



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS TABASCO**

PROGRAMA

EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TROPICO

**EVALUACIÓN DE DOS SUPLEMENTOS A BASE DE PEZ DIABLO EN EL CAMBIO  
DE PESO DE TORETES EN PASTOREO**

**LENIN OSORIO CORTAZA**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS**

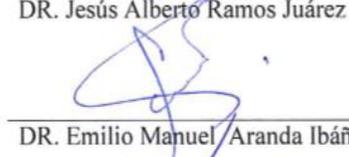
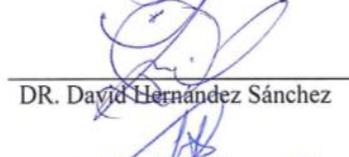
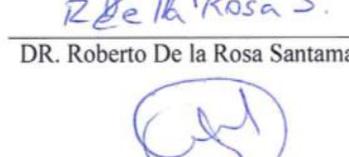
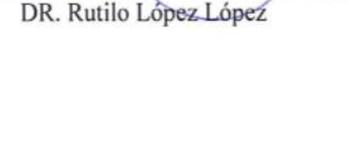
H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

2016

La presente tesis titulada: **EVALUACIÓN DE DOS SUPLEMENTOS A BASE DE PEZ DIABLO EN EL CAMBIO DE PESO DE TORETES EN PASTOREO**, realizada por el alumno: **LENIN OSORIO CORTAZA**, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO	 DR. Jesús Alberto Ramos Juárez
ASESOR	 DR. Emilio Manuel Aranda Ibáñez
ASESOR	 DR. David Hernández Sánchez
ASESOR	 DR. Roberto De la Rosa Santamaría
ASESOR	 DR. Rutilo López López

H. Cárdenas, Tabasco, México a 29 de febrero de 2016

# EVALUACIÓN DE DOS SUPLEMENTOS A BASE DE PEZ DIABLO EN EL CAMBIO DE PESO DE TORETES EN PASTOREO

Lenin Osorio Cortaza, MC.

Colegio de postgraduados 2016

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el pez diablo como fuente de proteína en el cambio de peso de toretes en pastoreo. Los tratamientos (T) evaluados fueron: T1: Ensilado de pez diablo como fuente de proteína en un suplemento (PDECFP); T2: pez diablo seco y salado como fuente de proteína en un suplemento (PDSSCFP); T3: Pasta de soya como fuente de proteína en un suplemento (PSCFP), la pasta de soya se utilizó como un control. Se utilizaron 21 toretes (*Bos Taurus x Bos indicus*) de  $193 \pm 38$  kg de peso vivo inicial, distribuidos en un diseño completamente al azar con medidas repetidas, con tres tratamientos y siete repeticiones. Se utilizó el peso inicial como covariable. Los animales recibieron el suplemento en corraletas individuales y posteriormente, todos salían a pastorear al mismo potrero. Se encontró diferencias ( $p < 0.01$ ) en los consumos de los suplementos, los animales suplementados con el PDECFP y el PDSSCFP, tuvieron los menores consumos, sin diferencias entre ellos, el mayor consumo fue para los animales que consumieron PSCFP. Los animales que consumieron PDECFP y PSCFP tuvieron la mayor ( $p < 0.001$ ) ganancia diaria de peso (GDP), sin diferencias entre ellos, la menor GDP fue para los animales que consumieron PDSSCFP. Se concluye que es factible utilizar el ensilaje de pez diablo como fuente de proteína en los suplementos para toretes en pastoreo.

**PALABRAS CLAVES:** Ensilaje de pescado, pez seco y salado, fuente de proteína, suplementación, bovinos.

**EVALUATION OF TWO SUPPLEMENTS BASED ON DEVIL FISH IN THE WEIGHT  
CHANGE OF GRAZING STEERS.**

**Lenin Osorio Cortaza, MC.**

**Colegio de postgraduados 2016**

**ABSTRAC**

The aim of this study was to evaluate the devil fish as a source of protein in the weight change of steers grazing. Treatments (T) were evaluated: *T1*: silage devil fish as a protein source in a supplement (PDECFP); *T2*: Devil dried and salted fish as a protein source in a supplement (PDSSCFP); *T3*: Soybean meal as a protein source in a supplement (PSCFP), soybean meal was used as a control. Thus, 21 steers (*Bos Taurus* and *Bos indicus*) of  $193 \pm 38$  kg initial body weight, distributed in a completely randomized design with repeated measures, with three treatments and seven replicates were used. initial weight as a covariate was used. The animals received the supplement in individual pens and then all went out to graze the same pasture. differences ( $p < 0.01$ ) in the consumption of the supplement was found, the animals supplemented with PDECFP and PDSSCFP, had the lowest intakes, with no difference between them, the increased consumption was for the animals fed PSCFP. Animals that consume EPDCFP and PSCFP had the highest ( $p < 0.001$ ) daily gain (GDP), with no differences between them, the GDP was lower for animals fed PDSSCFP. It concludes that it is feasible to use silage devil fish as a source of protein supplements for steers grazing.

**Keywords:** Silage fish dried and salted fish protein source, supplementation, cattle.

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la fortaleza, la esperanza y la tolerancia para poder perseverar durante la realización de este trabajo de investigación.

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional en todos los momentos.

A mi esposa e hijos por estar a mi lado en buenos y difíciles momentos, durante esta bonita experiencia.

A mis abuelos, que aunque ya no están presentes, están en mi pensamiento

A todos mis amigos por su apoyo incondicional durante la realización de este trabajo.

¡Gracias!

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo otorgado para la realización de mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados por permitirme cursar el grado académico y ser parte de su comunidad.

Al Laboratorio de ciencia animal del colegio de postgraduados por permitirme realizar análisis para la realización de este trabajo.

Al Laboratorio de Análisis Químico de Suelos, Plantas y Aguas (LASPA) por las facilidades otorgadas en la realización de los análisis.

A todos los trabajadores del área de ganadería del campo experimental del colegio de postgraduados por su incondicional apoyo.

Al Dr. Jesús Alberto Ramos Juárez por su apoyo, sus consejos y amistad, que hicieron posible la culminación de éste trabajo.

Al Dr. Emilio Manuel Aranda Ibáñez, por su amistad, su confianza y valiosa aportación a este trabajo.

Al Dr. David Hernández Sánchez por su amistad y apoyo incondicional en la realización de este trabajo.

Al Dr. Roberto De la Rosa Santamaría, por su amistad y el apoyo brindado.

Al Dr. Rutilo López López, por su amistad y por su valioso apoyo a la presente tesis.

A todos y cada uno de los profesores que estuvieron en ésta parte de mi formación.

## CONTENIDO

1. INTRODUCCION .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
3. HIPÓTESIS.....	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
4.1. Característica de la producción bovina en el trópico .....	4
4.2. Producción de bovinos de carne en Tabasco .....	4
4.3. Importancia de la suplementación estratégica en el trópico.....	5
4.4. Metabolismo del nitrógeno en rumiantes.....	5
4.5. Proteína degradable .....	7
4.6. Importancia de la proteína de escape en la producción.....	7
4.7. Pez diablo.....	8
4.8. Conservación del pescado mediante ensilaje biológico .....	9
4.9. Importancia de la fermentación ácido láctica.....	9
4.10. Fermentación en estado sólido.....	10
4.11. Microorganismo eficientes benéficos activados (MEBA) .....	10
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
5.1. Localización geográfica del área de estudio .....	12
5.2. Descripción climática del área de estudio.....	12
5.3. Animales, diseño experimental y tratamientos. ....	13
5.4. Elaboración de los suplementos.....	13
5.6. Manejo de los pastos .....	17
5.7. Variables medidas .....	18
5.7.1. Composición química de los suplementos .....	18
5.7.2. Composición química del pasto .....	18
5.7.3. Consumo del suplemento (CS) .....	18
5.7.4. Consumo de pasto (CP) .....	19
5.7.5. Ganancia diaria de peso (GDP) .....	19

5.7.6. Conversión alimenticia .....	20
5.7.7. Degradación ruminal de la materia seca del pasto y de los suplementos .....	20
5.7.8. Costo (\$) de 1 kg de suplemento base húmeda (bh).....	20
5.7.9. Inversión (\$) por concepto del suplemento .....	20
5.7.10. Costo (\$) para producir 1 kg de carne en pie por concepto de suplementación.....	20
5.8. Análisis estadísticos .....	20
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
6.1. Composición química de los suplementos .....	21
6.2. Composición química de los pastos .....	22
6.3. Consumo de suplemento, consumo de pasto, índice de consumo, conversión alimenticia y costo de producción de 1 kg de carne en pie. ....	23
6.4. Cambio de peso en el tiempo de los toretes en pastoreo .....	25
6.5. Ganancia diaria de peso de los toretes en pastoreo en cada pesaje y total .....	25
6.6. Costo para producir 1 kg de carne en pie por concepto de suplementación. ....	29
8. CONCLUSIONES .....	30
9. LITERATURA CITADA.....	31

