

**ESTANDARIZACIÓN DE UN ENSILAJE BIOLÓGICO DE VÍSCERAS DE  
PESCADO CON ADICIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (ME) PARA  
USO EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL**

**EVELYN YURLEY BARÓN SANTANDER  
LUIS RICARDO CARDOZO ROJAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
MÁLAGA  
2014**

**ESTANDARIZACIÓN DE UN ENSILAJE BIOLÓGICO DE VÍSCERAS DE  
PESCADO CON ADICIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (ME) PARA  
USO EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL**

**EVELYN YURLEY BARÓN SANTANDER  
LUIS RICARDO CARDOZO ROJAS**

**Trabajo de Grado para optar el título de  
Zootecnista**

**Directora:  
FALLON YAMILE RIAÑO JIMENEZ  
M. Sc. Zootecnista**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
MÁLAGA  
2014**

## **DEDICATORIA**

“La paciencia es un árbol de raíz amarga pero de frutos muy dulces”

### **PROVERBIO PERSA.**

A Dios primeramente, por ser nuestra fortaleza en toda circunstancia y por permitir este nuevo logro en nuestro camino, a nuestras familias que incondicionalmente en las situaciones buenas y malas nos brindaron de alguna forma su apoyo, y a cada uno de los compañeros autores de éste trabajo por la paciencia y el esfuerzo realizado.

**EVELYN YURLEY y LUIS RICARDO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan su sincero agradecimiento a:

Ing. LUIS BERNARDO TORRES PEÑA (q.e.p.d.) quien se desempeñó como Coordinador Académico de la Sede UIS Málaga, por su constante apoyo para cumplir con el sueño de ser Profesionales para avanzar un peldaño más en nuestra superación personal.

Universidad Industrial de Santander Sede Málaga, su personal administrativo, directivo y docente, por el apoyo y orientación recibida durante esta etapa de superación profesional.

FALLON YAMILE RIAÑO JIMENEZ, M. Sc. Zootecnista, docente UIS sede Málaga, asesora del proyecto de grado, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continúa del mismo, formando parte de ese selecto grupo de docentes que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarnos como personas de bien y preparadas para los retos de la vida.

Personal docente del programa de Zootecnia, por compartir conocimientos y su amistad, por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de estos años.

A todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron aportes para la culminación de esta nueva etapa como profesionales.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. PROBLEMA	17
2. JUSTIFICACIÓN	19
3. OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4. MARCO REFERENCIAL	22
4.1 MARCO HISTÓRICO	22
4.1.1 Uso del ensilaje biológico de vísceras de pescado (EBVP) en alimentación animal	22
4.1.2 Uso del ensilaje biológico de vísceras de pescado (EBVP) en alimentación acuícola	23
4.1.3 Digestibilidad aparente del ensilaje de desechos de pescado	24
4.1.4 Uso de microorganismos eficientes (ME) en alimentación de tilapia	25
4.2 MARCO TEÓRICO	26
4.2.1 Ensilado	26
4.2.2 Proceso de ensilado	27
4.2.3 Ensilado de Pescado (EP)	27
4.2.4 Ensilado químico de pescado	28
4.2.5 Ensilado Biológico de Pescado (EBP)	29
4.2.6 Características técnicas del ensilaje biológico de pescado	30
4.2.7 Forma de utilizar el ensilado de pescado	31
4.2.8 Microorganismos eficientes (ME)	31
4.2.8.1 Fermentación de materiales orgánicos para alimentación animal (ME BOKASHI para alimento)	32
4.2.8.2 Uso de (ME) en ensilajes para la alimentación animal	32

