determinación del consumo de alimento diario de cada grupo, se pesó tanto la cantidad de alimento ofrecida y el sobrante en cada corral. Los

animales se pesaron al inicio del experimento y posteriormente cada 8 días, en una báscula mecánica tipo reloj, con capacidad de 100 kg y una sensibilidad de 100 g., con un ayuno previo de 24 horas. Al final del experimento se determinó el peso en pie (kg) de todos los animales, y se sacrificó un animal por tratamiento para determinar los pesos de la canal caliente (kg); canal fría (kg); patas (kg); cabeza (kg), así como las características organolépticas de la carne (olor y sabor).

Cuadro 5. Dietas experimentales para la engorda de borregos con diferentes niveles de inclusión de ensilado ácido de pez diablo

Ingredientes (%)	T1	T2	T3
Ensilado de pez diablo (base seca)	-	7.5	15.0
Pollinaza	35.0	17.5	-
Maíz molido	40.0	49.5	59.0
Rastrojo molido	25.0	25.0	25.0
Bicarbonato de sodio	-	0.5	1.0

Las dietas fueron elaboradas por sustitución de ingredientes, para ello se utilizaron los insumos más comunes y disponibles en la región, sustituyendo a la pollinaza por EAPD. En el Cuadro 2, se muestra la composición química de las dietas experimentales (base seca) para la engorda de ovinos con diferentes niveles de inclusión de EAPD, (Método de Kjeldahl, realizado por un Laboratorio de Referencia Nacional, FOGASA).

Cuadro 6. Composición química de dietas experimentales para la engorda de borregos con diferentes niveles de inclusión de ensilado ácido de pez diablo

Composición (%)	T1	T2	T3
Proteína	12.84	16.08	15.35
Grasa	2.17	4.64	5.05
Fibra	16.09	12.50	10.03
Cenizas	14.89	7.48	6.88
Elementos libres de nitrógeno.	54.01	59.31	62.69

La información recabada fue procesada mediante técnicas de estadística descriptiva y análisis de varianzas de una sola vía, de acuerdo a los lineamientos delimitados por Steel y Torrie (1985).

El experimento II, fue un estudio del comportamiento productivo de toretes estabulados, durante la etapa de adaptación de una dieta elaborada a partir de ensilado ácido de pez diablo, rastrojo y maíz molido. El experimento se llevó a cabo en Tzintzuntzan, Michoacán, localizado al norte del Estado, en las coordenadas 19°40' de latitud norte y 101°32' de longitud oeste, a una altura de 2,080 MSNM. Cuenta con un clima templado con lluvias en verano, una precipitación anual de 788.6 milímetros cúbicos y temperatura de 4.9 a 25.6° C (www.municipios.gob.mx).

Se utilizaron 15 toretes cruzados (*Bos taurus x Bos indicus*) con los cuales se formaron cuatro grupos de acuerdo a la siguiente clasificación: Grupo 1 (n=4) cuyo peso inicial fue de 124 a 170 kg; Grupo 2 (n=4) con un peso inicial de 176 a 189 kg; Grupo 3 (n=4) con peso inicial de 196 a 265 kg y Grupo 4 (n=3) con peso inicial de 270 a 279 kg. Los toretes fueron alojados en corrales individuales, donde disponían de un comedero lineal de concreto, alimento y agua limpia *ad libitum*. La dieta experimental estuvo constituida de la siguiente manera: 12% de ensilado ácido de pez diablo (EAP); 86% de rastrojo y maíz molido; 2% de minerales (B.S). La preparación de la dieta se realizó diariamente y los ingredientes mezclaron manualmente. Se pesó diariamente la cantidad de alimento ofrecido y el rechazo para determinar el consumo; los animales se pesaron, previo ayuno de 24 horas, al inicio y al final del experimento (15 días), para obtener la ganancia de peso. Con la información recabada se elaboró una base de datos para su análisis estadístico mediante la metodología de modelos mixtos (SAS, 2000). Las diferencias entre grupos se obtuvo a través del método de medias de mínimos cuadrados (LsMeans; SAS, 2000).

El experimento III, metodológicamente fue un estudio para evaluar el comportamiento productivo de bovinos para carne en la etapa de la engorda. El experimento se realizó en un sistema semi-intensivo de producción ubicado en la

localidad de Santa Cruz, municipio de Tzintzuntzan, Michoacán, el cual cuenta con clima templado con lluvias en verano, y una precipitación pluvial media anual de 989.8 mm y temperaturas que oscilan de 7.9 a 23.4°C (Consulta en línea: <http://www.municipiosmich.gob.mx>).

Se utilizaron 18 toretes machos, enteros, cruzados (*Bos taurus x Bos indicus*), con un peso promedio inicial de 278.9 ± 51.2 kg y una edad promedio de 18 meses. Los animales fueron aretados y se les aplicó por vía intramuscular una mezcla de vitaminas A, D y E, bacterina toxoide polivalente (*Clostridium chauvoei*, *septicum*, *novyi*, *sordellii*, *perfringens* tipo C y D, *Pasteurella multocida* tipo A y D, *Mannheimia haemolytica* e *Histophilus somni* y *Pasteurella multocida* tipos A y D), e ivermectina al 1%. Los animales se distribuyeron aleatoriamente en tres tratamientos y se alojaron en corrales individuales de 4.8 m², donde dispusieron de un comedero lineal de concreto, alimento y agua limpia a libre acceso. Los tratamientos consistieron en la inclusión de tres niveles distintos de EAPD en la dieta (0%; 12% y 18%) como se observa en el Cuadro 3. Los toretes fueron sometidos a un periodo de adaptación a las dietas de 15 días y posteriormente a la etapa de engorda durante 60 días.

Durante el experimento el alimento se ofreció *ad libitum*, y el consumo de alimento individual se valoró diariamente por diferencia entre lo ofrecido y el sobrante de cada corral, Así mismo, para la determinación del consumo voluntario de materia seca (CVMS) se pesaron muestras de 100 g del alimento sobrante de cada comedero y posteriormente las muestras se deshidrataron utilizando la metodología “Ondas de Radiofrecuencia” o también llamada “Secado de Forrajes con Microondas” (Raymond y Harris, 1954).

Para lo cual se utilizó un microondas de cocina de medidas internas de 294 x 189 x 306 mm, con una potencia de 1200+/-50 W y una frecuencia de microondas de 2450 MHz y con una capacidad de 19 litros y cinco niveles de potencia. Las potencias y capacidades son las normales que se encuentran en los microondas convencionales de uso familiar o comercial. El método consistió en depositar las muestras (100 g) en

charolas térmicas de 16.5 x 21.6 cm, posteriormente fueron colocadas dentro del microondas por un período de 5 minutos, junto con un vaso de 150 ml de agua fría aproximadamente, con la finalidad de evitar la incineración de la muestra y proteger el equipo, consecutivamente se registro su peso al término de este período, para nuevamente ser colocadas dentro del horno por lapsos de 2 minutos, registrando el peso hasta que este se mantuvo constante.

Para la determinación de la ganancia de peso, los animales se pesaron al inicio del experimento y posteriormente cada 30 días, con un ayuno previo de 24 horas. Al final del experimento se determinó el peso en pie (kg) y se sacrificaron todos los animales para obtener el rendimiento de la canal, así como las características organolépticas de la carne (olor y sabor).

Cuadro 7. Dietas experimentales para la alimentación de bovinos para carne con diferentes niveles de inclusión de ensilado ácido de pez diablo

Ingredientes (%)	T1	T2	T3
Ensilado de pez diablo (base seca)	-	12	18
Canola	21	7	-
Maíz molido	38.8	26	19.5
Rastrojo molido	38.3	54	61.5
Magnofoscal	1	1	1
Roca Fosfórica	0.9	-	-

*Dietas isoproteicas e isoenergéticas.

En el Cuadro 4, se muestra los nutrimentos aportados por las dietas experimentales (base seca) con diferentes niveles de inclusión de ensilado ácido de pez diablo (0%, 12% y 18%) para la engorda de bovinos para carne, así como los requerimientos nutricionales de los animales sometidos al experimento.

Cuadro 8. Aportes nutricionales de las dietas experimentales y requerimientos de bovinos para carne

Composición (%)	T1	T2	T3	Nutrientes Requeridos
Proteína	14.60	14.60	14.60	14.2
Energía metabolizable	2.60	2.60	2.60	2.67
Calcio	0.46	0.67	0.90	0.47
Fósforo	0.39	0.55	0.58	0.24
Relación Ca:P	1.17:1	1.21:1	1.54:1	1:1; 1:2; 2:1
Fibra	13.21	17.91	19.47	12-15*

*Porcentaje mínimo requerido de fibra.

La información recabada fue procesada mediante técnicas de estadística descriptiva y análisis de varianzas de una sola vía, de acuerdo a los lineamientos delimitados por Steel y Torrie (1985) para el modelo lineal general:

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

Donde:

Y_{ij} representa el valor observado de una de las variables.

μ , representa el efecto común general a todas las observaciones.

T_i , representa el efecto del tratamiento (1,2,3)

ϵ_{ij} , representa el efecto aleatorio asociado a cada observación.

La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey (SAS, 2002).

6. RESULTADOS

Composición química del ensilado ácido de pez diablo

La composición química del EAPD utilizado en los experimentos con ovinos y bovinos para carne (Cuadro 5), coincide en gran parte con los valores publicados previamente para ensilados elaborados por el método químico.

Cuadro 5. Composición química del ensilado ácido de pez diablo utilizado en los ensayos con ovinos y bovinos para carne

Composición (%)	Base Húmeda	Base Seca
Proteína	14.48	50.18
Proteína digestible		41.79
Grasa	6.29	21.80
Fibra	0.03	0.10
Cenizas	6.73	23.34
Humedad	71.14	
M. Seca		28.86
Elementos libres de nitrógeno	1.32	4.58
Fibra detergente ácido	2.12	7.34
Fibra detergente neutro	0.88	3.06
Energía digestible		3.64
Energía bruta (cal/g)		4058.39
Energía metabolizable		2.98
Total de nutrientes digestibles		82.70

Método de Kjeldahl y Van Soest, realizado por un Laboratorio de Referencia Nacional (FOGASA).

El EAPD elaborado a partir de pescado fresco presentó parámetros normales de los componentes nutricionales de ensilados preparados por el método químico, obtenidos a partir de pescado completo, reportados por Tacon, 1987; Córdova y Bello, 1990; Rodríguez, *et al.*, 1990; Wicki, *et al.*, 2006 y Reyes, 2010). Donde dichos autores mencionan en promedio la siguiente composición proximal: 75.5 a 77.2% de humedad, 16.7 a 17.4% de proteínas; 1.3 a 2.2% de grasa y 4.7 a 4.8 % de cenizas, no obstante, cabe mencionar que dichos autores no hacen referencia al análisis de energía bruta ni al porcentaje de proteína digestible, con lo cual se puede inferir que el EAPD contiene propiedades químicas que le confieren un gran potencial como complemento nutricional en la alimentación animal, lo cual concuerda con Balsinde *et al.* (2004).