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ingredientes base seco y húmedo utilizados para elaborar los suplementos. ....	15
Cuadro 2. Ingredientes para elaboración del inóculo microbiano de levaduras y lactobacilos. ....	16
Cuadro 3. Indicadores químicos (%) de los suplementos .....	21
Cuadro 4. Indicadores químicos de los pastos presentes en los potreros. ....	22
Cuadro 5. Consumo de suplemento, consumo de pasto, índice de consumo y conversión alimenticia de los toretes en pastoreo suplementados. ....	24
Cuadro 6. Ganancia diaria de peso (GDP) de los toretes en pastoreo por pesajes y total.....	26
Cuadro 7. Ganancia diaria de peso total (GDPT), consumo, costo e inversión en suplemento y costo para producir 1 kg de carne en pie por concepto de suplementación (CPP1kg). ....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista lateral y ventral de <i>Pterygoplichthys pardalis</i> .....	9
Figura 2. Mapa de localización y fotografía del campo experimental del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, México .....	12
Figura 3. Pesaje de ingredientes y envasado del suplemento terminado.....	16
Figura 4. Aplicación de vitaminas ADE intramuscular y desparasitante externo por aspersion. ....	17
Figura 5. Alimentación de toretes en corraletas individuales.....	17
Figura 6. Toretos pastoreando en potrero. ....	18
Figura 7. Cambio de peso de los toretos en pastoreo suplementados.....	25

## 1. INTRODUCCION

Los sistemas de alimentación bovina en el trópico se basan en el uso de los pastos y forrajes, los cuales ofrecen la fuente más barata de nutrientes para la alimentación animal (Detmann, 2010), sin embargo, su disponibilidad y calidad nutricional varía durante el año, en la época de seca y de nortes se presenta la menor disponibilidad, lo cual se refleja en una menor producción de carne y leche (Barros *et al.*, 2003). Para alcanzar los requerimientos de proteína y energía de los animales en crecimiento, es necesario complementar la dieta básica de pastos y forrajes con suplementos proteínicos y energéticos (Sampaio *et al.*, 2010). Los alimentos comerciales no siempre están al alcance de los pequeños productores por su alto costo en el mercado, por tal motivo, cada día cobra más importancia el desarrollo de tecnologías para lograr la elaboración de alimentos con los recursos locales (Andrade *et al.*, 2016). En la actualidad los costos de alimentación en la producción bovina de carne representan entre el 50 y 80% (Espinosa *et al.* 2000), siendo la proteína el nutriente más costoso. El pescado y los desechos de pescadería han sido fuente importante de proteínas utilizados en las unidades de producción bovina (Gerón *et al.*, 2007), éstos son tratados con diferentes métodos que permiten su almacenamiento para su posterior utilización, algunos de los procesos de conservación utilizados para estos productos son mediante la aplicación de procesos biotecnológicos, como es el caso del ensilaje, o mediante el secado y salado (Copes *et al.*, 2006). Aunque en el ensilaje de pescado se produce cierta hidrólisis de las proteínas el valor nutritivo de la materia prima se mantiene y se puede utilizar para sustituir fuentes tradicionales de proteínas en la alimentación de los animales domésticos (Ferraz *et al.*, 2007). El “pez diablo” (*Pterygoplichthys pardalis*) se ha propagado en Tabasco en forma exponencial (Wakida-Kusunoki *et al.*, 2007) y es

considerado actualmente como una plaga de alto impacto en los sistemas de producción acuícolas, debido a su resistencia a enfermedades, fácil adaptación y ausencia de depredadores (Mendoza *et al.*, 2007). Este pez invade cuerpos de aguas en donde compite por alimento y espacio con especies nativas de peces, pudiéndolas llevar a la extinción, De igual forma, en los sistemas de producción acuícolas, estos peces dificultan enormemente implementar técnicas de control biológico causando daños ecológicos y socioeconómicos (Escalera, 2011). El objetivo de este trabajo fue evaluar el pez diablo como una fuente de proteína alternativa en el cambio de peso de toretes en pastoreo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Utilizar el pez diablo como una fuente de proteína alternativa, económicamente factible para contribuir a mejorar los sistemas de producción bovina.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Estudiar el efecto del ensilado de pez diablo como fuente de proteína en el cambio de peso de toretes en pastoreo.
- 2) Estudiar el efecto del pez diablo seco y salado como fuente de proteína en el cambio de peso de toretes en pastoreo.

## **3. HIPÓTESIS**

La proteína del pez diablo incrementará los parámetros productivos de los toretes en pastoreo igual o superior a la proteína de la pasta de soya.

## **4. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1. Característica de la producción bovina en el trópico**

De acuerdo con (González *et al.*, 2001), las zonas tropicales presentan un enorme potencial para la producción ganadera, pues sus características ambientales, así como su amplia superficie, permiten el desarrollo de una gran diversidad de especies vegetales (nativas e introducidas) que se pueden utilizar en la producción animal. En esta zona, los sistemas tradicionales de producción se caracterizan por ser extensivos. El sistema más importante de producción es el de doble propósito, ya que este, es considerado como un sistema ganadero tradicional de producción de la región tropical donde mediante cruzamientos de razas europeas (*Bos Taurus*) especializadas o criollas con razas cebuinas (*Bos indicus*) se obtienen simultáneamente los productos leche y carne (Pérez *et al.*, 2003). Su principal característica es la práctica de un ordeño manual utilizándose el ternero para estimular la bajada de la leche, criándolo hasta el destete, que coincide con la terminación de la lactancia (Hernández *et al.*, 2001). Cabe mencionar que en Veracruz, Chiapas y Tabasco se concentra el 80 % de la ganadería de Doble Propósito y el resto se distribuye en los diferentes estados con clima subtropical (Rivas, 1992). Este sistema genera el 50 % de la producción nacional de carne (INEGI, 2007)

### **4.2. Producción de bovinos de carne en Tabasco**

La producción promedio anual registrada en los últimos siete años es de 55.4 mil toneladas de carne. En el año 2013 se alcanzó una producción de 70.38 mil toneladas de carne, con estos volúmenes de producción, Tabasco se situó a nivel nacional en el 9º lugar como productor de carne (SIAP, 2013). El subsector pecuario participa con el 50.9 % del ingreso sectorial, destacando la ganadería bovina como la principal actividad, con la producción de carne, la cual la desarrollan aproximadamente 27 mil productores (SAGARPA, 2012). Los mayores incrementos de producción

se ubican en entidades en donde han cobrado relevancia la engorda y finalización de ganado en corral, lo que permite incrementar la durabilidad de la carne obtenida y por tanto un mejor precio o una mayor facilidad para su comercialización (SIAP, 2013).

### **4.3. Importancia de la suplementación estratégica en el trópico**

La suplementación estratégica es una tecnología que permite la eficiente utilización de recursos disponibles, tanto de la dieta base como del suplemento, contribuyendo sustancialmente al mejoramiento de los parámetros productivos y reproductivos en las unidades de producción en que es utilizada, estas estrategias permiten utilizar en las unidades de producción diversos tipos de suplementos en la alimentación de los rumiantes como heno, ensilaje, excretas de animales, sales minerales, alimentos balanceados comerciales y alimentos balanceados elaborados en las explotaciones agropecuarias (Tobía *et al.*, 2000). De acuerdo con (Sánchez y García, 2001), en condiciones tropicales de clima cálido húmedo, el manejo de los pastos y el rendimiento forrajero afectan la composición mineral de la planta y con ello al animal en condiciones de pastoreo, por lo tanto, el bajo potencial alimenticio de los forrajes tropicales especialmente en sequía, determina la necesidad de ofrecer a los animales un suplemento nutricional de elementos energéticos, proteicos y minerales, con el propósito de que los mismos logren una mayor productividad.

### **4.4. Metabolismo del nitrógeno en rumiantes**

De acuerdo con (Mejía-Haro, 2007), la proteína consumida por los rumiantes es degradada por las bacterias y los protozoarios en el retículo-rumen. Una fracción de la proteína del alimento escapa al rumen, pero el resto es degradada a péptidos, aminoácidos libres, que son atacados por enzimas y finalmente se libera amoníaco. Estos subproductos son utilizados para la síntesis de proteína por los microorganismos del rumen. La proteína microbiana más la proteína que escapa al rumen (llamada proteína de sobrepaso ruminal) proveen de aminoácidos al animal; cuando la

degradación de la proteína es rápida, los microorganismos no pueden utilizar todos los péptidos, aminoácidos y amoníaco liberados y entonces más proteína es degradada que sintetizada, constituyendo una pérdida de proteína (en forma de amoníaco).