	Pág.
4.2.9 Parámetros microbiológicos para la alimentación animal	33
4.3 MARCO CONCEPTUAL	34
4.4 MARCO LEGAL	36
5. DISEÑO METODOLÓGICO	39
5.1 LOCALIZACIÓN	39
5.2 METODOLOGÍA	39
5.2.1 Primera etapa: fase de campo	39
5.2.1.1 Tratamientos	40
5.2.1.2 Características de las vísceras	40
5.2.1.3 Proceso de elaboración del ensilaje de vísceras de pescado	41
5.2.2 Segunda etapa: fase de análisis	43
5.2.2.1 Pruebas físicas y químicas	43
5.2.2.2 Caracterización Bromatológica	44
5.2.2.3 Parámetros microbiológicos	45
5.2.2.4 Diseño Estadístico	46
5.2.2.5 Variables económicas	46
6. RESULTADOS ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	47
6.1 PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE ENSILAJES BIOLÓGICOS DE VÍSCERAS DE PESCADO	47
6.1.1 Variables organolépticas	47
6.1.1.1 Olor	47
6.1.1.2 Color	48
6.1.1.3 Consistencia	49
6.1.1.4 Presencia de hongos	50
6.1.2 Variación en la acidez de los ensilajes biológicos de vísceras de pescado	51
6.2 PARÁMETROS NUTRICIONALES DE ENSILAJES BIOLÓGICOS DE VÍSCERAS DE PESCADO	53
6.3 CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE ENSILADOS BIOLÓGICOS DE VÍSCERAS DE PESCADO	55
6.4 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE ENSILAJES BIOLÓGICOS DE VÍSCERAS DE PESCADO	56

	Pág.
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	63

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1- Elaboración del ensilaje	41
Figura 2. Empaque y almacenamiento	42
Figura 3. Control pH	44
Figura 4. Olores presentes en los silos de vísceras de pescado (%)	48
Figura 5. Predominancia en Colores de silos de pescado (%)	49
Figura 6. Consistencias apreciables en silos biológicos de pescado (%)	50
Figura 7. Porcentaje de presencia de hongos en los silos de vísceras de pescado	51
Figura 8. Variación de la acidez en silos biológicos de vísceras de pescado	52

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Parámetros microbiológicos para alimentación avícola	33
Cuadro 2. Parámetros microbiológicos para alimentación cunícola	34
Cuadro 3. Parámetros microbiológicos para alimentación piscícola	34
Cuadro 4. Parámetros microbiológicos para alimentación porcícola	34
Cuadro 5. Descripción de los tratamientos experimentales	40
Cuadro 6. Composición química proximal (bromatológica) de silos de vísceras de pescado al día 30 de elaboración expresados en base seca	53
Cuadro 7. Descripción microbiológica de los silos de vísceras de pescado al día 30 de elaboración y rango aceptable para alimento animal	55
Cuadro 8. Costos variables de producción por Kg de ensilaje	57
Cuadro 9. Costos fijos de producción por Kg de ensilaje	57
Cuadro 10. Costos totales de producción por Kg de ensilaje	58

## RESUMEN

**TITULO:** “Estandarización de un ensilaje biológico de vísceras de pescado con adición de microorganismos eficientes (ME) para uso en la alimentación animal”<sup>\*</sup>

**AUTOR:** EVELYN YURLEY BARÓN SANTANDER  
LUIS RICARDO CARDOZO ROJAS<sup>\*\*</sup>

**PALABRAS CLAVES:** ensilaje biológico, microorganismos eficientes, vísceras, alimentación, monogástricos

### DESCRIPCIÓN:

Con el objetivo de buscar fuentes alternas de proteína de origen animal para uso en la alimentación de monogástricos y estandarizar una tecnología de alimento húmedo fermentado a base de vísceras de Tilapia (*Oreochromis spp* y *Oreochromis niloticus*) y la inclusión de microorganismos eficientes (ME), fueron formulados cuatro tratamientos (A, B, C, D). Los tratamientos A y D incluían (ME) y B y C no los incluían; los ensilajes fueron almacenados por un periodo máximo de 30 días, determinando valores de acidez al día 0, 7, 14, y 30. Para la obtención de los resultados se tuvo en cuenta la caracterización física y química, microbiológica, nutricional y económica de cada uno de los tratamientos, los cuales organolépticamente mostraron diferencias significativas entre los olores y colores de cada tratamiento, y sin diferencias significativas en la consistencia, concluyendo que los ensilajes de pescado originan productos con características organolépticas diferentes.