EXPERIMENTO I:

UTILIZACIÓN DEL ENSILADO ÁCIDO DE PEZ DIABLO (*Pterygoplichthys spp*) EN LA ALIMENTACIÓN DE OVINOS*

Ornelas, S. Bermúdez¹; Gutiérrez, E. Vázquez¹; Juárez A. Caratachea¹; Garcidueñas, R. Piña²; Espinoza, J.L. Villavicencio³; Salas G. Razo¹

¹*Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales,*

²*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; ^(1, 2) Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*

³*Universidad Autónoma de Baja California Sur*

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la utilización del ensilado ácido de pez diablo (EAPD) en la engorda de ovinos alimentados con diferentes niveles de inclusión (0, 7.5 y 15%). Se utilizaron 18 borregos criollos, con peso promedio de 21.11±3.99 kg; distribuidos al azar en tres tratamientos y alojados en corrales grupales con alimento y agua *ad libitum*. Se encontró diferencias significativas (P<0.05) en el consumo de alimento con valores de 1.37±0.06; 1.39±0.11; 1.02±0.10 kg/día, sin embargo, en la ganancia de peso no se observaron diferencias significativas (P>0.05) entre los tratamientos con valores de 97±10; 143±16 y 109±08 g/día para 0, 7.5 y 15% de EAPD respectivamente. En el mismo orden los valores para conversión alimenticia y rendimiento de la canal fueron: 14.12, 9.72 y 9.35 kg MS/kg de ganancia de peso; 45.94, 50.66 y 45.58%. Se concluye que el ensilado ácido de pez diablo representa una alternativa en la engorda de ovinos para carne como complemento proteico, y que este puede ser comparable con otras fuentes proteicas tradicionales.

Palabras clave: complemento proteico, ensilado de pescado, rumiantes.

* Artículo enviado a la XXI REUNION INTERNACIONAL SOBRE PRODUCCION DE CARNE Y LECHE EN CLIMAS CALIDOS

Use of silage acid “devil fish” (*Pterygoplichthys spp*) in the diet of ovine

ABSTRACT

With the objective to evaluate the utilization of the silage acid devil fish in the productive behavior of grows fat fed with different silage acid devil fish inclusion levels in three different diets (0, 7.5 and 15%). 18 creoles lambs were utilized, with weight average of 21.11 ± 3.99 kg; applied way intramuscular a mixture of vitamins A.D.E, bacterina bovine triple and ivermectin to the 1%. They were distributed at random in three treatments and they were lodged in group corrals, where they had food and clean water to free access. The animals were submitted to a phase of prior adaptation to the diets of 24 days and subsequently to the phase of grows fat during a period of 40 additional days. With the statistical analysis of the data obtained was found you differentiate significant ($P < 0.05$) in the consumption of food with values of 1.37 ± 0.06 ; 1.39 ± 0.11 ; 1.02 ± 0.10 kg/day for 0, 7.5 and 15% of the silage acid devil fish, nevertheless, in the profit of weight they were not observed differentiate significant ($P > 0.05$) among the processing with values of 97 ± 10 ; 143 ± 16 and 109 ± 08 g/day (0, 7.5 and 15%). In the same order the values for alimentary conversion and performance of the channel they were: 14.12, 9.72 and 9.35 kg MS/kg of profit of weight; 45.94, 50.66 and 45.58%. It is concluded that the silage acid devil fish represents an alternative in it grows fat of ovine for meat as protean complement, and that this can be comparable with other traditional protean sources.

Keywords: protean complement, fish silage, ruminant.

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores más limitantes en la crianza de rumiantes es la provisión de proteínas, debido a la limitada disponibilidad de fuentes de calidad y el alto costo de los insumos tradicionales (harina de soya y de pescado). Por lo cual, la búsqueda de fuentes de proteína de calidad entre productos y subproductos no aptos para el consumo humano se hace necesaria (Berenz *et al.*, 1997). En Michoacán, México, el “pez diablo” (*Pterygoplichthys spp*), también conocido como pez armado o pleco, desde su introducción en los cuerpos de agua del estado, se ha expandido alarmantemente en unos cuantos años. En el año 2005 estos peces hicieron su aparición en la presa “El Infiernillo” convirtiéndose en un problema de invasión de hábitats, son considerados como pesca no deseada al no poseer ningún valor comercial, lo cual ha ocasionado problemas de insalubridad y/o contaminación al ser desechados directamente al ambiente (Martínez *et al.*, 2006). Una tecnología que permite su aprovechamiento es el ensilado ácido para la alimentación animal, el cual se desarrolló y utilizó con buenos resultados en países como: Suecia, Dinamarca, Cuba y Venezuela, (Copes *et al.*, 2006). Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue determinar la utilización del ensilado ácido de pez diablo en la alimentación de ovinos como complemento proteico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en un sistema familiar de producción ovina situado en la localidad de Zicata, municipio de Zitácuaro, Michoacán, ubicado en las coordenadas 19°26' N y 100°22' O, a una altura de 1,940 MSNM. Cuenta con un clima templado con lluvias en verano, precipitación pluvial media anual de 813.2 mm y temperaturas que oscilan de 9.3 a 23.0° C (Consulta en línea: <http://www.municipiosmich.gob.mx>).

Se utilizaron 18 borregos criollos (11 machos sin castrar y 7 hembras), con peso promedio de 21.11±3.99 kg; se aplicó vía intramuscular una mezcla de vitaminas A, D y E, la bacteria triple bovina (*Clostridium chauvoei*, *Clostridium septicum* y *Pasteurella multocida* tipos A y D), e ivermectina al 1%. Se distribuyeron al azar en tres tratamientos y se alojaron en corrales grupales de 2.4 m² (3 animales por corral; 2 machos y 1 hembra),

donde disponían de un comedero de plástico tipo tina, alimento y agua limpia a libre acceso. Como se muestra en la Tabla 1, los tratamientos consistieron en la inclusión de tres niveles diferentes de ensilado ácido de pez diablo (EAPD) en la dieta. Los animales fueron sometidos a una etapa de adaptación previa a las dietas de 24 días y posteriormente a la etapa de engorda durante un periodo de 40 días adicionales. Para la determinación del consumo de alimento diario de cada grupo, se pesó tanto la cantidad de alimento ofrecida y el sobrante de cada corral. Los animales se pesaron al inicio del experimento y posteriormente cada 8 días, con un ayuno previo de 24 horas.

Tabla 1. Dietas experimentales para la engorda de borregos con diferentes niveles de inclusión de ensilado ácido de pez diablo

Ingredientes (%)	T1	T2	T3
Ensilado de pez diablo (base seca)	-	7.5	15.0
Pollinaza	35.0	17.5	-
Maíz molido	40.0	49.5	59.0
Rastrojo molido	25.0	25.0	25.0
Bicarbonato de sodio	-	0.5	1.0

Con la información recabada se elaboró una base de datos para su análisis estadístico mediante técnicas de estadística descriptiva y análisis de varianzas de una sola vía, de acuerdo a los lineamientos delimitados por Steel y Torrie (1985). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico de los datos obtenidos en el experimento con ovinos, muestra diferencias significativas ($P < 0.05$) sobre el consumo de alimento (Tabla 2), sin embargo, en la ganancia de peso no existieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos con diferentes niveles de inclusión (0%; 7.5% y 15%) de EAPD.

Tabla 2. Valores medios para consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia de ovinos alimentados con dietas con diferentes niveles de ensilado ácido de pez diablo

VARIABLE	T1	T2	T3
N° de Animales	6	6	6
Peso Vivo Inicial (kg)	21.33±3.50	21.66±5.00	20.33±3.98
Peso Vivo Final (kg)	27.50±4.76 ^a	30.83±7.16 ^a	27.33±3.88 ^a
Ganancia Diaria (g)	97±10 ^a	143±16 ^a	109±08 ^a
Consumo de Alimento (kg)	1.37±0.06 ^a	1.39±0.11 ^a	1.02±0.10 ^b
Conversión Alimenticia	14.12	9.72	9.35
Costo kg de Alimento (pesos)	3.06	2.68	2.39
Rendimiento en Canal (%)	45.94	50.66	45.58

^{ab}Literales diferentes en la misma línea indican diferencias significativas (P<0.05)

Como se puede observar en la Tabla 2, el consumo de alimento durante el experimento fue menor en los animales sometidos a la dieta con 15% de EAPD (**T3**). Sin embargo, aunque los animales mostraron una disminución en el consumo, este no afectó la ganancia de peso, al respecto existe poca información sobre el consumo de alimento y comportamiento productivo de ovinos alimentados con ensilado ácido de pescado, no obstante los resultados obtenidos en el presente estudio pueden ser comparados con otros estudios donde fueron utilizados ensilados biológicos, harina y aceite pescado.

En lo que respecta al consumo de alimento León (2003) en un estudio realizado con corderos, determinó que la suplementación con residuos fermentados de pescadería, incentivó el consumo de alimento. Lo cual no concuerda con los datos obtenidos en el presente estudio, no obstante dicho autor hace referencia a ensilado de pescado elaborado por el método biológico, el cual consiste en la adición de melaza como fuente de carbohidratos para acelerar el proceso fermentativo, y por tanto se puede inferir que la adición de dicho sustrato incentivó el aumento en el consumo. Así mismo, Toral *et al.* (2009) en un estudio realizado con ovejas suplementadas con 1% de aceite de pescado, encontraron una disminución en el consumo de alimento, y en estudios anteriores Shingfield *et al.* (2005) mencionan que existe un efecto negativo del aceite de pescado sobre la ingestión de alimento en ovinos; y Hussein y Jordan (1991), reportan que la inclusión de harina de pescado disminuye el consumo de alimento, lo que permite establecer que la disminución en el consumo del tratamiento con 15% de EAPD podría

estar relacionado con lo que estos autores mencionan. Sin embargo, a pesar de esta disminución en la ingesta de alimento no existe detrimento en la ganancia de peso de los animales, lo cual indica que la utilización del EAPD incluido en raciones para ovinos, da lugar a resultados similares a los obtenidos cuando se utiliza pollinaza como fuente de proteína.

CONCLUSIONES

- El ensilado ácido de pez diablo representa una alternativa en la alimentación de los ovinos para carne como complemento proteico.
- El ensilado ácido de pez diablo incluido en 7.5 o 15% en la dieta para ovinos de engorda puede sustituir a la pollinaza o a otras fuentes tradicionales de alimentación para el ganado ovino, sin afectar la respuesta productiva de los animales.
- La salud de los animales no se vio afectada, ya que los niveles del ensilado ácido de pez diablo en las dietas no causo ningún problema de índole fisiológico en los animales sometidos al experimento.

AGRADECIMIENTOS

- Fundación Produce de Guerrero AC.
- Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Michoacán, (COECyT).
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).
- Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el apoyo económico brindado.
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-UMSNH.
- Productor cooperante: Sr. Malaquías García, por las facilidades para la realización del trabajo.

BIBLIOGRAFIA

Berenz, Z., Vilda, F., y Sánchez, Y.M. 1997. Utilización del ensilado de residuos de pescado en pollos. Cap 2.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. pp 15-27.

Copes, J., Pellicer, K., Del Hoyo, G. y García, R.N. 2006. Producción de ensilado de pescado en baja escala para uso de emprendimientos artesanales. Cátedra de Tecnología y Sanidad de los Alimentos. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata. CC 296, (B1900AVW) La Plata. Argentina. Revista Analecta Veterinaria.

Hussein, H.S. and Jordan, M. 1991. Fish meal as a protein supplement in finishing lamb diets. University of Minnesota, St. Paul 55108. J. Anim. p 69:2115-2122.

León, A.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. p.63.