Por otro lado (Cronje, 2000) señala que los rumiantes, al igual que en los animales mono gástricos, las necesidades de nitrógeno de los tejidos son cubiertos por los aminoácidos absorbidos en el intestino delgado. Como resultado de la actividad de los microorganismos del rumen, el modo de utilización de las proteínas por los rumiantes difiere significativamente del que tiene lugar en los animales mono gástricos. Los microorganismos del rumen se caracterizan por su gran capacidad para sintetizar todos los aminoácidos, incluyendo los esenciales, necesarios para el animal. Por lo tanto, los rumiantes son menos dependientes de la calidad de la proteína ingerida. Durante el paso de los alimentos por el rumen, gran parte de la proteína se degrada hasta péptidos por acción de las proteasas. Los péptidos son catabolizados hasta aminoácidos libres, y éstos hasta amoníaco, ácidos grasos volátiles y dióxido de carbono. El amonio ( $\text{NH}_4$ ), especialmente, es utilizado por los microorganismos si existe suficiente energía (carbohidratos), para la síntesis de proteínas y demás componentes de las células microbianas como los componentes nitrogenados de la pared celular y los ácidos nucleicos. Si bien el amonio es la fuente principal de nitrógeno para los microorganismos, hay especies de bacterias que obtienen un alto porcentaje (20-50 %) de su nitrógeno total a partir de aminoácidos y péptidos. Por esto, se logra una mayor síntesis de proteína microbiana y una mayor eficiencia en el uso del nitrógeno, cuando las dietas con alto contenido de NNP son suplementadas con proteína verdadera. Parte del amoníaco liberado en el rumen no puede ser fijado por los microorganismos, entonces se absorbe y es llevado por la sangre hasta el hígado, donde se transforma en urea, siendo la mayor parte no utilizada por el animal y excretada en la orina.

#### **4.5. Proteína degradable**

De acuerdo con (Mejía-Haro, 2007) la degradabilidad ruminal de la proteína de los alimentos es un factor importante que afecta al aporte de aminoácidos al intestino delgado del ganado bovino de alta producción. La velocidad y la cantidad total de proteína degradada en el rumen pueden condicionar la cantidad de proteína bacteriana sintetizada en el rumen y determinar la cantidad total de proteína alimenticia no degradada que llega al duodeno. La cantidad de proteína degradada en el rumen depende en gran medida de la actividad proteolítica de las bacterias ruminales, el acceso de las bacterias a la proteína y el tiempo de retención de las partículas alimenticias en el rumen. (Herrera-Saldaña, 1990) menciona que los rumiantes son animales capaces de utilizar una gran variedad de fuentes nitrogenadas, gracias a la simbiosis con los microorganismos del rumen. De esta manera, pueden ser degradados desde compuestos nitrogenados con un gran peso molecular y estructura compleja (proteínas animales), hasta compuestos simples de estructura sencilla (urea, sales de amonio). La cantidad, solubilidad y velocidad con la que una fuente de nitrógeno es degradada en el rumen depende de las características físico-químicas de dicho compuesto y de las condiciones del medio ruminal.

#### **4.6. Importancia de la proteína de escape en la producción**

Los suplementos proteicos de origen animal, como las harinas de carne y huesos, de sangre, de plumas hidrolizadas o de pescado, son alimentos con alto contenido en proteína total y en proteína no degradable en el rumen si se compara con otros alimentos de origen vegetal, sin embargo, la palatabilidad, la calidad proteica, la absorción intestinal de aminoácidos, el costo por unidad de proteína y la disponibilidad y regularidad del suministro y de la calidad del producto, así como el

efecto en la producción animal son elementos clave para decidir qué suplemento de origen animal debemos utilizar en la formulación de raciones para rumiantes.

#### **4.7. Pez diablo**

Los bagres loricáridos denominados ``plecos'', género *Pterygoplichthys* (Figura 1), son nativos de las zonas templadas y tropicales de América del Sur, especialmente la cuenca del río Amazonas (Nico, 2001). Desde hace más de 55 años, estos peces han sido populares en el acuarismo, lo que ha facilitado su introducción y establecimiento en zonas fuera de su área de distribución natural (Wakida-Kusunoki *et al.*, 2007). En México, el primer reporte de este tipo de pez se realizó en 1995 en el río Mezcalapa, en la cuenca del río Balsas (Guzmán y Barragán, 1997). Posteriormente se registró su presencia en la presa el Infiernillo, Michoacán, donde se ha relacionado con graves consecuencias para la producción pesquera (Mendoza *et al.*, 2007).

Los efectos ambientales relacionados con la dispersión de los plecos, se relacionan con la disminución de las capturas de peces y langostinos, además se reconocen pérdidas económicas como consecuencia de los daños en las redes cuando son capturados, debido a la resistencia de las placas externas armadas con espinas (Wakida-Kusunoki *et al.*, 2007). Los efectos documentados de la introducción de este tipo de peces incluyen problemas de azolvamiento y erosión en reservorios y canales, debido a las madrigueras y túneles que realizan los machos adultos (Hoover *et al.*, 2004), la muerte de aves por atragantamiento (Bunkley-Williams *et al.*, 1994) y la alteración de la dinámica de las cadenas tróficas, así como la competencia con peces nativos (Nico y Martin, 2001). La dispersión continua de este tipo de especies y los efectos negativos asociados con su presencia, hacen necesario que se propongan medidas para su control y erradicación.



**Figura 1.** Vista lateral y ventral de *Pterygoplichthys pardalis*.

#### **4.8. Conservación del pescado mediante ensilaje biológico**

Los ensilados biológicos de pescado y desechos de pescadería se basan en la fermentación ácido-láctica y son un excelente producto proteínico de alto valor biológico que se ha empleado para la alimentación animal y se han elaborado con especies de pescado de bajo valor comercial, desechos de peces marinos y del pescado de las industrias (Viddotti, 2003). En su elaboración se han empleado, como inóculo, distintas cepas de bacterias ácido-lácticas y melaza como fuente de carbohidratos por su alta composición de azúcares como glucosa, fructosa y sacarosa (Nwanna, 2003).

#### **4.9. Importancia de la fermentación ácido láctica**

La fermentación ácido-láctica puede recuperar algunos componentes de los productos o subproductos fermentados como proteína, quitina, minerales y lípidos (López *et al.*, 2006). Algunas cepas de bacterias ácido-lácticas son capaces de degradar las aminas biogénicas empleando las amino-oxidasas, lo que reduce la concentración de ellas (Dapkevicius *et al.*, 2000) reduciendo el crecimiento de hongos y bacterias patógenas responsables de la putrefacción, además, la acidez de la fermentación permite la estabilidad de aminoácidos, como isoleucina, treonina, cistina,

metionina y lisina por lo cual se mantienen valores similares a los de la harina de pescado (Viddotti *et al.*, 2003).

#### **4.10. Fermentación en estado sólido**

La fermentación en medio sólido es una tecnología que tuvo sus orígenes como un arte ancestral. Originalmente, estos procesos fueron aquellos en los que hongos filamentosos invadían ciertos materiales sólidos que luego eran consumidos por las personas, por ejemplo el Koji y el Tempeh que son alimentos tradicionales asiáticos, así como también, los quesos camembert y roquefort en Europa (Viniegra-González, 1995). La característica esencial de la fermentación sólida es el crecimiento del microorganismo sobre un sustrato insoluble sin una fase libre, variando el nivel de humedad del 30 a 80 %, en esta fermentación se pueden obtener productos de alto valor agregado (Castillo *et al.*, 2000), como etanol, enzimas, antibióticos, hongos comestibles, ácidos orgánicos, aminoácidos, pigmentos, metabolitos secundarios, etc. (Holker *et al.*, 2004), debido a los bajos niveles de humedad y a la disminución del volumen del medio por unidad de peso de sustrato, además de que se obtiene una alta productividad, los volúmenes de fermentación son menores a los sistemas sumergidos y el tratamiento del efluente es reducido (Aguilar *et al.*, 2001).

#### **4.11. Microorganismo eficientes benéficos activados (MEBA)**

Dentro de los MEBA, están los inóculos microbianos de levaduras y lactobacilos, que son productos biológicos capaces de producir cantidades apreciables de ácidos orgánicos de cadena corta como láctico, acético, propiónico, succínico y pirúvico, vitaminas y enzimas. Estos inóculos son activadores en los procesos fermentación, además, estimulan la producción de ácidos orgánicos, disminuyen el pH, incrementan y estabilizan las proteínas, aumentan la digestibilidad

de la materia seca y disminuyen las fracciones de la pared celular de las materias alimentarias que se someten a su acción. (Elías y Herrera, 2008).

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Localización geográfica del área de estudio

Este trabajo se realizó en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, ubicado en el km 21 de la carretera Cárdenas-Coatzacoalcos, en H. Cárdenas, Tabasco México, durante los meses de abril a julio del 2014, que corresponden a la época de secas. El sitio se localiza a los  $17^{\circ} 59'' 15.6''$  de latitud Norte y  $93^{\circ} 35'' 06.9''$  de longitud Oeste y una altitud de 9 m. (Figura 2).

### 5.2. Descripción climática del área de estudio

El clima es tropical húmedo, con temperatura media anual de  $26.2^{\circ}\text{C}$ , precipitación media anual de 2240 mm, la humedad relativa media mensual es superior al 80 %, (García, 1987). Los análisis bromatológicos se realizaron en el laboratorio de Ciencia Animal del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco ubicado en el km 3.5 de la carretera Cárdenas- Huimanguillo en H. Cárdenas, Tabasco, México.