La adición de (ME) a los ensilajes A y D contribuyó a un mayor descenso del pH y por tanto a un producto microbiológicamente mas inocuo. Nutricionalmente el tratamiento A, contó con mayor porcentaje de materia seca (46,3) y de energía bruta (Mcal/Kg) 7,1, respecto a los demás tratamientos. En la evaluación económica de los tratamientos, el más económico resulto ser el B seguido del C, A y D. Se concluye que, de acuerdo a la información obtenida en términos de características organolépticas, pH, microbiología y bromatología de los ensilajes; el silo A, ofrece las mejores condiciones para ser utilizado en la alimentación animal.

---

<sup>\*</sup>Trabajo de grado

<sup>\*\*</sup>Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Zootecnia. Directora: FALLON YAMILE RIAÑO JIMÉNEZ, MSc. Zootecnista.

## SUMMARY

TITLE: "Standardization of biological fish viscera silage with addition of efficient microorganisms (EM) for use in animal nutrition"

AUTHORS: EVELYN YURLEY BARÓN SANTANDER  
LUIS RICARDO CARDOZO ROJAS\*\*

KEY WORDS: biological silage, efficient microorganisms, viscera, monogastric feeding.

### DESCRIPTION:

In order to find alternative nutritional animal sources for use in monogastric nutrition and standardize a technology of wet food fermented from Tilapia viscera (*Oreochromis* spp and *Oreochromis niloticus*) and the inclusion of efficient microorganisms (EM), were formulated four treatments (A, B, C, D). Treatments A and D included EM and treatments B and C did not include them; silages were stored for a maximum period of 30 days, determining values of acidity at 0, 7, 14, and 30 day. Subsequently an organoleptic, microbiological, nutritional and economic characterization of each of the treatment was performed. The organoleptic characteristics showed significant differences ( $p < 0.05$ ) among the scents and colors of each treatment, and no significant differences ( $p > 0.05$ ) in consistency, concluding that silages of fish viscera originate products with different organoleptic characteristics.

The addition of ME to silages A and D probably contributed to further decline of pH and therefore a product microbiologically more innocuous. Treatment A nutritionally had higher percentage of dry matter (46.3%) and gross energy (Mcal/Kg) 7.1, regarding the other treatments. The economic evaluation showed the treatment most economical was treatment B followed by the C, A and D. In conclusion, according to information obtained in terms of organoleptic characteristics, pH, microbiology and nutritional composition, the silage A offers the best conditions to be used in animal feed.

---

\* Bachelor Thesis

\*\*Institute Regional Outreach and Distance Education. Animal Science Program. Director: FALLON YAMILE RIAÑO JIMÉNEZ, MSc. Zootecnista.

## INTRODUCCIÓN

A través del importante crecimiento que ha registrado la acuicultura en Colombia durante las últimas 4 décadas, se han establecido los sistemas de producción de especies como la tilapia roja (*Oreochromis spp*), tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*), Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), las cuales han generado a su lado el desarrollo y avance en el conocimiento de otras especies nativas y foráneas dulceacuícolas y marinas.