Martínez, P.C.A., Toledo, C.M., Campos, M.A., Fonseca, M.J., Ríos, D.M.G., Rueda, R., Díaz, P.E., Viana, T., Racotta, I., Palacios, E., Shimada, A., Pacheco, R., Sotelo, A., Arreguín, F., Gasca, E., Rodríguez de Souza, M. y Ross, L.G. 2006. Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento e industrialización del pez diablo en la Región del Bajo Balsas. Carteles. (2do. Congreso IDEAR para el Futuro de Michoacán).

Michoacán y sus municipios. 2010. Zitácuaro, Michoacán. Características fisiográficas. Consulta: 15 de Diciembre de 2010. Disponible en: <http://www.municipios.gob.mx>.

Shingfield, K., Bauman, D. y Taylor, S.L. 2005. Advances in Food and Nutrition Research. Vol. 50. (Ed.) Elsevier Academic Press (USA). pp. 179-217.

Steel, R. y Torrie, J. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos. 2nd ed. Mac Graw Gill, Nueva York.

Toral, P.G., Gómez, C.P., Frutos, P., De la Fuente, M.A., Juárez, M. y Hervás, G. 2009. Efecto de la suplementación de la dieta con aceites de girasol y pescado sobre el rendimiento productivo de los animales y el perfil de ácidos grasos de la leche de ovejas. XIII Jornadas sobre Producción Animal, Tomo I, 283-285. Instituto de Ganadería de Montaña. Instituto del Frío. Madrid, España.

EXPERIMENTO II:

EFECTO DEL ENSILADO ÁCIDO DE PEZ DIABLO (*Pterygoplichthys spp*) COMO COMPLEMENTO PROTEICO EN LA DIETA DE BOVINOS PARA CARNE DURANTE LA ETAPA DE ADAPTACIÓN[†]

Ornelas, S Bermúdez¹; Gutiérrez, E Vázquez¹; Juárez A Caratachea¹; Garcidueñas, R Piña²; Espinoza, J.L Villavicencio³; Perea, M Peña¹; Salas G Razo¹

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

³Universidad Autónoma de Baja California Sur

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el consumo de alimento y la ganancia de peso de toretes estabulados, durante la etapa de adaptación de una dieta elaborada a partir de ensilado ácido de pez diablo (EAPD), maíz y rastrojo. Se utilizaron 15 toretes cruzados (*Bos taurus x Bos indicus*) alojados en corrales individuales con alimento y agua *ad libitum*. Se conformaron cuatro grupos: G1 (n=4) de 124 a 170 kg; G2 (n=4) de 176 a 189 kg; G3 (n=4) de 196 a 265 kg y G4 (n=3) de 270 a 279 kg. La dieta consistió en 12% (EAPD); 86% de rastrojo y maíz molido; 2% de minerales (B.S.) El consumo estuvo correlacionado ($P<0.001$) con el peso inicial ($r=46.3\%$), con la ganancia de peso ($r=42.0\%$) y el peso final ($r=47.1\%$). Los toretes con pesos de 196 a 265 kg y de 270 a 279 kg obtuvieron la mayor ganancia de peso durante el período evaluado ($P<0.05$). Se concluye que el ensilado ácido de pez diablo representa una alternativa en la alimentación de los bovinos para carne como complemento proteico.

Palabras clave: ensilado de pescado, bovinos de engorda, complemento proteico.

*Artículo aceptado y publicado en las memorias de la XX REUNION INTERNACIONAL SOBRE PRODUCCIÓN DE CARNE Y LECHE EN CLIMAS CALIDOS.

**EFFECT OF ACID SILAGE OF “DEVIL FISH” (*Pterygoplichthys spp*) AS
COMPLEMENT PROTEIC IN THE BEEF CATTLE DIET DURING THE
ADAPTATION PHASE**

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the consumption of food and the young bulls weight profit, during the phase of adaptation of an elaborate diet from silage acid devil fish (SADF), corn and stubble. 15 young bulls crusaders were utilized (*Bos taurus x Bos indicus*) lodged in individual corrals with food and water *ad libitum*. They four groups conformed: G1 (n=4) 124-170 kg; G2 (n=4) 176-189 kg; G3 (n=4) 196-265 kg and G4 (n=3) 270-279 kg. The diet consisted of 12% (SADF); 86% of stubble and shattered corn; 2% of minerals (Dry matter). The consumption was correlated ($P<0,001$) with the initial weight ($r=46.3\%$), with the profit of weight ($r=42.0\%$) and the final weight ($r=47.1\%$). The young bulls with pesos from 196 to 265 kg and from 270 to 279 kg they obtained the greater profit of weight during the period evaluated ($P<0.05$). It is concluded that the silage acid devil fish represents an alternative in the diet of the bovine for meat as protean complement.

Keywords: fish silage, fattening bovine, protean complement.

INTRODUCCIÓN

En Michoacán, México el “Pez Diablo” (*Pterygoplichthys spp*), también conocido como armado, desde su introducción en los cuerpos de agua del estado, se ha expandido alarmantemente en unos cuantos años (Mendoza *et al.*, 2007). En el año 2005 estos peces hicieron su aparición en la presa “El Infiernillo” convirtiéndose en un problema de invasión de hábitats, así mismo ha ocasionado graves problemas de salud pública al ser capturado y desechado directamente al ambiente, (Martínez *et al.*, 2006). Una tecnología que permite su aprovechamiento es el ensilado ácido para la alimentación animal, el cual se desarrolló y utilizó con buenos resultados en países como: Suecia, Dinamarca, Cuba y Venezuela, (Copes *et al.*, 2006). Dicho ensilado se define como un producto líquido-pastoso elaborado a partir de pescado entero o residuos en un medio ácido (Toledo y Llanes, 2006).

El valor nutricional del ensilado ácido de pez diablo, en especial su elevado contenido de proteína cruda (50.18 % en base seca), le confiere un gran potencial para la alimentación de rumiantes. Además, su uso contribuiría significativamente a solucionar los problemas de salud pública que ha ocasionado al ser desechado directamente al ambiente, y reduciría los costos de producción, que en sistemas intensivos pueden representar cerca del 80%. Por tal motivo el objetivo del presente estudio fue evaluar el consumo de alimento y la ganancia de peso de toretes estabulados, durante la etapa de adaptación de una dieta elaborada a partir de ensilado ácido de pez diablo, maíz y rastrojo.

MATERIAL Y MÉTODO

El experimento se llevó a cabo en Tzintzuntzan Michoacán, localizado al norte del Estado, en las coordenadas 19°40' de latitud norte y 101°32' de longitud oeste, a una altura de 2,080 MSNM. Cuenta con un clima templado con lluvias en verano, una precipitación anual de 788.6 milímetros cúbicos y temperatura de 4.9 a 25.6° C (www.municipios.gob.mx). Se utilizaron 15 toretes cruzados (*Bos taurus x Bos indicus*) con los cuales se formaron cuatro grupos de acuerdo a la siguiente clasificación: Grupo 1 (n=4) cuyo peso inicial fue de 124 a 170 kg; Grupo 2 (n=4) con un peso inicial de 176 a 189 kg; Grupo 3 (n=4) con peso inicial de 196 a 265 kg y Grupo 4 (n=3) con peso inicial de

270 a 279 kg. Los toretes fueron alojados en corrales individuales, donde disponían de un comedero lineal de concreto, alimento y agua limpia *ad libitum*. El ensilado ácido de pez diablo se elaboró en el Laboratorio de Innovación Pecuaria del IIAF-UMSNH. La dieta experimental estuvo constituida de la siguiente manera: 12% de ensilado ácido de pez diablo (EAPD); 86% de rastrojo y maíz molido; 2% de minerales (base seca). La preparación de la dieta se realizó diariamente y los ingredientes mezclaron manualmente. Se pesó diariamente la cantidad de alimento ofrecido y el rechazo para determinar el consumo; los animales se pesaron, previo ayuno de 24 h, al inicio y al final del experimento (15 días), para obtener la ganancia de peso. Con la información recabada se elaboró una base de datos para su análisis estadístico mediante la metodología de modelos mixtos (SAS, 2000). Las diferencias entre grupos se obtuvo a través del método de medias de mínimos cuadrados (LsMeans; SAS, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que el consumo estuvo correlacionado ($P < 0.001$) con el peso inicial ($r = 46.3\%$), con la ganancia de peso ($r = 42.0\%$) y el peso final ($r = 47.1\%$). Así como también el efecto del grupo se correlacionó ($P < 0.001$) con el consumo ($r = 48.8\%$), la ganancia de peso ($r = 74.2\%$) y el peso final ($r = 93.3\%$). Al respecto no existe información sobre el consumo y efecto de dietas complementadas con (EAPD), sin embargo los toretes con un peso inicial de 196 a 265 kg y 270 a 279 kg mostraron un consumo voluntario de materia seca (CVMS) mayor a lo indicado por el National Research Council (NRC, 1984); misma que señala un CVMS promedio de 6.0 kg. Así mismo, se pudo determinar que el CVMS estuvo afectado por el grupo ($P < 0.001$) y por el día de alimentación ($P < 0.001$); más no fue afectado ($P < 0.05$) por el peso inicial. En lo referente al consumo de alimento por grupo se encontró que los toretes con pesos de 124 a 170 kg y los de 176 a 189 kg se comportaron estadísticamente igual ($P < 0.05$) y diferentes ($P < 0.05$) a los toretes con pesos de entre 196 a 265 kg y de 270 a 279 kg (Tabla 1). El período de adaptación a la dieta con EAPD se relacionó ampliamente con el período de adaptación fisiológica a dietas poco convencionales, como lo refieren Cole, 1983; Cullison, 1983; Ensminger y Olentine 1985, quienes mencionan que los animales requieren de 10 a 15 días para adaptarse a una dieta a base de granos, de 6-7 días cuando se utiliza urea en la alimentación de rumiantes y 14 días

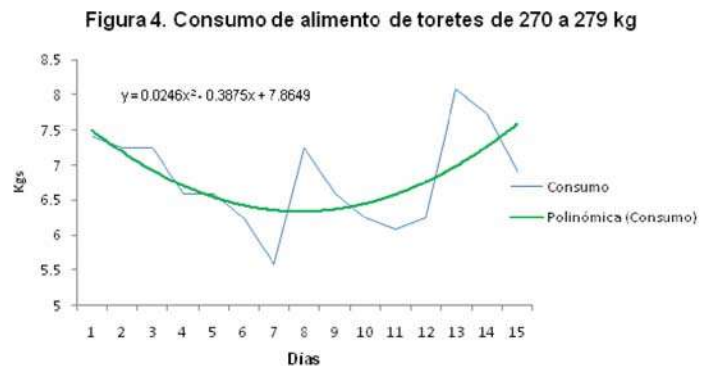
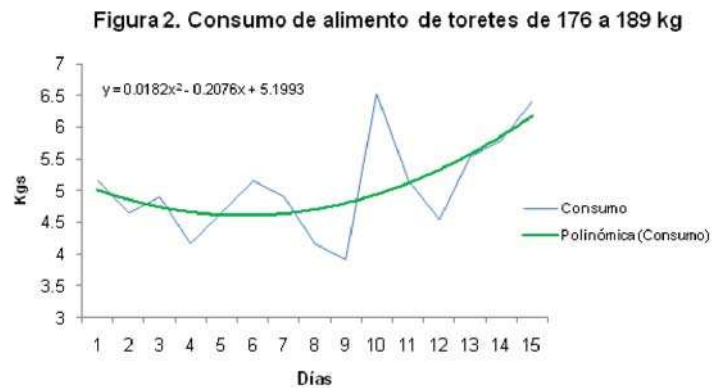
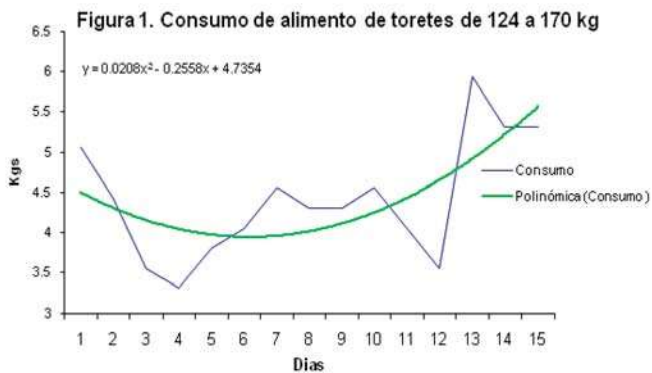
cuando se utilizan altos niveles de melaza en las dietas. Por tanto, el presente estudio permite determinar que el periodo de 15 días es suficiente para llevar a cabo de adaptación fisiológica de los animales a la dieta complementada con EAPD.