**Figura 2.** Mapa de localización y fotografía del campo experimental del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, México

### **5.3. Animales, diseño experimental y tratamientos.**

Se utilizaron 21 toretes cruzados (*Bos taurus* x *Bos indicus*) enteros, sin implante, con un peso vivo (PV) promedio inicial de  $193 \pm 38$  kg, durante 120 días (d), 30 d de adaptación al manejo y al suplemento y 90 d de medición, distribuidos en un diseño completamente al azar con medidas repetidas, con tres tratamientos (suplementos) y siete repeticiones por tratamientos (animales). Después de los 30 d de adaptación, los animales se pesaron cada 30 d a las 8:00 con ayuno de 14 h. Se utilizó el peso inicial como covariable, cuando ésta fue significativa ( $p \leq 0.05$ ), los resultados se ajustaron por este factor. Los tratamientos (T) evaluados fueron: T1: pez diablo ensilado como fuente de proteína en un suplemento (PDECFP), T2: pez diablo seco y salado como fuente de proteína en un suplemento (PDSSCFP) y T3: pasta de soya como fuente de proteína en un suplemento (PSCFP), este último tratamiento se utilizó como un testigo positivo.

### **5.4. Elaboración de los suplementos.**

Los suplementos se elaboraron cada 10 días de acuerdo con los ingredientes y porcentajes indicados en el Cuadro 1, éstos se formularon para ser isoproteínico e isoenergético. Como activador de la fermentación láctica, se elaboró un inóculo microbiano (IM) obtenido de la fermentación en estado líquido mezclando 4 % de pasta de soya, 4 % de pulido de arroz, 15 % de melaza, 0.5 % de sales minerales, 0.5 % de urea, 0.3 % de sulfato de magnesio, 5 % de yogur natural Yoplait® y 70.7 L de agua (Cuadro 2) en un tanque de 200 L, y se agitó cuatro veces al día durante cinco minutos por tres días. Una vez obtenido el IM se mezcló de acuerdo al cuadro 1 para obtener los suplementos, lo cual se realizó en una mezcladora horizontal con rotor de cintas estacionaria con capacidad de 500 kg. Después del mezclado, los alimentos se envasaron en bolsas con capacidad de 500 kg, para mezclar de forma perfecta los ingredientes para una fermentación homogénea. Luego el producto se envasó en bolsas de nylon de 40 kg (Figura 3), las cuales se

cerraron y empacaron en costales de rafia y almacenaron anaeróbicamente durante 10 d, creando un ambiente anaeróbico.

Para la obtención del ensilado de pez diablo, el pez diablo fue capturado y trasladado a las instalaciones de la división de ingeniería bioquímica en alimentos del Instituto Tecnológico de la Sierra (ITSR). El pez fue lavado, cortado y licuado (sin la cabeza), posteriormente fue mezclado con ácido fosfórico (2,600 ml/1000 kg) y con ácido cítrico (3,000 g/1000 kg), finalmente el producto se envasó para su almacenamiento en bolsas de nylon con un peso promedio de 20 kg. Para la obtención del pez diablo seco salado, se utilizó un proceso similar al anteriormente descrito, solo que este ya no fue mezclado con ácidos, sino con 30 % de cloruro de sodio (NaCl), posteriormente el producto final fue secado al sol y envasado y almacenado en bolsas de nylon de 20 kg.

### **5.5. Manejo de los animales y su alimentación.**

Al inicio del experimento, los animales fueron desparasitados internamente de manera oral con 20 ml de Parafen facionil (Aranda S. A. de C.V) y externamente cada 15 días contra garrapatas con Trak (Lapisa, S.A. de C.V) (Figura 4). También se les aplicó de forma intramuscular, 10 ml de vitaminas ADE Vigantol (Bayer S. A. de C.V).

El suplemento se les ofreció diariamente en las mañanas en corraletas individuales (Figura 5), de acuerdo con un balance alimenticio que se realizó al inicio del experimento y al final de cada mes, tomando en cuenta la disponibilidad del pasto, contenido de proteína cruda y energía metabolizable, además de los requerimientos del programa CalRac<sup>®</sup>, Rumiantes V3, para una GDP de un kg animal día<sup>-1</sup>. Después de consumir el suplemento, todos los animales salían a pastorear en el mismo potrero donde tuvieron agua a voluntad.

**Cuadro 1.** Ingredientes base seco y húmedo utilizados para elaborar los suplementos.

	<b>PDECFP<sup>1</sup></b>		<b>PDSSCFP<sup>2</sup></b>		<b>PSCFP<sup>3</sup></b>	
	B. Seco	B. Húmedo	B. Seco	B. Húmedo	B. Seco	B. Húmedo
Ensilaje de pez diablo	15.0	27.2	-----	-----	-----	-----
Pez diablo seco y salado	-----	-----	28.0	30.0	-----	-----
Pasta de soya	-----	-----	-----	-----	16.0	14.0
Maíz	20.0	14.9	19.5	16.1	20.0	17.7
Sorgo	32.5	24.5	20.0	16.7	31.5	28.3
Salvadillo de trigo	12.5	9.5	12.5	10.5	12.5	11.3
Inóculo microbiano	2.0	8.8	2.0	9.8	2.0	10.5
Urea	0.5	0.3	0.5	0.4	0.5	0.4
Minerales	2.0	1.3	2.0	1.5	2.0	1.6
Melaza	15.0	13.2	15.0	14.7	15.0	15.8
Sulfato de magnesio	0.5	0.3	0.5	0.4	0.5	0.4
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<b>Análisis calculado:</b>						
Materia seca, %	66.21		73.48		78.95	
Proteína cruda, %	16.01		16.03		16.07	
Energía Metabolizable (Mcal kg <sup>-1</sup> MS)	2.82		2.84		2.81	



**Figura 3.** Pesaje de ingredientes y envasado del suplemento terminado.

**Cuadro 2.** Ingredientes para elaboración del inóculo microbiano de levaduras y lactobacilos.

Ingredientes	% Inclusión
Melaza	15
Urea	0.4
Minerales	0.5
Agua	70.8
Sulfato de magnesio	0.3
Pulido de arroz	4
Pasta de soya	4
Yogurt(yoplait natural®)	5



**Figura 4.** Aplicación de vitaminas ADE intramuscular y desparasitante externo por aspersión.



**Figura 5.** Alimentación de toretes en corraletas individuales.

### 5.6. Manejo de los pastos

Para el pastoreo se utilizaron dos potreros (pastoreo alternado), con una superficie total de 6.6 ha, por lo tanto la carga animal al inicio del experimento correspondió a 3.2 animales ha<sup>-1</sup> y 1.5 unidad animal (UA), y al final del experimento, una carga animal de 3.2 animales ha<sup>-1</sup> y 2.0 UA. La duración de ocupación por potrero fue de 25 d. Los pastos presentes en los potreros fueron

Egipto (*Brachyaria mítica*), Cabezón (*Paspalum virgatum*) y Camalote (*Paspalum fasciculatum*) (Figura 6).



**Figura 6.** Toretos pastoreando en potrero.

## **5.7. Variables medidas**

### **5.7.1. Composición química de los suplementos**

Materia seca, cenizas y nitrógeno total según AOAC (2012).

### **5.7.2. Composición química del pasto**

Materia Seca, cenizas y nitrógeno total según AOAC (2012), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), según Van Soest *et al.* (1991).

### **5.7.3. Consumo del suplemento (CS)**

Este se midió diariamente en corraletas individuales, se obtuvo por diferencia del alimento ofrecido menos el alimento rechazado durante media hora.

#### **5.7.4. Consumo de pasto (CP)**

Al final del experimento, a todos los animales se les suministró 3 g de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, durante 15 días consecutivos, cubierto con bolsa de papel y mezclado con melaza, para asegurar que fuera ingerido totalmente por el animal. Los últimos cinco días se recolectaron heces directamente del recto del animal y se secaron a temperatura ambiente, hasta que se obtuvo el último muestreo. Posteriormente, se mezclaron la misma cantidad de las heces de cada animal, obtenidas durante los cinco días, para hacer 21 muestras compuestas, una por cada animal; se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C, hasta alcanzar el peso constante. Estas muestras se molieron en un molino Willey, con malla de 1.0 mm, para análisis posteriores.

La concentración de cromo en las heces se determinó en un espectrofotómetro de absorción atómica (Spectra 10, Varian), la preparación de las muestras se realizó según (Williams *et al.*, 1962); se determinó, también, el contenido de cenizas insolubles en ácido (CIA) en los suplementos, pastos y heces (Keulen y Young, 1977). El consumo de pasto y la digestibilidad total de la MS (DTMS) de los animales suplementados se estimó según (Geerken *et al.*, 1987). Se determinó, también, el contenido de cenizas insolubles en ácido (CIA) en los suplementos, pastos y heces (Keulen y Young, 1977), el CP se estimó según Geerken *et al.* (1987). El consumo total de materia seca (CTMS) se determinó sumando el CP + CS. El índice de consumo (IC) se estimó en relación al porcentaje del PV del animal. La digestibilidad total de la materia seca (DTMS) se estimó según Keulen y Young (1977).