De estas especies se destaca el significativo incremento en la producción de Tilapia roja (*Oreochromis spp*), la principal especie hoy producida en Colombia, cuyo cultivo se desarrolla como actividad comercial desde la década de los 80's, iniciando con aproximadamente 100 Ton para el año de 1985 según Toledo y colaboradores en el año 2000. Para el año de 1999, la producción nacional de Tilapia roja en Colombia alcanzó su máximo nivel con 19.842 Ton. De acuerdo con la AUNAP – FAO en el año 2013, posterior a una depresión en la producción en el año 2002 (15.224 Ton), se registró un aumento gradual y significativo con 38.393 Ton en el año 2011. Infortunadamente, un año más tarde la producción disminuyó a 13.725,6 Ton según cifras del Ministerio de Agricultura y desarrollo Rural junto con la Corporación Colombia Internacional y su publicación en el 2012 donde dichas variaciones se han manifestado en los diferentes departamentos productores de esta especie, como el Huila (principal productor), Meta, Valle, Santander, Tolima y Boyacá. No obstante en estas regiones se ha potencializado el cultivo de otras especies dulceacuícolas de interés comercial, como es el caso de la región de García Rovira, donde además se logra apreciar cultivos de trucha arcoíris y cachama blanca.

Basándose en el concepto de Balsinde y colaboradores en el 2003; en los sistemas de producción animal la principal dificultad es la obtención de proteínas a

bajo costo que actualmente constituye una limitante en la producción de alimentos concentrados, haciéndose necesaria la búsqueda de fuentes alternas de diferentes orígenes, siendo la proteína animal el nutriente de más alto costo; por lo tanto, es necesario utilizar tecnologías simples y de baja inversión que permitan el aprovechamiento de esa proteína de origen animal y de esta forma minimizar los efectos de la contaminación ambiental según como lo expresan Botello en el 2005 y Toledo y colaboradores en el 2006.

Boscolo y colaboradores en el 2004 citan que en la industria pesquera, los residuos de pescado (coproductos) constituyen alrededor del 50% de la materia prima, los cuales por su alta calidad y contenido proteico son usados en la elaboración de harinas de pescado y aceites, que posteriormente serían utilizados en la fabricación de concentrados, sin embargo su fabricación es un proceso con un elevado costo ambiental y económico, lo que ha conllevado a la búsqueda de alternativas menos impactantes.

Los intentos para reemplazar este ingrediente han sido variables y tienden a reducir el crecimiento y la eficiencia alimentaria. Estrategias como el uso de ensilaje de desechos sólidos de pescado, se emplean para el mejoramiento de la alimentación de diferentes especies animales (cerdos, aves, cuyes, peces y otras especies monogástricas), aprovechando sus contenidos nutricionales y su eficacia, y haciendo que contribuya a la conversión de subproductos normalmente desechados, en ingredientes dietarios de calidad como lo aseguran Espejo y colaboradores en el 2001. Sin embargo, en nuestro país existe poca información sobre la manera de elaboración y descripción de sus parámetros físico-químicos, biológicos y nutricionales que permita su implementación en la alimentación animal, por lo tanto, el objetivo del presente trabajo, es estandarizar una metodología para realizar la conservación anaerobia de vísceras de pescado, cumpliendo con los parámetros óptimos de calidad para su posterior utilización y aprovechamiento en la alimentación animal.

## 1. PROBLEMA

La provincia de García Rovira en el departamento de Santander cuenta con explotaciones tradicionales tales como la ganadería, en su mayoría doble propósito, la producción ovino-caprina, la porcicultura, la avicultura y en menor escala la piscicultura, entre otras.

En la estructura de cada sistema productivo se cuenta con un eslabón primario denominado insumos, dentro del cual el alimento ha sido uno de los factores más importantes que genera un fuerte impacto en la rentabilidad de los sistemas de producción, debido al incremento en el valor de la fabricación nacional de alimentos balanceados, consecuencia de la importación de las materias primas y la necesidad de satisfacer diferenciados niveles de proteína de alta calidad.

Por tanto, una de las principales limitantes que frena la incursión y crecimiento de los sistemas de producción, es el desconocimiento de alternativas alimenticias de alto valor proteico, que genera el desaprovechamiento de subproductos locales habitualmente desechados, y que van originando contaminación y efectos perjudiciales de impacto ambiental, es por ello, que la utilización de los subproductos de la piscicultura en la alimentación de un sistema productivo, tanto de peces como de otras especies animales (monogástricas) puede aprovechar sus valores nutricionales a un mínimo costo y mitigar sus efectos negativos.