Tabla 3. Medias de mínimos cuadrados para el consumo^{d-1} de alimento de acuerdo al grupo

Grupo/kg	Promedio	E.E.
124-170	4.405 ^b	0.383
176-189	5.042 ^a	0.255
196-265	8.650 ^b	0.266
270-279	6.800 ^c	0.470

^{a,b,c} = Diferencias estadísticas (P<0.05).

De acuerdo con los estimadores de la regresión cuadrática se pudo establecer el comportamiento de consumo^{d-1} de alimento de los toretes en base al grupo y el cual se presenta en las siguientes figuras.



Con respecto a la ganancia de peso se encontró que esta fue afectada por el grupo ($P < 0.001$), el peso inicial ($P < 0.038$) y el consumo de alimento ($P < 0.023$). Los toretes con pesos de 196 a 265 kg y de 270 a 279 kg obtuvieron la mayor ganancia de peso durante el periodo evaluado ($P < 0.05$), ello en comparación con los toretes con pesos de entre 124 a 170 kg y 176 a 189 kg (Tabla 2).

Tabla 4. Medias de mínimos cuadrados para ganancia de peso de acuerdo al grupo.

Grupo/kgs	Promedio	E.E.
124-170	0.912 ^a	0.591
176-189	4.557 ^b	0.393
196-265	10.536 ^c	0.460
270-279	10.659 ^c	0.697

^{a,b,c} = Diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

Al respecto varios autores (Lindgren, 1983; Ward *et al.*, 1985; Hassan y Heath, 1986; León, 2003) han demostrado que tanto los vacunos de carne y lechero así como los ovinos, pueden degradar bien la proteína presente en el pescado ensilado luego de un periodo de adaptación inicial (Winter y Feltham, 1983). En lo referente a la ganancia de peso existe poca información, no obstante (Viète y Bello, 1990) realizó un estudio con 30 becerros durante la engorda (90 días), complementados con 0, 100, 200 y 300 g MS de ensilado biológico de pescado, reportando un incremento en peso vivo mayor en los animales suplementados con 100 g de ensilado por día. Sin embargo, a pesar de estos resultados se hace necesario ampliar los estudios en rumiantes

CONCLUSIONES

- El ensilado ácido de pez diablo representa una alternativa en la alimentación de los bovinos para carne como complemento proteico.
- Se requiere un período de 15 días para que los toretes acepten la dieta complementada con ensilado ácido de pez diablo, rastrojo y maíz.
- La salud de los animales no se vio afectada, ya el nivel ensilado ácido de pez diablo en la dieta no causo ningún problemas de índole fisiológico en los animales sometidos al experimento.

AGRADECIMIENTOS

- Fundación Produce de Guerrero AC.
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Productor cooperante: Sr. Daniel Coria Espino, por las facilidades y el apoyo para la realización del trabajo.

BIBLIOGRAFIA

Cole , M.M. 1983. Producción Animal. (2nd ed). Edit. Acribia, Zaragoza, España.

Copes, J., Pellicer K., Del Hoyo G., García R.N. 2006. Producción de ensilado de pescado en baja escala para uso de emprendimientos artesanales. Cátedra de Tecnología y Sanidad de los Alimentos. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata. CC 296, (B1900AVW) La Plata. Argentina. Revista Analecta Veterinaria.

Cullison, A.E. 1983. Alimentos y Alimentación de Animales. Edit. Diana, México.

Ensminger, M.E. y Olentine, C.G. 1985. Alimentos y Nutrición de los Animales. Edit. El Ateneo, Buenos Aires, Argentina.

Hassan, T.E., and Heath J.L. 1986. Biological fermentation of fish waste for potential use in animal and poultry feeds. Agricultural Wastes, 15:1-15.

León 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. M.C. Tesis. Universidad de Puerto Rico. RUM. 63pp.

Lindgren, J. 1983. Silage fermentation of fish waste products with lactic acid bacteria. *J. Sci. Food Agric.* 34, 1057-1067.

Martínez, P.C.A., Toledo C.M., Campos M.A., Fonseca M.J., Ríos D.M.G., Rueda R., Díaz P.E., Viana T., Racotta, I., Palacios E., Shimada A., Pacheco R., Sotelo A., Arreguín F., Gasca E., Rodríguez de S.M., Ross L.G.. 2006. Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento e industrialización del pez diablo en la Región del Bajo Balsas. Carteles. (2do. Congreso IDEAR para el Futuro de Michoacán).

Mendoza, R., Contreras S., Ramírez C., Koleff P., Álvarez P., y Aguilar V. 2007. Boletín bimestral de la comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. *Biodiversitas*. Vol. 70: 2-5. Enero-Febrero de 2007.

Michoacán y sus Municipios. 2010. Tzintzuntzan, Michoacán. Disponible en: <http://www.municipios.gob.mx>

National Research Council. 1984. Nutrient Requirement of Beef Cattle. Sixth Revised Edition, National Academy of Science Washington, D.C., U.S.A.

Toledo P. J., y Llanes I. J. 2006. Estudio comparativo de los residuos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. Centro de Preparación Acuicultura

Viete, C. y Bello, R. 1990. Evaluación del ensilado de pescado elaborado por vía microbiana como suplemento proteico en la dieta de rumiantes. Informe de Pesca FAO No. 441. Suplemento de la "2da Consulta de expertos en tecnología de productos pesqueros en América Latina. Montevideo, Uruguay. 11-15/12/89." pp.99-106. Mampostón. Revista AquaTIC, n° 25, pp. 28-33.

Ward, W.J., Parrott G.A. and Iredale D.G. 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 Feltham L. 1983. Fish silage: The protein solution. Agriculture Canada Research Branch Contribution. Ottawa, Canada. p.112.

EXPERIMENTO III:

UTILIZACIÓN DEL ENSILADO ÁCIDO DE PEZ DIABLO (*Pterygoplichthys spp*) COMO COMPLEMENTO PROTEICO EN LA ENGORDA DE BOVINOS PARA CARNE[‡]

Ornelas¹, B. S., Gutiérrez¹, V. E., Juárez¹, C. A., Garcidueñas², P. R., Espinoza³, V. J.L.,
Perea¹, P. M., Flores¹, P. J.P. & Salas¹ R. G*.

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de
San Nicolás de Hidalgo, km 9.5 carretera Morelia-Zinapécuaro 58880, Tarímbaro
Michoacán, México*. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UMSNH.
³Universidad Autónoma de Baja California Sur.

RESUMEN

La nutrición animal es uno de los factores más importantes y limitantes en la producción animal, particularmente en los rumiantes, donde la provisión de proteínas es la principal limitante, debido a la poca disponibilidad y alto costo de las fuentes de proteína (harinas de oleaginosas). En Michoacán, México, la presa “El Infiernillo” cuenta con gran población de “pez diablo” (*Pterygoplichthys spp*), el cual constituye un problema tanto económico como ecológico, este recurso no es consumido por el hombre y ocasiona contaminación al ser desechado directamente al ambiente, por tal motivo el objetivo del presente trabajo fue evaluar la utilización del ensilado ácido de pez diablo en la engorda de bovinos para carne como complemento proteico. Se utilizaron 18 toretes cruzados (*Bos taurus x Bos indicus*), durante 60 días, con un peso inicial de 278.9 ± 51.2 kg, alojados en corrales individuales con alimento y agua a libre acceso, distribuidos al azar en tres tratamientos con diferentes niveles de inclusión de ensilado (0%, 12% y 18%). No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos evaluados con diferentes niveles de inclusión de ensilado ácido con respecto a la ganancia diaria de peso, valores de g/día de 952 ± 324 , 927 ± 322 y 854 ± 307 . El consumo voluntario de materia seca (CVMS) fue de (8.79 ± 1.26 kg/día; 8.43 ± 1.58 kg/día y 8.04 ± 2.24 kg/día) para 0, 12 y 18% de inclusión respectivamente, no encontrando diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($P > 0.05$). En el mismo orden los valores para conversión alimenticia y rendimiento de la canal caliente fueron: 9.23, 9.09 y 9.41 kg MS/kg de ganancia de peso; 60.60 ± 1.87 , 60.30 ± 1.58 y 58.56 ± 3.09 %. Se concluye que el ensilado ácido de pez diablo es una alternativa en la alimentación de los bovinos para carne como complemento proteico, y que este puede ser comparable con otras fuentes proteicas tradicionales.

Palabras clave: ensilado de pescado, nutrición, pez diablo, bovinos para carne.

[‡] Accepted abstract in the Third International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC 2011). Nakhon Ratchasima, Thailand.

Use of silage acid "devil fish" (*Pterygoplichthys spp*) as protein supplement in finishing beef cattle

ABSTRACT

Animal nutrition is one of the most important limiting factors in animal production, especially in ruminants, providing proteins being the main constraint, due to the limited availability and high cost of protein sources (oilseed meals). Currently in Michoacan, Mexico, the "El Infiernillo" dam has a large population of "devil fish" (*Pterygoplichthys spp*), which is an economic and ecological problem, because not consumed by humans and causes pollution to be discarded directly into the environment. For that reason the objective of this study was to evaluate the use of silage acid devil fish (SADF) in fattening beef cattle as a protein supplement. SADF is defined as a product semi-liquid or pasty mixed with formic acid, which leads to a decrease in pH to near 4.0. Used 18 young bulls (*Bos taurus x Bos indicus*) for 60 days with a starting weight of 278.9 ± 51.2 kg, housed in individual pens with food and water *ad libitum* were randomly assigned to three treatments with different levels of inclusion SADF (0, 12 and 18%). They were weighed to the beginning of the experiment and later every 30 days, previous fasting of 24 hours. To determine the food consumption, weigh every day the offered food and the surplus. There were no significant differences ($P > 0.05$) among treatments with different levels of inclusion of SADF with respect to daily weight gain, with values of 952 ± 324 , 927 ± 322 and 854 ± 307 g/day, respectively. The dry matter intake (DMI) was 8.9, 9.3 and 7.7 kg/day to 0, 12 and 18% of SADF, respectively. In the same values for feed conversion were 9.34, 10.03 and 9.01 kg DMI/kg of weigh live, and carcass yield of 60.6, 60.3 and 58.5%, respectively. It is concluded that fish silage acid devil is an excellent alternative in feeding beef cattle as a protein supplement.