#### **5.7.5. Ganancia diaria de peso (GDP)**

Los animales se pesaron al final de cada mes, en las mañanas con un ayuno de 12 horas. Para conocer la GDP, el peso del animal se dividió entre el número de días de medición.

### **5.7.6. Conversión alimenticia**

La conversión alimenticia (CA) se calculó dividiendo el consumo total de materia seca (CTMS) y la GDP.

### **5.7.7. Degradación ruminal de la materia seca del pasto y de los suplementos**

Se incubaron en rumen de animales fistulados, según tratamientos, 5 g de muestra seca y molidas con criba de 2 mm, en bolsas de poliseda (10 x 20 cm) por duplicado, a las 24 h para suplementos y 48 h para pastos, según la metodología de (Ørskov *et al.*, 1980).

### **5.7.8. Costo (\$) de 1 kg de suplemento base húmeda (bh)**

Se multiplicó el porcentaje de inclusión base húmeda de los ingredientes utilizados (Cuadro 1) por el costo de un kg de cada ingrediente dividido entre 100. Los costos de los ingredientes se fijaron de acuerdo a la fecha en que fueron adquiridos, que correspondió al mes de marzo del 2014.

### **5.7.9. Inversión (\$) por concepto del suplemento**

Se multiplicó el costo de un kg de suplemento BH, por el consumo del suplemento BH.

### **5.7.10. Costo (\$) para producir 1 kg de carne en pie por concepto de suplementación**

Esta variable se determinó dividiendo la inversión por concepto del suplemento entre la GDP.

## **5.8. Análisis estadísticos**

El análisis de los resultados de la GDP total (GDPT) y consumo de suplemento se analizó por ANOVA con el procedimiento PROC MIXED y para las variables composición química de los pastos y suplementos, GDP por periodos de pesaje, CP, CT, IC, CA y DTMS con el procedimiento PROC GLM con el sistema de análisis estadístico SAS versión 9.4.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Composición química de los suplementos

Se encontró diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) en los indicadores MS, CEN, PC y FDN (Cuadro 3). Los bajo valores de MS en los tres suplementos, se debe al inóculo microbiano agregado, que es obtenido mediante una fermentación en estado líquido y su contenido de humedad es de 85%, así mismo, el valor más bajo de MS del suplemento PDECFP se debe a que el ensilaje de pez diablo tiene 63.42 % de humedad. El alto contenido de cenizas del suplemento PDSSCFP se debe a que se le agregó el 30 % del pez diablo seco y salado (Cuadro 1) y este tiene 43.88 % de cenizas. El porcentaje de PC de los suplementos PDECFP y PDSSCFP fue menor al calculado (Cuadro 1), esto puede deberse a que el pez diablo ensilado y el pez diablo seco salado, no tuvieron los niveles de proteína reportados por Rabia (1993).

**Cuadro 3.** Indicadores químicos (%) de los suplementos

SUPLEMENTOS	MS	CEN	PC	FDN	DRMS
PDECFP	65.00 <sup>c</sup>	10.848 <sup>b</sup>	14.920 <sup>b</sup>	20.556 <sup>b</sup>	77.560 <sup>a</sup>
PDSSCFP	71.97 <sup>b</sup>	21.864 <sup>a</sup>	14.557 <sup>b</sup>	20.000 <sup>b</sup>	81.083 <sup>a</sup>
PSCFP	80.31 <sup>a</sup>	8.550 <sup>c</sup>	17.473 <sup>a</sup>	31.389 <sup>a</sup>	81.057 <sup>a</sup>
EE±	2.34 <sup>***</sup>	0.07 <sup>***</sup>	0.14 <sup>***</sup>	1.20 <sup>***</sup>	2.02

<sup>ab</sup>Medias con diferentes superíndice en la misma columna difieren a ( $p < 0.05$ ). <sup>\*\*\*</sup> $p < 0.001$

**PDECFP:** Ensilaje de pescado como fuente de proteína; **PDSSCFP:** Pescado seco y salado como fuente de proteína; **PSCFP:** Pasta de soya como fuente de proteína, **MS:** Materia seca; **CEN:** Cenizas; **PC:** Proteína cruda; **FDN:** Fibra detergente neutra; **DRMS:** Degradación ruminal de la materia seca.

## 6.2. Composición química de los pastos

Se encontró diferencias ( $p < 0.05$ ) en los indicadores químicos MS, PC, CEN, FDA, DRMS de los pastos presentes en los potreros en donde pastorearon los toretes (Cuadro 3). La mejor composición química correspondió al *Brachyaria mítica*, sus valores de MS y PC son similares a lo reportado por Melendez (1988). Los pastos *Paspalum virgatum* y *Paspalum fasciculatum* tuvieron los valores más bajo de composición química y pueden considerarse de bajo valor nutritivo, según Rojas *et al.* (2003), estos pastos son considerados malezas. El contenido de PC fue menor al 7 %, Raciél (2003) menciona que si la PC de los pastos es menor a 7 %, el consumo de forraje disminuye ya que las bacterias no pueden digerir rápidamente la fibra y el material es retenido por un mayor tiempo en el rumen del animal. Camps y González (2001), indican también que el exceso de fibra reduce la capacidad de ingestión, digestibilidad, síntesis de proteína microbiana y el aporte de energía. En este trabajo, a pesar de que los animales fueron suplementados, el índice de consumo fue menor al 3 % (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Indicadores químicos de los pastos presentes en los potreros.

PASTOS	MS, %	CEN, %	PC, %	FDN, %	FDA, %	DIMS, %
Egipto	24.43 <sup>a</sup>	9.06 <sup>a</sup>	8.33 <sup>a</sup>	76.50 <sup>a</sup>	49.50 <sup>b</sup>	62.39 <sup>a</sup>
Camalote	22.04 <sup>a</sup>	8.79 <sup>a</sup>	6.73 <sup>ab</sup>	78.55 <sup>a</sup>	53.80 <sup>a</sup>	40.54 <sup>b</sup>
Cabezón	21.83 <sup>a</sup>	8.84 <sup>a</sup>	6.14 <sup>b</sup>	79.58 <sup>a</sup>	52.95 <sup>a</sup>	37.83 <sup>b</sup>
EE±	0.46	0.46	0.32 <sup>**</sup>	0.72	0.59 <sup>*</sup>	2.23 <sup>**</sup>

<sup>a</sup><sup>b</sup>Medias con diferentes superíndice en la misma columna difieren a ( $p < 0.05$ ) \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$   
**MS:** Materia seca; **CEN:** Cenizas; **PC:** Proteína cruda; **FDN:** Fibra detergente neutra; **FDA:** Fibra detergente acida; **DIMS:** Digestibilidad *in situ* de la materia seca.

### **6.3. Consumo de suplemento, consumo de pasto, índice de consumo, conversión alimenticia y costo de producción de 1 kg de carne en pie.**

Se encontró diferencia ( $p < 0.001$ ) en el consumo del suplemento en base húmedo y base seco ( $p < 0.05$ ). Los animales que consumieron el PDSSCFP tuvieron el menor consumo en base húmedo, sin embargo, al expresarlo en base seca, no se encontró diferencias respecto a los animales que consumieron el PDECFP (Cuadro 5) debido a que el suplemento PDSSCFP tiene mayor contenido de MS (Cuadro 2). Los animales suplementados con PSCFP tuvieron los mayores consumos, lo cual puede deberse a que la pasta de soya, posee una alta palatabilidad, lo cual incrementa el consumo voluntario de las dietas en las que se adiciona. Los animales que consumieron el suplemento PDECFP, al principio se observó un bajo consumo, relacionado tal vez con la característica ácida del ensilado, pero con el paso del tiempo los animales se adaptan y el consumo se incrementa. Los animales suplementados con el PDSSCFP tuvieron los valores más bajos de consumo de pasto, índice de consumo y conversión alimenticia (Cuadro 5), lo anterior pudiera estar relacionado con el contenido de sal presente en este suplemento.

Los índices de consumo de los animales suplementados con el PDSSCFP son similares a los reportado por Cano *et al.* (2003), ellos reportaron índice de consumo de 2.5 % en animales en pastoreo suplementados con Saccharina, sin embargo, los animales que consumieron los suplementos PDECFP y PSCFP tuvieron mayor consumo, los cuales fueron de 2.9 %, Ramos *et al.* (1998) reportaron índices de consumo de 3.3 % en animales en pastoreo suplementados con pasta de soya como fuente de proteína, mayor que el obtenido en el presente estudio. Por otra parte, el costos de producción de 1 kg de carne en pie por concepto de suplementación, es mayor en los animales suplementados con PSCFP debido a que hay un mayor consumo de suplemento de mayor costo, por lo tanto, la inversión por concepto del suplemento es mayor.

**Cuadro 5.** Consumo de suplemento, consumo de pasto, índice de consumo y conversión alimenticia de los toretes en pastoreo suplementados.