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada, se observó que desde el sector acuícola hay una limitada disponibilidad en el número de investigaciones en la región sobre la realización de ensilajes de vísceras de pescado para la alimentación animal, es decir, el aporte para el manejo de este tipo de residuos no está documentado, lo que pone en desventaja a los sistemas de producción y deja a la provincia sin datos reales para hacer planes de mejoramiento en las cadenas

productivas, aislando a los productores de esta información y desconociendo herramientas básicas, para el buen aprovechamiento de los recursos locales.

En la región, como en gran parte del territorio colombiano de zonas con terrenos de pequeña extensión, se han dedicado a explotaciones agropecuarias encargadas de suplir las necesidades de autoconsumo, y los excedentes de la producción van a la venta en el mercado local, por lo que se hace preciso ofrecer nuevas opciones de alimentación animal, con el uso de métodos de conservación de materias primas no convencionales, que posteriormente genere a los diferentes sistemas productivos una posible disminución de los costos de producción, un aumento en los ingresos, un menor impacto ambiental y un producto con mayor conversión alimenticia, mejor calidad nutricional y atractivo al consumo. Es por esto, que se hace necesario capacitar a los productores en las buenas prácticas de transformación de los residuos de pescado.

De esta manera, es importante el desarrollo de investigaciones por parte de instituciones educativas que muestren datos reales para la zona, mediante el diseño de manuales de manejo y alimentación propios, evitando la adopción de técnicas extranjeras no adaptadas a nuestras condiciones, que al final no mejoran el rendimiento productivo de las explotaciones, esto posiblemente, ayudaría a mejorar cada uno de los sistemas locales y mejoraría la calidad de vida de la población.

## 2. JUSTIFICACIÓN

En la provincia de García Rovira se ha observado con el transcurrir de los años un perfil histórico en el que su enfoque productivo está dirigido principalmente a las explotaciones bovina, porcina, ovino-caprina y avícola, clasificándolos como de mayor importancia económica, y dejando a la piscicultura entre las producciones pecuarias de menor interés.

Teniendo en cuenta las estadísticas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Corporación Colombia Internacional para el año 2012, la producción piscícola en el departamento de Santander fue de 272t/año, de las cuales 74,3t fueron de Tilapia roja (*Oreochromis spp*), 0,5t de Tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*), 179,7t de cachama (*Piaractus brachypomus*), 5,1t de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), 1,5t de yamú (*Brycon amazonicus*), 3,5t de bocachico (*Prochilodus magdalenae*), 0,1t de carpa (*Cyprinus carpio*) y 6,9t de otros. De acuerdo con el Diagnóstico del estado Actual de la Acuicultura en Colombia (2013), aunque las demás cadenas productoras presentaron renglones con tendencias crecientes muy destacadas, la de mayor dinámica fue la acuicultura debido principalmente a la actividad de la piscicultura de tilapia.

En la actualidad, los sistemas productivos se hacen cada vez más competitivos y adoptan diversas estrategias a fin de garantizar su productividad y rentabilidad, es por esto y aprovechando el crecimiento en la actividad acuícola a nivel nacional, se impulsa la búsqueda de alternativas alimenticias que mejoren su producción, garanticen la eficiencia productiva y el beneficio económico y por tanto la seguridad alimentaria de los productores locales con explotaciones artesanales e intensivas, ya que nutricionalmente el consumo de estas carnes, puede llegar a brindar altos contenidos proteicos de gran valor nutritivo que contribuye al

desarrollo cerebral, al aprendizaje en los niños, la protección de enfermedades vasculares, sanidad de la vista y tumores malignos entre otros (Castillo, 2006)<sup>1</sup>.