Keywords: silage acid, devil fish, beef cattle, nutrition.

INTRODUCCIÓN

Debido a la problemática que enfrenta la comunidad internacional sobre la incertidumbre de la seguridad alimentaria, surge la necesidad de encontrar nuevas formas de alimentación para el ganado, que sean de bajo costo, fáciles de adoptar y que preserven el medio ambiente (Hassan and Heath, 1986). Entre los factores más importantes en la producción animal se destaca la alimentación, que representa entre el 50 y 80% de los costos de producción. Así mismo, la provisión de proteínas se encuentra entre los factores más limitantes en la crianza de rumiantes (vacunos para carne, ovinos, caprinos), debido a la limitada disponibilidad de fuentes de calidad y el alto costo de los insumos tradicionales (harina de soya, harina de pescado y/o harina de sangre). Por lo anterior, se hace necesaria la búsqueda de fuentes de proteína de calidad para la alimentación animal, sobre todo de productos y subproductos no aptos para el consumo humano (Berenz *et al.*, 1997).

Por otro lado, los precios de los alimentos en los mercados mundiales están provocando una creciente incertidumbre con respecto a la seguridad alimentaria mundial. El cambio climático, la degradación y contaminación ambiental, la creciente competencia por tierra y agua, los elevados precios de la energía y las dudas respecto a los niveles en que adoptarán las nuevas tecnologías, son factores que presentan enormes desafíos y riesgos que dificultan los pronósticos (Banco Mundial, 2008). Para satisfacer la demanda proyectada para el 2030, deberá de incrementarse en casi un 50% la producción de cereales, mientras que la producción de carne deberá hacerlo en el 85%, con respecto a los valores del año 2000 (Banco Mundial, 2008). Con relación a la agricultura mexicana, la FAO sostiene que esta actividad no es competitiva; señala que presenta bajos niveles de producción y productividad, debido a los rezagos acumulados en infraestructura, tecnología e inversiones en este sector (FAO, 2004). En la actualidad las producciones alternativas en el ámbito agropecuario han cobrado especial interés para los pequeños productores como una forma de diversificar la estrategia de producción. La mayor limitante de estas producciones emergentes se basa en la necesidad de alimentos de buena calidad y bajo costo (Copes *et al.*, 2006).

El “pez diablo” (*Pterygoplichthys spp*), también conocido como armado o pleco, desde su introducción en los cuerpos de agua epicontinentales del país (ríos, lagos y lagunas), se ha expandido alarmantemente en unos cuantos años (Mendoza *et al.*, 2007). En el año 2005 estos peces hicieron su aparición en la presa “El Infiernillo” en el Estado de Michoacán, convirtiéndose en un problema de sustitución e invasión de hábitats, que ha llegado a poner en peligro la pesquería de tilapia que ya venía en descenso (Martínez *et al.*, 2006). Por tal motivo la presente investigación se diseñó con el objetivo de evaluar la utilización del ensilado ácido de pez diablo como complemento proteico-energético en la engorda de bovinos para carne, en términos de consumo voluntario, ganancia de peso y conversión alimenticia; así como, las características organolépticas de la canal de los animales alimentados con ensilado ácido de pez diablo, específicamente olor y sabor.

MATERIAL Y MÉTODO

El experimento se realizó en un sistema semi-intensivo de producción ubicado en la localidad de Santa Cruz, municipio de Tzintzuntzan, Michoacán, el cual se localiza al norte del Estado, en las coordenadas 19°38' N y 101°35' O, a 2,050 msnm. Limita al norte con Quiroga, al noroeste con Morelia, al este con Lagunillas, al suroeste con Huiramba, al sur con Pátzcuaro, y al oeste con Erongarícuaro. Su distancia a la capital del Estado es de 53 km. Su clima es templado con lluvias en verano, cuenta con una precipitación pluvial media anual de 989.8 mm y con temperaturas que oscilan de 7.9 a 23.4° C (Consulta en línea: <http://www.municipiosmich.gob.mx>). Se utilizaron 18 toretes machos, enteros, cruzados (*Bos taurus x Bos indicus*), con un peso promedio inicial de 278.9 ± 51.2 kg y una edad promedio de 18 meses. Los animales fueron aretados y se les administró por vía intramuscular una mezcla de vitaminas A, D y E, bacterina toxoide polivalente (*Clostridium chauvoei*, *septicum*, *novyi*, *sordellii*, *perfringens* tipo C y D, *Pasteurella multocida* tipo A y D, *Mannheimia haemolytica* e *Histophilus somni* y *Pasteurella multocida* tipos A y D), e ivermectina al 1%. Los animales se distribuyeron aleatoriamente en tres tratamientos y se alojaron en corrales individuales de 4.8 m², donde dispusieron de un comedero lineal de concreto, alimento y agua limpia a libre acceso. Los tratamientos consistieron en la inclusión de tres niveles distintos de ensilado ácido de pez diablo en la

dieta (0%; 12% y 18%) como se observa en el Cuadro 1. Los toretes fueron sometidos a un periodo de adaptación a las dietas de 15 días y posteriormente a la etapa de engorda durante 60 días.

Durante el experimento el alimento se ofreció *ad libitum*, y el consumo de alimento individual se valoró diariamente por diferencia entre lo ofrecido y el sobrante de cada corral, en una báscula mecánica tipo reloj con capacidad máxima de 10 kg y una sensibilidad de 10 g. Así mismo, para la determinación del consumo voluntario de materia seca (CVMS) se pesaron muestras de 100 g del alimento sobrante en una báscula electrónica con sensibilidad de 0.1 g., y posteriormente las muestras se deshidrataron utilizando la metodología “Ondas de Radiofrecuencia” o también llamada “Secado de Forrajes con Microondas” (Raymond y Harris, 1954).

Para lo cual se utilizó un microondas de cocina de medidas internas de 294 x 189 x 306 mm, con una potencia de 1200+/-50 W y una frecuencia de microondas de 2450 MHz y con una capacidad de 19 litros y cinco niveles de potencia. Las potencias y capacidades son las normales que se encuentran en los microondas convencionales de uso familiar o comercial. El método consistió en depositar las muestras (100 g) en charolas térmicas de 16.5 x 21.6 cm, posteriormente fueron colocadas dentro del microondas por un período de 5 minutos, junto con un vaso de 150 ml de agua fría aproximadamente, con la finalidad de evitar la incineración de la muestra y proteger el equipo, consecutivamente se registro su peso al término de este período, para nuevamente ser colocadas dentro del horno por lapsos de 2 minutos, registrando el peso hasta que este se mantuvo constante.

Para la determinación de la ganancia de peso, los animales se pesaron al inicio del experimento y posteriormente cada 30 días, con un ayuno previo de 24 horas. Al final del experimento se determinó el peso en pie (kg) y se sacrificaron todos los animales para obtener el rendimiento de la canal, así como las características organolépticas de la carne (olor y sabor).

Cuadro 1. Dietas experimentales para la alimentación de bovinos para carne con diferentes niveles de inclusión de ensilado ácido de pez diablo

Ingredientes (%)	T1	T2	T3
Ensilado de pez diablo (base seca)	-	12	18
Canola	21	7	-
Maíz molido	38.8	26	19.5
Rastrojo molido	38.3	54	61.5
Magnofoscal	1	1	1
Roca Fosfórica	0.9	-	-

*Dietas isoproteicas e isoenergéticas.

Análisis estadístico

La información recabada fue procesada mediante técnicas de estadística descriptiva y análisis de varianzas de una sola vía, de acuerdo a los lineamientos delimitados por Steel y Torrie (1985) para el modelo lineal general:

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

Donde:

Y_{ij} representa el valor observado de una de las variables

μ , representa el efecto común general a todas las observaciones

T_i , representa el efecto del tratamiento (1,2,3)

ε_{ij} , representa el efecto aleatorio asociado a cada observación

La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el análisis estadístico de los datos se pudo determinar que no existen diferencias significativas ($P>0.05$) con respecto al consumo voluntario de materia seca (CVMS) y sobre la ganancia de peso en el periodo evaluado (60 días), entre los tratamientos con 0, 12 y 18% de inclusión de ensilado ácido de pez diablo (Cuadro 2).

Al respecto varios autores (Lindgren, 1983; Ward *et al.*, 1985; Hassan y Heath, 1986; León, 2003) han demostrado que tanto los vacunos de carne y lechero así como los ovinos, pueden degradar bien la proteína presente en el pescado ensilado luego de un periodo de adaptación inicial (Winter y Feltham, 1983). En lo referente a la ganancia de peso existe poca información, no obstante (Viète y Bello, 1990) realizaron un estudio con 30 becerros durante la engorda (90 días), complementados con 0, 100, 200 y 300 g de ensilado biológico de pescado (materia seca), reportando un incremento en peso vivo mayor en los animales suplementados con 100 g de ensilado por día.

Por otra parte, no existe información que permita comparar el comportamiento del ensilado ácido de pez diablo con otros ensilados en la alimentación de bovinos de engorda. No obstante, los resultados obtenidos en la presente investigación, puede ser comparable con la harina de pescado, por las características similares que estas poseen, y con algunas otras fuentes de proteína no convencionales. Al respecto Obispo (2001) realizó un estudio con bovinos con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación de la dieta con diferentes fuentes de proteína, como la harina de pescado, nepe de cervecería y torta de algodón. Reportando ganancias diarias (g/día) de 590=harina de pescado; 890=nepe de cervecería y 690=torta de algodón, y una conversión alimenticia (kg MS/kg de ganancia de peso) de: 11.05=harina de pescado; 7.49=nepe de cervecería y 9.92=torta de algodón. Con lo cual se puede determinar que la utilización del ensilado ácido de pez diablo en la engorda de bovinos es comparable con otras fuentes de proteína, obteniendo resultados favorables.

Cuadro 2. Valores medios para consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia de bovinos para carne alimentados con diferentes niveles de EAPD

VARIABLE	T1	T2	T3
N° de Animales	6	6	6
Peso Vivo Inicial (kg)	282.3 ± 36.0	281.3 ± 54.6	273.2 ± 67.7
Peso Vivo Final (kg)	339.5 ± 10.6 ^a	337.0 ± 18.76 ^a	324.5 ± 5.65 ^a
Ganancia Diaria (g)	952±324 ^a	927±322 ^a	854±307 ^a
CVMS (kg)	8.79±1.26 ^a	8.43±1.58 ^a	8.04±2.24 ^a
Conversión Alimenticia	9.23	9.09	9.41
Costo kg de Alimento	2.88	1.54	1.27
Rendimiento de la canal (%)	60.60±1.87 ^a	60.30±1.58 ^a	58.56±3.09 ^a

^aValores con la misma literal no muestran diferencias significativas (P>0.05).

Diversas investigaciones han mostrado que cuando se suplementa con proteínas sobrepasantes se puede mejorar la tasa de crecimiento y la eficiencia del alimento en novillas lecheras y en novillos (Tomlinson *et al.*, 1997; Zerbini y Poland, 1985). Así mismo, Thonney y Hogue (1986) y Bethard *et al.*, 1997, han reportado mejoras en la eficiencia sin que se afecte la ganancia diaria de peso cuando la harina de pescado fue sustituida por torta de algodón en novillos Holstein en crecimiento. Por otra parte, resultados de Reaño *et al.* (1992), establecen que la suplementación con harinas de pescado resultó en un respuesta significativa en la ganancia de peso vivo en comparación con la suplementación con nitrógeno no proteico.