<b>FACTORES</b>	<b>PDECFP<sup>1</sup></b>	<b>PDSSCFP<sup>2</sup></b>	<b>PSCFP<sup>3</sup></b>	<b>EE±</b>
Consumo del suplemento, Kg d <sup>-1</sup> BH	2.343 <sup>b</sup>	2.039 <sup>c</sup>	2.833 <sup>a</sup>	0.65 <sup>**</sup>
Consumo del suplemento, Kg d <sup>-1</sup> BS	1.523 <sup>b</sup>	1.467 <sup>b</sup>	2.275 <sup>a</sup>	0.0078 <sup>*</sup>
Consumo del suplemento, g de MS kg <sup>-1</sup> del PV	6.4 <sup>b</sup>	6.2 <sup>b</sup>	9.2 <sup>a</sup>	0.08 <sup>*</sup>
Consumo de pasto, kg MS d <sup>-1</sup>	5.448 <sup>a</sup>	4.665 <sup>a</sup>	5.107 <sup>a</sup>	0.09
Consumo total Kg MS d <sup>-1</sup>	6.971 <sup>a</sup>	6.133 <sup>b</sup>	7.383 <sup>a</sup>	0.09 <sup>*</sup>
Índice de Consumo	2.873 <sup>a</sup>	2.560 <sup>b</sup>	2.946 <sup>a</sup>	0.03 <sup>*</sup>
Conversión alimenticia	7.624 <sup>b</sup>	8.734 <sup>a</sup>	7.941 <sup>b</sup>	0.18 <sup>*</sup>
Digestibilidad total MS, %	75.012 <sup>b</sup>	87.421 <sup>a</sup>	87.592 <sup>a</sup>	0.08 <sup>***</sup>

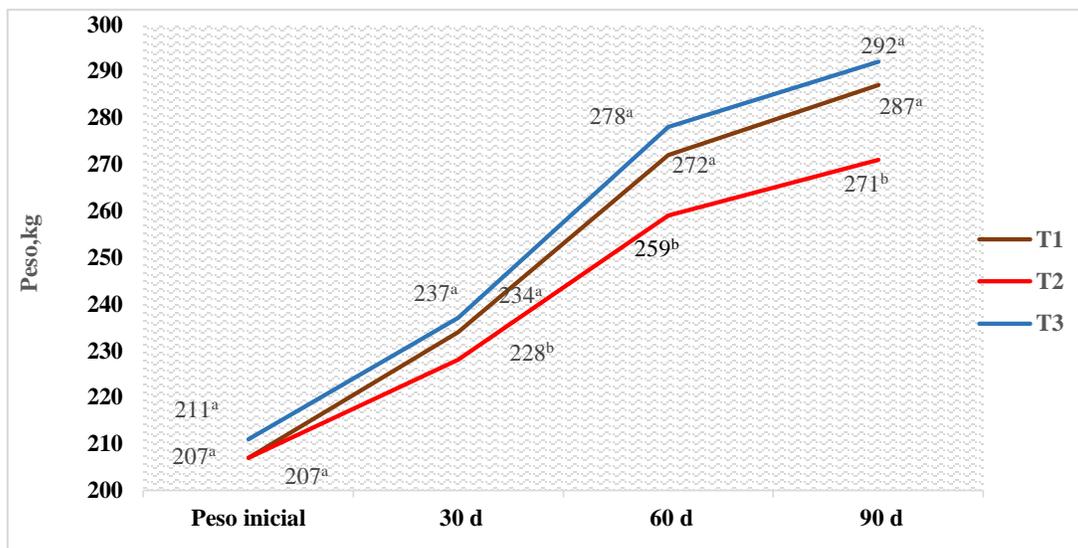
<sup>ab</sup>Medias con diferentes superíndice en la misma fila difieren a (p<0.05).

\*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

<sup>1</sup>**PDECFP**: Ensilaje de pescado como fuente de proteína; <sup>2</sup>**PDSSCFP**: Pescado seco y salado como fuente de proteína; <sup>3</sup>**PSCFP**: Pasta de soya como fuente de proteína.

#### 6.4. Cambio de peso en el tiempo de los toretes en pastoreo

En esta variable se encontró diferencias ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos, los valores más altos se encontraron en los tratamientos EPDCFP y el tratamiento testigo PSCFP sin diferencias estadísticas entre ellos (Figura 7). Los valores más bajos se encontraron en el tratamiento en donde la proteína la aportaba el tratamiento PDSSCFP.



**T1:** Ensilaje de pez diablo como fuente de proteína. **T2:** Pescado seco y salado como fuente de proteína. **T3:** Pasta de soya como fuente de proteína.

**Figura 7.** Cambio de peso de los toretes en pastoreo suplementados.

#### 6.5. Ganancia diaria de peso de los toretes en pastoreo en cada pesaje y total

En relación a la GDP, se encontró diferencias ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos estudiados. Cuando ésta se midió por periodos de pesajes, a los 0 a 30 d y 30 a 60 d, las mayores ganancias de peso se encontraron en los animales que consumieron el EPDCFP y PSCFP, sin diferencias entre ellos, los animales suplementados con el PDSSCFP tuvieron la menor GDP. En el periodo de 60 a 90 d, no se encontró diferencias entre los tratamientos estudiados, en todos los tratamientos, las GDP

disminuyeron (Cuadro 6), una de las causas de que en este último periodo los animales disminuyeran sus GDP, podría ser, de que al estar en la etapa reproductiva y no estar implantados, se empezaron a montar entre ellos aumentando el desgaste de energía, al respecto, Barajas (2010), menciona que cuando los toretes en finalización no están implantados, hay una pérdida de peso de 25.6%.

**Cuadro 6.** Ganancia diaria de peso (GDP) de los toretes en pastoreo por pesajes y total

<b>Factores</b>	<b>PDECFP<sup>1</sup></b>	<b>PDSSCFP<sup>2</sup></b>	<b>PSCFP<sup>3</sup></b>	<b>EE±</b>
Peso inicial(kg)	211 <sup>a</sup>	207 <sup>a</sup>	201 <sup>a</sup>	0.64
Peso final(kg)	292 <sup>a</sup>	287 <sup>a</sup>	271 <sup>b</sup>	0.68*
GDP 0 - 30 d, kg	1.028 <sup>a</sup>	0.766 <sup>b</sup>	0.939 <sup>a</sup>	0.06***
GDP 30 - 60 d, kg	1.106 <sup>a</sup>	0.889 <sup>b</sup>	1.184 <sup>a</sup>	0.01*
GDP 60 a 90 d, kg	0.566 <sup>a</sup>	0.524 <sup>a</sup>	0.566 <sup>a</sup>	0.02
GDPt, kg	0.93 <sup>a</sup>	0.74 <sup>b</sup>	0.93 <sup>a</sup>	0.03***

<sup>ab</sup>Medias con diferentes superíndice en la misma fila difieren a ( $p < 0.05$ ) \* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.001$

<sup>1</sup>**PDECFP**: Silo de pescado como fuente de proteína; <sup>2</sup>**PDSSCFP**: Pescado seco y salado como fuente de proteína; <sup>3</sup>**PSCFP**: Pasta de soya como fuente de proteína.

En relación a la GDPt, los animales que consumieron el EPDCFP y PSCFP tuvieron la mayor GDPt, sin diferencias entre ellos, la menor GDPt se encontró cuando los animales consumieron el PDSSCFP (Cuadro 6). Las GDP de los animales que consumieron EPDCFP y PSCFP se pueden considerar excelente en los dos primeros periodos y satisfactorias cuando se midió durante los 90 d (GDPt), sobre todo, tomando en cuenta las características nutricionales de los pastos presentes en los potreros utilizados en este experimento, los cuales presentaron bajo contenido de proteína, baja degradación de la materia seca y alto contenido en fibras (Cuadro 3). Se ha señalado que el bajo valor nutritivo de las gramíneas tropicales, limitan la producción de carne y leche en el trópico (Barros, 2003), debido a que se disminuye la actividad microbiana en el rumen y el consumo voluntario. Raciol (2003), indica que el contenido mínimo de PC en los pastos tropicales para cubrir los requerimientos de los microorganismos ruminales es de 7 % y si se observa el contenido de PC del forraje presente en los potreros, con los pastos *Paspalum virgatum* y *Paspalum fasciculatum* no cubrieron los requerimientos bacterianos ya que su PC es menor a 7 %. La respuesta positiva en las GDP obtenidas con el tratamiento PDECFP y PSCFP, puede deberse a la suplementación nitrogenada. Wickersham *et al.* (2004) mencionan la importancia de proporcionar suplementos proteicos a animales cuya alimentación principal es a base de pastos y forrajes de mala calidad, ya que dichos suplementos, incrementan la cantidad de nitrógeno amoniacal en rumen y como consecuencia, se incrementa la digestibilidad, el consumo voluntario y la síntesis de proteína microbiana. En este trabajo, a pesar de que la calidad de los pastos fue baja, los índices de consumo de los animales que consumieron el PDECFP y PSCFP fue cercano al 3 % del peso vivo base seco y se puede considerar bueno. La pasta de soya tiene una buena calidad proteínica (aminoácidos esenciales) en comparación a otros ingredientes utilizados en la alimentación animal, sin embargo, su proteína tiene una alta degradación ruminal (70 %) y esto pudo influir en la digestibilidad total