Por tales razones, se hace necesaria la formulación y evaluación de dietas elaboradas con materias primas propias de la región y de fácil consecución, como los residuos de pesquería que generalmente son desechados. No obstante, la literatura señala su amplio uso en la alimentación animal, al igual que el uso de nuevas alternativas que favorecen un mejor aprovechamiento de esos alimentos por parte del animal, como la adición de microorganismos eficientes (ME), que actualmente tienen múltiples aplicaciones en las áreas ambientales, agrícolas y pecuarias, aunque en alimentación de peces es poco estudiada; existen experiencias que demuestran que su utilización en la alimentación animal, ha mejorado el rendimiento productivo de varias especies como aves, peces y cerdos (Boscolo *et al.*, 2004)<sup>2</sup>.

Sin embargo, la escasa información en la región acerca del uso de este tipo de materias primas y su elaboración por medio de los ensilajes puede dar lugar a que gran parte de los productores pecuarios no estén capacitados o no estén enterados adecuadamente del uso de estas alternativas, debido principalmente al desconocimiento de sus efectos, es por esto, que se plantea la estandarización y evaluación de un ensilaje biológico a base de vísceras de pescado, con inclusión microorganismos eficientes, con el propósito de buscar la fórmula ideal para su elaboración, y mejorar los rendimientos de las explotaciones, reducir los costos de la alimentación y en un mediano y largo plazo, mejorar su productividad.

---

<sup>1</sup>CASTILLO, Luis F. 2006. Tilapia Roja: Una Evolución De 25 Años, De La Incertidumbre Al Éxito: [online] [Consultado Mayo 2013]. Disponible en: [Http://Ag.Arizona.Edu/Azaqua/Ista/Colombia/TilapiaRoja2006.Pdf](http://Ag.Arizona.Edu/Azaqua/Ista/Colombia/TilapiaRoja2006.Pdf)

<sup>2</sup>BOSCOLO, W. *et al.* 2004. Op. Cit.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Estandarizar un proceso de formulación y elaboración de un ensilaje biológico a partir de vísceras de pescado (*Oreochromis niloticus* y *Oreochromis spp*) con adición de microorganismos eficientes (ME), para su posterior uso en la alimentación animal.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Evaluar las características fisicoquímicas del ensilaje biológico de vísceras de pescado a los días 7, 14 y 30 de elaboración.

Evaluar y analizar la calidad nutricional de cada uno de los tratamientos del ensilaje biológico de vísceras de pescado al día 30 de su elaboración.

Evaluar la inocuidad de los diferentes tratamientos del ensilaje biológico de vísceras de pescado, al día 30 de elaboración.

Determinar la viabilidad económica entre los ensilajes biológicos de vísceras de pescado.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 MARCO HISTÓRICO

**4.1.1 Uso del ensilaje biológico de vísceras de pescado (EBVP) en alimentación animal.** En Venezuela, se estudió el EBVP como un sustituto alternativo de proteína en la dieta de pollos de engorde y éste se comparó satisfactoriamente con la harina de pescado (Bello, 1994)<sup>3</sup>. Mediante pruebas biológicas de aceptabilidad se observó que los pollos prefirieron las dietas con hasta 50 % de inclusión del ensilaje, además los pollos alimentados con ensilaje de pescado registraron mayores aumentos en peso. Se encontró que un nivel de inclusión de 5-20% de ensilaje de pescado en dietas de pollos de engorde puede dar resultados similares a los obtenidos con la harina de pescado (Bello, 1994; Díaz, 2004)<sup>4</sup>.