Cuadro 3. Comparación de medias para la variable de ganancia de peso de toretes alimentados con diferentes concentraciones de ensilado ácido de pez diablo

VARIABLE	T1	T2	T3
N° de animales	6	6	6
Peso inicial (kg)	282.3 ± 36.0 ^a	281.3 ± 54.6 ^a	273.2 ± 67.7 ^a
G1 (kg) ¹	33.3 ± 8.9 ^a	29.1 ± 9.9 ^a	32.9 ± 5.9 ^a
G2 (kg) ²	23.8 ± 8.6 ^a	26.5 ± 10.0 ^a	18.3 ± 4.8 ^a
Peso final (kg)	339.5 ± 10.6 ^a	337.0 ± 18.76 ^a	324.5 ± 5.65 ^a

^aValores con la misma literal no muestran diferencias significativas (P>0.05).

¹= Ganancia de peso 1er mes; ²= Ganancia de peso 2do mes.

En el Cuadro 3 se muestra la comparación de medias de la variable ganancia de peso en el primer y segundo mes de evaluación, donde se encontró que no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos evaluados con 0, 12 y 18% de inclusión de ensilado ácido de pez diablo. Al respecto no existe información que nos permita comparar los resultados, con lo cual hace necesario ampliar los estudios en rumiantes, sobre todo en aspectos de digestibilidad y degradabilidad de la proteína presente en el ensilado de pez diablo.

CONCLUSIONES

- El ensilado ácido de pez diablo representa una alternativa en la alimentación de los bovinos para carne como complemento proteico-energético.
- Las respuestas de ganancia diaria de peso y consumo voluntario de la materia seca no se vieron afectadas por la inclusión de ensilado ácido de pez diablo en las dietas.
- La salud de los animales no se vio afectada, ya que los niveles de ensilado ácido de pez diablo en las dietas no causó ningún problema de índole fisiológico en los animales sometidos al experimento.
- En términos económicos no sólo por su bajo costo y mejor eficiencia en la conversión alimenticia, la dieta con 12% de inclusión de ensilado ácido de pez diablo, resultó el nivel más eficiente al compararla con 0 y 18% de inclusión.

AGRADECIMIENTOS

- Fundación Produce de Guerrero AC y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado.
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Productor cooperante: Sr. Daniel Coria Espino y familia por las facilidades para la realización del trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Banco Mundial. 2008. Informe sobre el Desarrollo Mundial 2008. Agricultura para el Desarrollo. Washinton, D.C. Consulta: 15 de Junio de 2009. http://siteresources.worldbank.org/INTIDM2008INSPA/Resources/FINAL_WDR-OV-Spanish-text_9.26.07.pdf.
- Berenz, Z., Vilda, F. y Sánchez, Y.M. 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.
- Bethard, G., James, R. and McGilliard, M. 1997. Effect of rumen undegradable protein and energy on growth and feed efficiency of growing Holstein Heifers. *J. Dairy. Sci.*, 80:2149-2155.
- Copes, J., Pellicer, K., Del Hoyo, G. y García, R.N. 2006. Producción de ensilado de pescado en baja escala para uso de emprendimientos artesanales. Cátedra de Tecnología y Sanidad de los Alimentos. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata. CC 296, (B1900AVW) La Plata. Argentina. Email: Revista Analecta Veterinaria.
- FAO. 2004. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Digitaria eriantha* Steudel. FAO. Roma, Italia. Consulta: 16 Junio 2009. <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/gbase/Data/pf000477.htm>.
- Hassan, T.E., y Heath, J.L. 1986. Biological fermentation of fish waste for potential use in animal and poultry feeds. *Agricultural Wastes*, 15:1-15.
- León, A.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.
- Lindgren, J. 1983. Silage fermentation of fish waste products with lactic acid bacteria. *J. Sci. Food Agric.* 34.
- Martínez, P.C.A., Toledo, C.M., Campos, M.A., Fonseca, M.J., Ríos, D.M.G., Rueda, R., Díaz, P.E., Viana, T., Racotta, I., Palacios, E., Shimada, A., Pacheco, R., Sotelo, A., Arreguín, F., Gasca, E., Rodríguez de Souza, M. y Ross, L.G. 2006. Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento e industrialización del pez diablo en la Región del Bajo Balsas. Carteles. (2do. Congreso IDEAR para el Futuro de Michoacán).
- Mendoza, R., Contreras, S., Ramírez, C., Koleff, P., Álvarez, P y Aguilar, V. 2007. Boletín bimestral de la comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. *Biodiversitas*. Vol. 70: 2-5.

Michoacán y sus Municipios. 2010. Tzintzuntzan, Michoacán. Características fisiográficas. Consulta: 15 de Diciembre de 2010. Disponible en: <http://www.municipios.gob.mx>.

Obispo, E.N., Pares, P., Hidalgo, C., Palma, J. y Godoy, S. 2001. Consumo de forraje y ganancia diaria de peso en bovinos de carne en crecimiento suplementados con fuentes proteicas. *Producción Animal Tropical*. Recibido: 11/9/01 Aceptado: 9/11/01.

Oyedapo, F. and Jauncey, K. 1993. Chemical and nutritional quality of stored fermented fish (tilapia) silage. *Bioresource Technology*. 0960-8524:207-210. <http://www.jornada.unam.mx/2005/05/07/030n1est.php>.

Raymond, W.F. and Harris, C.E. 1954. The laboratory drying of herbage and faeces, and dry matter losses possible during drying. *J.British Grassland*, Vol.9: 120-129.

Reaño, A., Meléndez, A., Márquez, J. and Combellas, J. 1992. Influence of fish meal and dehydrated brewers grains on intake, live-weight gain and rumen digestion of growing cattle consuming fresh cut forage. *Livestock research for rural development*, 4:1-7.

SAS, Institute. 2002. SAS/STAT® User's Guide (Release 9.1). SAS Inst. Inc., Cary, N.C.

Steel, R. y Torrie J. 1985. *Bioestadística: principios y procedimientos*. 2nd ed. Mac Graw Gill, Nueva York.

Thonney, M. and Hogue, D. 1986. Fishmeal or cottonseed meal as protein supplement for growing Holstein steers. *J. Dairy Sci.*, 69:1.648-1.651.

Tomlinson, D., James, R., Bethard, G. and McGilliard, M. 1997. Influence of degradability of protein in the diet on intake, daily gain, feed efficiency and body composition of Holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, 80:943-948.

Viete, C. y Bello, R. 1990. Evaluación del ensilado de pescado elaborado por vía microbiana como suplemento proteico en la dieta de rumiantes. Informe de Pesca FAO No. 441. 2da Consulta de expertos en tecnología de productos pesqueros en América Latina. Montevideo, Uruguay. 11-15/12/89." pp.99-106. Mampostón. *Revista AquaTIC*, nº 25, pp. 28-33. <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=206>.

Ward, W.J., Parrott, G.A. and Iredale, D.G. 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 Feltham, L. 1983. Fish silage: The protein solution. *Agriculture Canada Research Branch Contribution*. Ottawa, Canada. p.112.

Zerbini, E. and Polan, C. 1985. Protein source evaluated for ruminating Holstein calves. *J. Dairy. Sci.*, 68:1.416.

DISCUSIÓN GENERAL

Los estudios realizados en el presente trabajo permiten establecer que el ensilado ácido de pez diablo representa una alternativa nutricional que puede ser incorporada en la alimentación de rumiantes (bovinos para carne y ovinos), a diferentes niveles de inclusión en la dieta de los animales (7.5, 12, 15 y 18%), con lo cual el comportamiento productivo no se vio afectado negativamente, a pesar que los ovinos sometidos al ensayo con niveles de 15% de inclusión de ensilado ácido de pez diablo, mostraron una disminución en el consumo de alimento, este no afectó la ganancia de peso, al respecto existe poca información sobre el consumo de alimento y comportamiento productivo de ovinos alimentados con ensilado ácido de pescado, no obstante los resultados obtenidos en el presente estudio pueden ser comparados con otros estudios donde fueron utilizados algunos tipos de ensilados biológicos, harina y/o aceite pescado y algunas otras fuentes de proteína no convencionales.

En lo que respecta al consumo de alimento León (2003) con el objetivo de evaluar el consumo voluntario, la digestibilidad 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) en corderos, determino que la suplementación con dichos residuos fermentados incentivó el consumo voluntario de materia seca (MS). Lo cual no concuerda con los datos de consumo de alimento obtenidos en el presente experimento, no obstante dicho autor hace referencia a ensilados de pescado elaborados por el método biológico, el cual consiste en la adición de melaza como fuente de carbohidratos para acelerar el proceso fermentativo, y por tanto se puede inferir que la adicción de dicho sustrato ocasiono el aumento en el consumo de alimento.

Así mismo, Toral *et al.* (2009) en un estudio realizado con ovejas lecheras suplementadas con 2% de aceite de girasol y 1% de aceite de pescado, encontraron una disminución en el consumo de alimento, y en estudios anteriores Kitessa *et al.* (2001); Shingfield *et al.* (2005) mencionan que el efecto negativo del aceite de pescado sobre la ingestión de alimento ha sido observado tanto en vacunos como en ovinos. Por otra parte, Hussein y Jordan (1991),

reportan que la inclusión de harina de pescado disminuye el consumo voluntario de alimento, lo que permite establecer que la disminución en el consumo de alimento del tratamiento con 15% de ensilado ácido de pez diablo podría estar relacionado con lo que estos autores mencionan, sin embargo a pesar de esta disminución en la ingesta de alimento no existe detrimento en la ganancia de peso de los animales, lo cual indica que la utilización del ensilado ácido de pez diablo utilizado como complemento alimenticio en raciones para ovinos de engorda, da lugar a resultados similares en cuanto a la ganancia de peso, a los obtenidos cuando se utiliza pollinaza como fuente de proteína en las dietas para rumiantes.

En lo correspondiente a la ganancia de peso y niveles óptimos de ensilado ácido de pescado en dietas para ovinos existe poca información, sin embargo los datos obtenidos en la investigación pueden ser comparados con otras fuentes de proteína como la harina de pescado. Al respecto, Vázquez (2005) realizó un estudio con el objetivo de evaluar la sustitución de la harina de soya en la dieta de borregos de engorda en etapa de finalización por harina de pescado, encontrando que el consumo de alimento fue mayor en el grupo control, con un promedio de 2.001 kg de MS/día, mientras que el grupo experimental tuvo un consumo de 1.914 kg de MS/día. No obstante en los resultados de ganancia de peso no hubo diferencias significativas ($P>0.05$), lo que concuerda con los datos obtenidos en el presente trabajo.

Al respecto Dabiri y Thonney, (2004) mencionan que la sustitución de harina de soya por harina de pescado no afecta la tasa de crecimiento en los borregos en etapa de finalización. Sin embargo Hussein y Jordan (1991), mencionan que la sustitución de harina de pescado por harina de soya puede provocar una disminución en el peso de los borregos debido a que es menos degradable en rumen que la harina de soya. En otro estudio realizado por Obregón *et al.* (2004) con el objetivo de conocer la respuesta productiva de ovinos en crecimiento alimentados con dietas elaboradas con pasta de soya, rezaga de garbanzo y rezaga de garbanzo-harina de pescado, encontraron que las diferentes dietas no afectaron ($P<0.05$) el peso de los ovinos, alcanzando a los 28 y a los 54 días de engorda, valores que coinciden con lo reportado por Licéaga (2002); Cantón *et al* (2001) y Ruiz *et al.* (2000).