de la materia seca de este estudio, ya que los animales que consumieron el suplemento PSCFP tuvieron mayor degradación en relación a los que consumieron el suplemento de PDECFP (Cuadro 4). Andrade *et al.* (2016), mencionan que las proteínas de los suplementos con diferentes tasa de degradación, promueven la fermentación de aminoácidos y péptidos lo cual permite una asimilación constante de nitrógeno por las bacterias ruminales, la cantidad y velocidad con la que una fuente de nitrógeno es degradada en el rumen depende de las características físico-químicas de dicho compuesto y de las condiciones del medio ruminal. Argyle y Baldwin (1989), señalan que los microorganismos ruminales maximizan su crecimiento y producción cuando tienen acceso tanto a nitrógeno no proteínico (NNP) como a proteína, reflejándose esto en el incremento progresivo de peso de los animales en pastoreo. Cervantes *et al.* (1997), mencionan que en animales de alta producción, la proteína microbiana por sí sola no es suficiente para cubrir los requerimientos de proteína metabolizable, en estos casos, el uso de la proteína de escape incrementa el comportamiento productivo de los animales, debido a que hay mayor cantidad de aminoácidos esenciales que escapan a la degradación ruminal y a una mayor digestibilidad de estas proteínas, en comparación con la proteína microbiana. El suplemento PSCFP le aportó 397 g de PC a los animales y el PDECFP les aportó 227 g, sin embargo, las GDP fueron similares, lo cual puede deberse a que la degradación ruminal de la proteína del pez diablo ensilado es menor que la pasta de soya, teniendo los animales una mayor cantidad de proteína metabolizable, por otra parte, cuando el consumo del suplemento se expresó en g de MS kg<sup>-1</sup> de PV, los animales suplementados con el PSCFP consumieron 9.2 y en los animales que consumieron PDECFP fue de 6.4, Elías (1983) y Horn y McCollum (1987), encontraron que la cantidad máxima de suplemento para no afectar la celulolisis ruminal es de 6 g de MS kg<sup>-1</sup> de PV. Cabe mencionar que en el ensilaje de pescado se produce cierta hidrólisis de las proteínas para formar péptidos y aminoácidos, sin

embargo, su valor nutritivo y palatabilidad son óptimos (Ferraz *et al.*, 2007) y se puede utilizar para sustituir fuentes tradicionales de proteínas en la alimentación de los animales domésticos.

### 6.6. Costo para producir 1 kg de carne en pie por concepto de suplementación.

Se encontró diferencias ( $p < 0.01$ ) en los costos (\$) para producir 1 kg de carne en pie por concepto de suplementación (Cuadro 7). Los animales que consumen el suplemento PSCFP tienen el mayor costo debido a que en este tratamiento, los animales consumen más suplemento y este tiene mayor costo. No se encontró diferencias entre los suplementos PDECFP y PDSSCFP para esta variable, a pesar de que los animales que consumen el PDSSCFP tienen el menor consumo de suplemento en base húmeda, pero su GDPt también fue menor.

**Cuadro 7.** Ganancia diaria de peso total (GDPt), consumo, costo e inversión en suplemento y costo para producir 1 kg de carne en pie por concepto de suplementación (CPP1kg).

Tratamientos	GDPt	Consumo suplemento, BH	Costo del suplemento, BH	Inversión en suplemento, \$	CPP1kg
PDECFP <sup>1</sup>	0.937 <sup>a</sup>	2.343 <sup>b</sup>	3.90	9.137 <sup>b</sup>	9.751 <sup>b</sup>
PDSSCFP <sup>2</sup>	0.749 <sup>b</sup>	2.039 <sup>c</sup>	4.05	8.258 <sup>b</sup>	11.025 <sup>b</sup>
PSCFP <sup>3</sup>	0.934 <sup>a</sup>	2.833 <sup>a</sup>	4.62	13.091 <sup>a</sup>	14.016 <sup>a</sup>
EE ±	0.01 <sup>*</sup>	0.02 <sup>**</sup>		0.09 <sup>**</sup>	0.21 <sup>**</sup>

<sup>abc</sup>Medias con diferentes superíndice en la misma columna difieren a ( $p < 0.05$ ) \* $p < 0.05$  \*\* $p < 0.01$

<sup>1</sup>PDECFP: Ensilaje de pescado como fuente de proteína; <sup>2</sup>PDSSCFP: Pescado seco y salado como fuente de proteína; <sup>3</sup>PSCFP Pasta de soya como fuente de proteína

## **8. CONCLUSIONES**

- 1) El ensilaje de pez diablo y la pasta de soya utilizados como fuente de proteína en suplementos para toretes en pastoreo, tuvieron las mayores ganancias diarias de peso, sin diferencias significativas entre ellos.
- 2) El pescado seco y salado usado como fuente de proteína, presentó la menor ganancia diaria de peso.
- 3) El ensilaje de pez diablo es factible utilizarlo como fuente de proteína en los suplementos para toretes en pastoreo.

## 9. LITERATURA CITADA

- Aguilar, C.N., C. Augur, E. Favela-Torres y G. Viniegra-González. 2001. Induction and repression patterns of fungal tannase in solidstate and submerged cultures. *Process Biochemistry* 36(6) 565-570 1.143(3).
- Andrade, De O. P., R. Lopez, Oliveira., S M. Palma, Luz., M C. de Paula., A.Regina, Bagaldo., L. Rocha, Bezerra., B. Rocha, Correia., N, Santana Barreto de Filho. 2016. Digestibilidad, fermentación en rumen y la concentración de metabolitos en novillos alimentados con torta de maní. *Tropical salud y producción animal*. Pp. 403- 409.
- AOAC International. Official Methods of Analysis. 19<sup>th</sup> Ed. Off. Agric Chem 2012; Washington, D.C., U.S.A.
- Argyle, J.L y R. L. Baldwin. 1989. Effects of amino acids and peptides on rumen microbial growth yields. *J. Dairy Sci.*72:2017.
- Barajas, C. R., B. J. Cervantes P., J. A. Romo R., F. Juárez B., J. Aguirre O. 2010. Influencia de la falla del implante hormonal en la respuesta productiva de toretes en ceba. *Zootecnia Trop.*, 28(2): 193-200. 2010.
- Barros MF, Núñez PI, Yoshimi WU, González NW, Evelazio SN (2003) Suplementación con sal mineral proteinada para bovinos de carne en crecimiento y finalización, pastoreando Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) en invierno. *R. Bras. Zootec.* 32: 235-245.

- Bunkley-Williams, L., E. H. Williams Jr, C. G. Lilystrom, I. Corujo-Flores, A. J. Zerbi, C. Aliaume and T. N. Churchill. 1994. The South American sailfin armored catfish, *Liposarcus multiradiatus* (Hancock), a new exotic established in Puerto Rican fresh waters. *Caribbean Journal of Science* 30: 90-94.
- Camps, D.N. y G.O. González. 2001. Semilla de algodón en la alimentación de los bovinos. <<http://www.portalveterinaria.com/modules.php?name=Articles&file=article&sid=75>> /Consultado: 6 de septiembre del 2014/
- Cano. A.L., E.M. Aranda, I., G.D. Mendoza. M., J. Pérez, P., J.A. Ramos, J.2003. Comportamiento de toretes en pastos tropicales suplementados con caña de azúcar y enzimas fibrolíticas. *Tecnica pecuaria*.pp 153-164.
- Castillo, L. R., T. L. M. Alves y R. A. Medronho. 2000. Production and extraction of pectinases obtained by solid state fermentation of agro-industrial residues with *Aspergillus niger*. *Bioresource Technology* 71, 45-50.
- Cervantes, R.M., A.M. Ceseña y R.A. Zinn. 1997. Flujo y digestión de nutrientes en vaquillas Holstein alimentadas con dietas a base de urea o harinolina como fuentes principales de proteína cruda. *Agrociencia*. 31:247.
- Copes, J., K. Pellicer, G. Del Hoyo y R. N. García. 2006. Producción De Ensilado De Pescado En Baja Escala Para Uso De Emprendimientos Artesanales, *Analecta Veterinaria*; 26 (1):58. Consultado en: [ww.fcv.unlp.edu.ar/analecta/volumenes/contenido/110\\_copes\\_ensilado.pdf](http://ww.fcv.unlp.edu.ar/analecta/volumenes/contenido/110_copes_ensilado.pdf).

Cronje, P.B. 2000. Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction.

Dapkevicius, M.L., M.J.Nout, F.M. Rombouts, J.H. Houben and W. Wymenga.2000. Biogenic amine formation and degradation by potential fish silage starter microorganisms. *International Journal of Food Microbiology* 57, 107-114.

Detmann E, Paulino MF and Valadares Filho SC (2010). Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: Proceedings of the 3rd International Symposium on Beef Cattle Production, Viçosa, Brazil. Pp.191–240.