Los resultados obtenidos en el presente ensayo permiten inferir que el ensilado ácido de pez diablo posee buenas características organolépticas y una buena aceptabilidad para los ovinos cuando esté incluye en la dieta, logrando resultados similares a los obtenidos con otras fuentes de proteína utilizadas en la alimentación animal. A pesar de los resultados obtenidos en el presente experimento se hace necesario el planteamiento de diversos estudios que permitan analizar las características del ensilado ácido de pez diablo en la alimentación de rumiantes, así como, el comportamiento productivo y reproductivo de los animales alimentados con este insumo, y sobre todo aspectos de digestibilidad y degradabilidad de la proteína presente en el pescado ensilado.

En lo que concierne a los ensayos con bovinos para carne, no existe información sobre el consumo y efecto de dietas complementadas con ensilado ácido de pescado que permita comparar con los resultados obtenidos, sin embargo, los toretes con un peso inicial de 196 a 265 kg y 270 a 279 kg mostraron un consumo voluntario de alimento mayor a lo indicado por el National Research Council (NRC, 1984); misma que señala un consumo de alimento promedio de 6.0 kg, con lo cual podemos inferir que el ensilado ácido de pez diablo posee buena aceptabilidad para los bovinos de engorda, cuando este se adiciona a la dieta.

Así mismo, se pudo determinar que el período de adaptación a la dieta con ensilado ácido de pez diablo se relacionó ampliamente con el período de adaptación fisiológica a dietas poco convencionales; como lo refieren Cole (1983), Cullison, (1983) y Ensminger y Olentine (1983), quienes mencionan que los animales requieren de 10 a 15 días para adaptarse a una dieta a base de granos, de 6-7 días cuando se utiliza urea en la alimentación de rumiantes y 14 días cuando se utilizan altos niveles de melaza en las dietas.

Por tanto, el presente estudio permite determinar que el periodo de 15 días es suficiente para llevar a cabo de adaptación fisiológica de los animales a la dieta complementada con ensilado ácido de pez diablo. Así mismo, varios autores (Lindgren, 1983; Winter y Feltham, 1983; Ward *et al.*, 1985; Hassan y Heath, 1986; León, 2003) han demostrado que tanto los bovinos de carne y lechero así como los ovinos, pueden degradar la proteína presente en el pescado ensilado luego de un periodo de adaptación inicial. En lo referente a

la ganancia de peso existe poca información, no obstante (Viète y Bello, 1990) realizaron un estudio con 30 becerros durante la engorda (90 días), complementados con 0, 100, 200 y 300 g MS de ensilado biológico de pescado, reportando un incremento en peso vivo mayor en los animales suplementados con 100 g de ensilado por día. Dichos autores refieren que a pesar de estos resultados se hace necesario ampliar los estudios en rumiantes.

Así mismo, En lo que respecta al consumo de alimento y ganancia de peso durante la engorda (60 días) de bovinos para carne, no existe información que permita comparar el comportamiento del ensilado ácido de pez diablo con otros ensilados en la alimentación de animal.

Al respecto Obispo *et al.* (2001) realizaron un estudio en bovinos con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación de la dieta con diferentes fuentes de proteína, como la harina de pescado, nepe de cervecería y torta de algodón; reportaron ganancias diarias (g/día) de 590, 890 y 690 respectivamente, y una conversión alimenticia (kg MS/kg de ganancia de peso) de: 11.05, 7.49 y 9.92 en el mismo orden. Así mismo, López *et al.* (1999) con el objetivo de evaluar el efecto de la harina de pescado sobre la ganancia diaria de peso de novillas suplementadas con 250 y 500 g de harina de pescado, encontraron un incremento ($P < 0.01$) en la ganancia de peso (g/d) de 411.59 y 495.67 respectivamente; siendo mayor la ganancia de diaria de peso en los animales que recibieron 500 g diarios de harina de pescado. Veitía (1973) obtuvo mejores respuestas con 200 g/día de harina de pescado en animales de 230 kg.

Diversas investigaciones han mostrado que cuando se suplementa con proteínas sobrepasantes se puede mejorar la tasa de crecimiento y la eficiencia del alimento en novillas lecheras y en novillos (Tomlinson *et al.*, 1997; Zerbini y Poland, 1985). Así mismo, Thonney y Hogue (1986) y Bethard *et al.* (1997), han reportado mejoras en la eficiencia sin que se afecte la ganancia diaria de peso cuando la harina de pescado fue sustituida por torta de algodón en novillos Holstein en crecimiento. Por otra parte, resultados de Reaño *et al.* (1992), establecen que la suplementación con harinas de pescado resultó en un respuesta significativa en la ganancia de peso vivo en comparación con la

suplementación con nitrógeno no proteico. Dichos estudios permiten determinar que la utilización de ensilado ácido de pez diablo en la engorda de toretes resulta favorable ya que se obtienen ganancias de peso superiores a las obtenidas con harinas de pescado, y similares con algunas otras fuentes tradicionales de alimentación para el ganado.

CONCLUSIONES GENERALES

- El ensilado ácido de pez diablo representa una alternativa en la alimentación de rumiantes (ovinos y bovinos), ya que el comportamiento productivo en términos de consumo voluntario, ganancia de peso y conversión alimenticia de los animales no se vio afectado negativamente por su inclusión en las dietas.
- El ensilado ácido de pez diablo incluido en 7.5, 12, 15 y 18% en la dieta para rumiantes, puede sustituir a otras fuentes tradicionales de alimentación para el ganado, sin afectar la respuesta productiva, la salud y las características organolépticas de la canal en los animales alimentados con ensilado ácido de pez diablo.
- Un período de adaptación de 15 días es suficiente para la implementación de dietas elaboradas a partir de ensilado ácido de pez diablo.
- La respuesta de ganancia diaria de peso y consumo voluntario de la materia seca no son afectadas por la inclusión de ensilado ácido de pez diablo en niveles de hasta 18% en dietas para rumiantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvelo, R. S.L. 2001. Estrategias para mejorar las características fermentativas de los residuos de la industria atunera para uso potencial en dietas para rumiantes. MS Tesis. Universidad de Puerto Rico. RUM. 63 pp.
- Areche, N., Berenz, V. y León, O. 1992. Desarrollo de ensilado de residuo de pescado utilizando bacterias lácticas del yogur. FAO Informe de Pesca, #441, p.51-63, Supl. Roma, FAO.
- Arreola, J.J. 2007. Buscan “exorcizar” ríos del pez diablo. El Universal. 14 de Septiembre de 2007. Consulta: 15 de Diciembre de 2010. <http://www.eluniversal.com.mx/cultura/54040.html>.
- Arroyo, M.D., Escalera, C.G. y Moncayo, R.E. 2006. Caracterización y alternativas de utilización del pez diablo *Plecostomus sp* en la presa “El Infiernillo”. Centro Disciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Jiquilpan, Michoacán. Consulta: 19 Diciembre 2010. <http://www.sit.org.mx/RELOAD/02.extenso/reporteigpdf.php?proyid=16-2005-09128EtapaID=2005>.
- Balsinde, R.M, Fraga, C.I. y Galindo, L.J. 2004. Inclusión del ensilado de pescado: Alternativa en la elaboración de un alimento extruido para el camarón de cultivo. Revista Panorama Acuícola. www.panaramaacuicola.com. Consulta: 17 de Junio de 2010
- Banco Mundial. 2008. Informe sobre el Desarrollo Mundial 2008. Agricultura para el Desarrollo. Washington, D.C. <http://siteresources.worldbank.org/INTIDM2008INSPA/> Consulta: 15 de Junio de 2010.
- Barral, A.O., Castañón, C.A., Bergamaschi, N.J. y Roth, R.R. 1989. Ensilados ácidos de pescado. La Industria Cárnica,43-47.
- Bello, R.A. y Fernández, Y. 1995. Evaluation of biological fish silage in broiler chicken. Arch. Latinoam. Nutr. 45(2):134-9. (abstract).
- Bello, R.A., Gutiérrez, M., Ottati, M. y Martínez, A. 1992. Estudio sobre la elaboración de ensilado de pescado por vía microbiana en Venezuela. FAO Informe de Pesca, #441, p.1-17, Supl. Roma, FAO.
- Bello, R.A. 1997. Experiencias con ensilado de pescado en Venezuela. Cap 1. En: F. Vilda y Y.M. Sánchez. 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. pp. 1-14.
- Berenz, Z., Vilda, F. y Sánchez, M.Y. 1997. Utilización del ensilado de residuos de pescado en pollos. 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. pp. 15-27.

Bertullo, E. 1989. Desarrollo del ensilado de pescado en América Latina. 2da.Consulta de Expertos sobre Tecnología de Productos Pesqueros en América Latina. Montevideo, 11-15 de diciembre. FII 819/RLAC/2.

Bertullo, E. 1994. Desarrollo del ensilado de pescado en América Latina. 3ra.Consulta de Expertos sobre Tecnología de Productos Pesqueros en América Latina. Isla de Margarita, 21-25 de marzo. FI/RLAC/06, 18 p.

Copes, J., Pellicer, K., Del Hoyo, G. y García, R.N. 2006. Producción de ensilado de pescado en baja escala para uso de emprendimientos artesanales. Cátedra de Tecnología y Sanidad de los Alimentos. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata. CC 296, (B1900AVW) La Plata. Argentina. Email: Revista Analecta Veterinaria.

Córdova, E. y Bello, R.A. 1986. Procesamiento y evaluación de ensilado de pescado a partir de la fauna de acompañamiento del camarón. Archivos Lat. Nutrición, XXXVI (3):522-535.

Córdova, E. y Bello, R.A. 1990. Obtención de ensilado de pescado a partir de la fauna de acompañamiento del camarón. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 36(3). pp. 522-535.

Dabiri, N. and Thonney, M.L. 2004. Source and level of supplemental protein for growing lambs J. Anim. Sci. 82:3237–3244.

Espe, M. and Lied, E. 1999. Fish silage prepared from different cooked and uncooked raw materials: chemical changes during storage at different temperatures. Journal of the Science of Food and Agriculture. 79(2): 327-332.

FAO. 2004. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Digitaria eriantha Steudel. FAO. Roma, Italia. <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/gbase/Data/pf000477.htm>. Consulta: 16 Junio de 2010.

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. pp 225.

Froese, R. y Pauly, D. 2007. FishBase. www.fishbase.org, versión (10/2007).

Gildberg, A. 1993. Review: Enzymic processing of marine raw materials. Process Biochemistry, 28: 1- 15

Hardy, R.W., Shearer, K.D. and Spinelli, J. 1984. The nutritional properties of co-dried fish silage in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) dry diets. Aquaculture, 38:35-44.

Hassan, T.E., y Heath, J.L. 1986. Biological fermentation of fish waste for potential use in animal and poultry feeds. *Agricultural Wastes*. pp. 15:1-15.

Hussein, H.S. and Jordan, M. 1991. Fish meal as a protein supplement in finishing lamb diets. University of Minnesota, St. Paul 55108. *J. Anim.* p 69:2115-2122.

Juárez, P.R. 1989. Presa Adolfo López Mateos “El Infiernillo” Caracterización. Informe preliminar. Sepesca (inédito).

Jørgensen, G. and Szymeczko, R. 1992. Utilization of fish silage in animal nutrition. National Institute of Animal Science. Denmark, p.1-20.

Kitessa, S.M., Gulati, SK., Ashes, J.R., Fleck, E., Scott, T.W. and Nichols, P.D. 2001. *Anim. Feed Sci. Technol.* 89:189-199.

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.

León, A.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. p 63.

Lessi, E., Ximenes, Carneiro, A.R. y Lupin, H.M. 1992. Obtención de ensilado biológico. *FAO Informe de Pesca*, #441, p.64-79, Supl. Roma, FAO.

Licéaga, R.D. 2002. Uso de decanoato de nandrolona como promotor del crecimiento en corderos Pelibuey en engorda en corral. Memorias de la XXXVIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Puebla, Pue. México. p. 192.

Lindgren, J. 1983. Silage fermentation of fish waste products with lactic acid bacteria. *J. Sci. Food Agric.* p 34.

Lindgren, S. and Pleje, M. 1983. Silage fermentation of fish or fish waste product with lactic acid bacteria. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 1057-1067.

López, E.M., Garmendia, C.J. y Obispo, H.N.E.1999. Efecto de la suplementación con harina de pescado sobre la ganancia diaria de peso y fermentación ruminal en novillas holstein en crecimiento. 4653. Maracay 2101. Venezuela Recibido: 04-12-1998 Aceptado: 27-01-1999.pp. 3-7.

Martínez, E. 2005. Alarma proliferación de pez nocivo en la presa “El Infiernillo”. La Jornada. Consulta: 11 de Diciembre, 2010.

Martínez, P.C.A., Toledo, C.M., Campos, M.A., Fonseca, M.J., Ríos, D.M.G., Rueda, R., Díaz, P.E., Viana, T., Racotta, I., Palacios, E., Shimada, A., Pacheco, R., Sotelo, A., Arreguín, F., Gasca, E., Rodríguez de Souza, M. y Ross, L.G. 2006. Desarrollo tecnológico para el aprovechamiento e industrialización del pez diablo en la Región del Bajo Balsas. Carteles. (2do. Congreso IDEAR para el Futuro de Michoacán).

Martínez, P.C.A., Ross, L.G., Arreguín, S.F., Campos, M.A., Díaz, P.E., Fonseca, M.J., Gutiérrez, H.A., Pacheco, A.R., Ramírez, S.J.C., Ríos, D.M.G., Rueda, J.R., Toledo, C.E.M., Salas, R.G., Shimada, A., Sánchez, C.A., Ávila, G.E., Viana, C.M.T. y Gasca, L.E. 2010. Peces amazónicos invaden aguas continentales de México y Guatemala en forma alarmante. El Salvador, Ciencia y Tecnología. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). Vol. 15/No 20. pp. 25-28.

McDonald, P., Henderson, P. and Heron, S. 1991. The Biochemistry of the Silage. 2 ed. Marlow: Chalcombe Publications, Aberystwyth, U.K. Pp. 226.

Mendoza, R., Contreras, S., Ramírez, C., Koleff, P., Álvarez, P y Aguilar, V. 2007. Boletín bimestral de la comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Biodiversitas. pp 2-5.

Muñiz, P. y Brugnoli, E. 2000. Algunos conceptos básicos sobre invasiones biológicas. Consulta: 08 de Diciembre de 2010.

Obregón, J.F., Ibarra, C.E., Estrada, A.A., Ríos, R.F.G. y Gómez, C.A. 2004. Respuesta productiva de ovinos en engorda alimentados con rezaga de garbanzo-harina de pescado en dietas integrales. FMVZ, Universidad Autónoma de Sinaloa, Financiado por SEP-PROMEPE/103.5/04/1393. Culiacán, Sinaloa. Área: Pequeños rumiantes. Presentación: Cartel.

Oetterer, M., Espíndola, F., Morales, U.D., Ferraz de Arruda, L., y Borghesi, R. 1994. Bioconversión de residuos do pescado para la obtención de subproductos. Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição. www.gep.cttmar.univali.br/download/pdf/spp_iwarp/oetterer_marilia_ensilagem.pdf

Okkerman, H.W. and Hansen, C.L. 2000a. Introduction and history of processing animal by-products. Cap 1. In: Animal By-product and Utilization. CRC Press, London. Pp.1-21.

Okkerman, H.W. and Hansen, C.L. 2000b. Seafood by-products. Cap 11. In: Animal By- Product and Utilization. CRC Press, London. Pp.393-438.

Ottati, M., Gutiérrez, M. y Bello, R. 1990. Estudio sobre la elaboración de ensilado microbiano a partir de pescado proveniente de especies subutilizadas. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 40(3):408-425.

Oyedapo, F. and Jauncey, K. 1993. Chemical and nutritional quality of stored fermented fish (tilapia) silage. *Bioresource Technology*. 0960-8524:207-210. <http://www.jornada.unam.mx>. Consulta: 18 Junio de 2010.

Parín, M.A. 1991. Curso Nacional FAO-DANIDA sobre Control de Calidad y Tecnología de productos pesqueros. San Lorenzo, Paraguay, 2 al 26 de abril de 1991.

Parín, M.A. y Zugarramurdi, A. 2005. Aspectos económicos del procesamiento y uso de ensilados de pescado. 3ra. Consulta de Expertos sobre Tecnología de Productos Pesqueros en América Latina. Isla de Margarita. Capítulo 4. pp. 2-8.

Poulter, R.G. and Disney, J.G. 1982. Fish silage for animal feed. *Infofish Marketing Digest*,(9): 30-32.

Raa, J. and Gildberg, A. 1982. Fish Silage: a review. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. April: 383-417.

Reyes, R. N. de la P. 2010. Manual para la elaboración de ensilado ácido de pez diablo (*Hypostomus plecostomus*). Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra. Fundación Produce Tabasco A.C. Teapa, Tabasco, México.

Rodríguez, T., Montilla, J J. y Bello, R. 1990. Ensilado de pescado a partir de la fauna de acompañamiento del camarón. I. Elaboración y evaluación biológica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 40(3). pp. 426-438.

Ruiz, R.F. 2006. Plaga de peces: Millares de “pez diablo” invaden ríos, lagunas y pantanos. *Tabasco Hoy*. 13 de Abril de 2006. Consulta: 08 de Diciembre de 2010. http://www.tabascohoy.com.mx/nota.php?id_notas=102896.

Ruiz, N.A., Zorrilla, R.J. y Licéaga, R.D. 2000. Efecto de niveles de proteína dietaria en el comportamiento y características de la canal de corderos Pelibuey e híbridos (1/2 Pelibuey, ¼ katadin y ¼ Dorper). *Memorias de la XXXVI Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. Hermosillo, Son. México. p. 231.

Samuels, W.A., Fontenot, J.P., Allen, V.G. and Adazinge, M.D.A. 1991. Seafood processing wastes ensiled with straw: Utilization and intake by sheep. *Journal of Animal Science* 69:4983-4992.

Sánchez, R. 2003. Utilización de lodo fermentado de la industria atunera como parte integral en dietas para cerdos en crecimiento y engorde. MS tesis. Universidad de Puerto Rico. RUM.

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*. Universidad de Puerto Rico. RUM. pp 113.

SAS Institute. 2002. SAS/STAT® User's Guide (Release 9.1). SAS Inst. Inc., Cary, N.C.

- Shingfield, K., Bauman, D. y Taylor, S.L. 2005. Advances in Food and Nutrition Research. Vol. 50. (Ed.) Elsevier Academic Press (USA). pp. 179-217.
- Tacon, A.G. 1987. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. A training manual. Nutrient sources and composition (FAO) p 129.
- Tatterson, I.N. and Windsor, M.L. 1974. Fish Silage. Torry Advisory Note No.64. Torry Research Station.
- Toledo, P.J., y Llanes, I.J. 2006. Estudio comparativo de los residuos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. Centro de Preparación Acuicultura.
- Van Wik, H. and Heydenrich, M. 1985. The production of naturally fermented fish silage using various lactobacilli and different carbohydrate sources. Journal of Science and Agriculture. 36, 1093-1102.
- Veitia, J.L. 1973. Harina de pescado como suplemento proteico para la ceba de toros con miel y urea. Rev. Cubana Cienc. Agric., 7:311-315.
- Viete, C. y Bello, R. 1990. Evaluación del ensilado de pescado elaborado por vía microbiana como suplemento proteico en la dieta de rumiantes. Informe de Pesca FAO No. 441. 2da Consulta de expertos en tecnología de productos pesqueros en América Latina. Montevideo, Uruguay. 11-15/12/89." Pp 99-106. Mampostón. Revista AquaTIC, nº 25. pp. 28-33.
- 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: Wanitoba. pp 10.
- Wicki, G., Rossi, F., Martin, S., Panné, H.S. y Luchini, L. 2006. Utilización de ensilado ácido, harinas de soja y pluma en diferentes dietas utilizadas en la primera fase de engorde de pacú (*Piaractus mesopotamicus*). Centro Nacional de Desarrollo Acuícola - CENADAC. Dirección de Acuicultura, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos-SAGPyA.
- Windsor, M. y Barlow, S. 1984. Introducción a los subproductos de pesquería. Editorial Acribia.
- Winter, K. and Feltham, L. 1983. Fish silage: The protein solution. Agriculture Canada Research Branch Contribution. Ottawa, Canada. p.112.
- Zuberi, R., Fatima, R.S., Shamshad, I. and Qadri, R.B. 1993. Preparation of fish silage by microbial fermentation. Trop. Sci. 33:171-182.

ANEXOS

FORRAJERA DE GANADEROS DE AGUASCALIENTES S.A. DE C.V.



Prolongación Zaragoza Núm. 1604-A Fracc. Norte

Aguascalientes, Ags.

TELS. 01 (449) 9 14 81 80, 9 14 82 32

FAX 01 (449) 9 14 89 65

PRODUCTO ENSILADO DE PEZ DIABLO
No.DE MUESTRA 909385
FECHA 29-SEPTIEMBRE-2009
PROVEEDOR M.V.Z. SERGIO ORNELAS B.
LUGAR MORELIA, MICHOACAN

%	COMPOSICION	
	B.HUMEDA	B.SECA
HUMEDAD	71.14	
M.SECA		28.86
CENIZAS	6.73	23.34
PROTEINA	14.48	50.18
GRASA	6.29	21.80
FIBRA	0.03	0.10
E.L.N.	1.32	4.58
F.D.A.	2.12	7.34
F.D.N.	0.88	3.06
C.N.F.		1.63
P.D.		41.79
E.N.L.		1.94
T.N.D.		82.70

E.L.N.= ELEMENTOS LIBRES DE
NITROGENO

F.D.A.= FIBRA DETERGENTE ACIDO

F.D.N.= FIBRA DETERGENTE NEUTRO
C.N.F.= CARBOHIDRATOS NO
FIBROSOS

P.D.= PROTEINA DIGESTIBLE

E.N.L.= ENERGIA NETA DE LACTANCIA

T.N.D.= TOTAL DE NUTRIENTES DIGESTIBLES

I.Q. DANIEL MIRANDA TRUJILLO
JEFE DE LABORATORIO