Elías, A. 1983. Digestión de pastos y forrajes tropicales. En: Los pastos en cuba, tomo 2, Utilización, Capítulo IV. Ed. EDICA. La Habana, Cuba. 187 – 246 pp.

Elías, A. y F. R. Herrera. 2008. Producción de alimento para animales a través de procesos biotecnológicos sencillos con el empleo de microorganismos beneficiosos activados (MEBA). Vitafert. Instituto de ciencia animal Habana Cuba. 82p. en imprenta.

Escalera, G. C., D. M. Arroyo y E. R. Moncayo. 2011. Alternativas de aprovechamiento del pleco en el área de Tierra Caliente, Michoacan. CONAPESCA: 1-16.

Espinosa G., J. A., J. A. Matus G., M. A. Martínez D., M. J. Santiago C., H. Román P., y L. Bucio A. 2000. Análisis económico de la tecnología bovina de doble propósito en Tabasco y Veracruz. *Agrociencia* 34 (5): 651-661.

Ferraz de Arruda, L. (2004). Aproveitamento do resíduo do beneficiamento da tilapia do nilo (*Oreochromis niloticus*) para obtencáo de silagem e óleo como subproductos. Tesis de maestría en Ciencias del área de ciencia y Tecnología de alimentos. Escuela superior

- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Cuarta ed. UNAM, México. 79 p.
- Geerken, C.M., Calzadilla, D. & González, R. 1987. Aplicación de la técnica de dos marcadores para medir el consumo de pasto y la digestibilidad de la ración de vacas en pastoreo suplementadas con concentrado. *Pastos y Forrajes*. 10:266-273.
- Gerón, L.J., Zeoula, L.M., Vidotti, R.M., Matsushita, M., Kazama, R., Caldas-Neto, S.F., Fereli, F. (2007). Chemical characterization, dry matter and crude protein ruminal degradability and in vitro intestinal digestion of acid and fermented silage from tilapia filleting residue. *Animal Feed Science and Technology* 136, 226-239.
- González, G., R.G. Torres, H. J. M. Ruíz, R.M. Calzada y R.S. Gutiérrez. 2001. Comportamiento predestete de becerros Cebú, Cebú-Holstein y Cebú-Australian Friesian Sahiwal en el trópico húmedo de México. *Revista Chapingo serie Ingeniería Agropecuaria* 3(2):81-87.
- Guzmán, A. F. y S. J. Barragán. 1997. Presencia de bagres sudamericanos (Osteichthyes: Loricariidae) en el río Mezcala, Guerrero, México. *Vertebrata Mexicana* 3: 1-4.
- Herrera-Saldaña, R. 1990. La importancia de la sincronización en la degradación ruminal de las fuentes de nitrógeno y energía en la alimentación de rumiantes En: *Memorias de la tercera reunión de nutrición animal*. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah. Mex.
- Holker, U., M. Hofer and J. Lenz. 2004. Biotechnology advantages of laboratory-scale solid state fermentation. Part I. *Process Biochemistry*, 12, 24-27.

- Hoover, J. J., K. J. Kill gore, and A. F. Cofrancesco. 2004. Suckermouth catfishes: Threats to aquatic ecosystems of the United States? Aquatic Nuisance Species Research Program Bulletin 4 (1): 1-10
- Horn, G.W. & McCollum, F.T. 1987. Energy supplementation of grazing ruminants. In: M. Judkins (Ed.) Proc. Grazing Livestock Nutrition Conf. Jackson, WY. 125 – 136 pp.
- Keulen, J.V. & Young B.A. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci.* 44:282-287.
- López-Cervantes, J., D. I. Sánchez-Machado y J. A. Rosas-Rodríguez. 2006. Analysis of free amino acid in fermented shrimp waste by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A 1105*, 106- 110.
- Mejía-Haro, J y I. Mejía-Haro. 2007. Nutrición proteica de bovinos productores de carne en pastoreo. *Acta Universitaria.* 17. pp 45-54.
- Meléndez, N.F. 1998. Manual de manejo de praderas para Tabasco. División pecuaria. INIFAP, PRODUCE, SAGAR. Folleto técnico No. 22. Tabasco, México. 67 p.
- Mendoza, R., S. Contreras, C. Ramírez, P. Koleff, P. Álvarez y V. Aguilar. 2007. Los peces diablo: Especies invasoras de alto impacto. *CONABIO. Biodiversitas* 70: 1-5.
- National Research Council. (1985) Ruminant Nitrogen Usage. Washington, DC.

- Nico, L. G. & R. L. Martin. 2001. The South American suckermouth armored catfish, *Pterygoplichtys anitsitsi* (Pisces: Locariidae), in Texas, with comments on foreign fish introductions in the American Southwest. *The Southwestern Naturalist* 46: 98-104.
- Nwanna, L.C. 2003. Nutritional Value and Digestibility of Fermented Shrimp Head Waste Meal by African Catfish *Clarias gariepinus*. *Pakistan Journal of Nutrition* 2(6), 339-345.
- Ørskov, E. R., F. D. Hovell DeB and F. Mould. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5(3):195–213.
- Pérez, P., R. Rojo., A. Álvarez y J. García. 2003. Necesidades investigación y transferencia de tecnología de la cadena de bovinos de doble propósito en el estado de Veracruz. Fundación Produce Veracruz. Veracruz, México. 170 p.
- Rabia, Z. et al. Preparation of fish silage Rabia, Z. et al. Preparation of fish silage by microbial fermentation. 1993. Caracterización química del ensilaje biológico de desechos pesqueros *Tropical Sc.* 33:171- 182.
- Raciel, L.M. 2003. Suplementación para el ganado bovino en pastoreo con proteína. Boletín informativo. U.G.R.N.V. Núm. 100 pag.2-3.
- Ramos, J.A., G.D. Mendoza M., E. Aranda I., C. Garcia-Bojalil, R. Barcena G., J. Alanis R. 1998. Escape protein supplementation of growing steers grazing stargrass. *Animal Feed Science Technology* 70 \_1998. 249–256

- Rivas L. 1992. El sistema ganadero de doble propósito en América Latina Tropical: evolución, perspectivas y oportunidades. Memorias Simposio Internacional sobre alternativas y estrategias en producción Animal. Universidad Autónoma Chapingo, México. 4 p.
- Rojas, Luis A., J. M. Rodríguez., H. Villalobos., M. Arias., E. Méndez. 2003. Malezas asociadas al cultivo de la caña de azúcar. Tecnología en marcha. Vol. 16 N° 1.
- Ruiz, R. M. M. C. J. 2005. Los bloques Multinutricionales (BMN), justificación, función, elaboración y respuesta animal. Memoria del VI Seminario de producción de Ovinos en el Trópico. Universidad Autónoma Chapingo. Centro regional universitario del sureste. Km 7, carretera Teapa –Rio. Vicente Guerrero. Teapa, Tab.
- Sampaio, C.B., E. Detmann, M.F. Paulino, S.C. Valadares Filho, M.A. Souza, I. Lazzarini, P.V.R. Paulino and A.C. Queiroz.2010.Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds Trop. Anim. Health Prod., 42 (), pp. 1471–1479.
- Sánchez, C y M. García.2001. Comparación de características productivas en caprinos con suplementación de bloques multinutricionales Zootecnia Trop. Venezuela 19(3): 393-405.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Anuarios estadísticos de la producción ganadera. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). México, D. F. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (consultado el 7 de julio de 2014).
- SIAP.2015. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/poblacion-ganadera/>

- Tobía, C y E. Vargas. 2000. Fabricación Artesanal y Semi- Industrial de Bloques Multinutricionales. Serie Técnica Nutrición Animal Tropical, 5 (1):51-65. 69 San José Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica,. P. 51-65.
- Vansoest, P. J., J. Robertson P and B. A. Lewis. 1991. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. J: Dairr Sci. 74:3583-3597.
- Vidotti, R. M., D. Carneiro, E. Macedo-Viegas and D. J. Carneiro. 2003. Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. Animal Feed Science and Technology 105, 199-204.
- Viniegra González, G. 1995. Advances in solid state fermentation. In S. Roussos, K. Lonsane, M. Raimbault, and G. Viniegra-Gonzalez, (Eds.) *Kluwer Academic Publishers*. Dordrecht, 631 p.
- Wakida-Kusunoki, A. T., R. Ruiz-Carus and E. Amador del Ángel. 2007. Amazon sailfin catfish, *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855) (Loricariidae) another exotic species established in Southeastern Mexico. *The Southwestern Naturalist* 52 (1): 141-144.
- Wickersham, T., R. Cochran, E. Titgemeyer, C. Farmer, E. Klevesahl, J. Arroquy, D. Johnson, and D. Gnad. 2004. Effect of postruminal protein supply on the response to ruminal protein supplementation in beef steers fed a low-quality grass hay. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 115:19–36.
- Williams, C.H., David, D.J. & Iismaa, O. 1962. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J. Agric. Sci. Camb.* 59:381.