Bermúdez *et al.*, (1999) en la Universidad de los Llanos en Colombia, realizaron un estudio donde se engordaron 30 cerdos usando el EBVP de (*Piaractus brachypomus*) en dietas a base de aceite de palma (*Elaeis guineensis*–*Elaeis oleífera*) reemplazando la torta de soya en niveles de 0, 50 y 75% (en base de la proteína). Las ganancias de peso (desde 20 a 80kg peso vivo) fueron 523, 546 y 495g/día, con conversiones alimenticias (MJ energía digerible/kg de ganancia) de 46.2, 39.2 y 46.2, respectivamente para 0, 50 y 75% de sustitución de la proteína

---

3BELLO, R. 1994. Experiencia con ensilado de pescado en Venezuela [online]. En: Taller tratamiento y utilización de desechos de origen animal y otros desperdicios en la ganadería. La Habana, Cuba: FAO, 5 a 8 Septiembre. [Consultado Mayo 2013]. Disponible en: [www.fao.org/ag/aga/agap/frg/APH134/cap1.htm](http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/APH134/cap1.htm)

4DÍAZ, H. L. 2004. Efecto de la suplementación con ensilaje de residuos de una planta procesadora de tilapia (*Oreochromis niloticus*) sobre el consumo voluntario y la digestibilidad de nutriente de heno de gramíneas y leguminosas tropicales [online]. En: BELLI CONTRERAS, Jorge Enrique 2009. Estabilidad aeróbica y día óptimo de uso del ensilado biológico de pescado para la alimentación animal [online]. Tesis de grado médico veterinario zootecnista. Veracruz: Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. [consultado mayo 2013]. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/107/1/JORGE%20ENRIQUE%20BELLI%20CONTRERAS.pdf>

respectivamente; el rendimiento en canal fue del 80% con un espesor de la grasa dorsal no mayor de 2cm.

**4.1.2 Uso del ensilaje biológico de vísceras de pescado (EBVP) en alimentación acuícola.** Perea, Garcés y Hoyos (2011)<sup>5</sup> realizaron en Colombia un estudio con EBVP en alimentación de Tilapia roja en etapa de engorde, donde se evaluaron tres niveles de inclusión; 10% (T<sub>1</sub>), 20% (T<sub>2</sub>), 30% (T<sub>3</sub>) y una dieta testigo 0% (T<sub>0</sub>) sin ensilaje, para ello, se determinó digestibilidad aparente (total, materia seca, proteína cruda, extracto etéreo y cenizas), los cuales no presentaron diferencias significativas, indicando que el EBVP puede ser incluido en las dietas de la tilapia, ya que estas los aprovecha eficientemente. De igual manera, se determinaron los parámetros zootécnicos (ganancia de peso, talla y conversión alimenticia), observándose que a mayor inclusión de ensilaje, mejor comportamiento de estos, es decir, la inclusión de 30% de ensilaje biológico de vísceras de pescado, presentó significativamente mayor ganancia de peso, incremento en talla y conversión alimenticia con respecto a los demás tratamientos evaluados.

En España realizaron la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) con alimento húmedo a base de ensilaje de pescado; se emplearon 2 dietas, una con EBL con 25% de proteína y otra con EBQ con 25% de proteína, comparadas con una dieta control de alimento comercial con 30% de proteína. El estudio se realizó durante 60 días y se alimentó al 8% de la biomasa en 2 raciones por día, los resultados demostraron que existen diferencias significativas en el crecimiento a favor del tratamiento control (T<sub>0</sub>= 17,15g; T<sub>1</sub>= 14,53g; T<sub>2</sub>= 14,09g) dado por las diferencias de materia seca y proteína bruta entre las dietas, sin

---

<sup>5</sup>PEREA R, Crispulo; GARCÉS C, Yeny Judith y HOYOS C, José Luis (2011). Evaluación de ensilaje biológico de residuos de pescado en alimentación de tilapia roja (*Oreochromis* spp) [online]. Popayán: Universidad del Cauca, Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 9 No. 1 (60 - 68) Enero - Junio. [consultado mayo 2013]. Disponible en: <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol9-1/EVALUACION%20DE%20ENSILAJE%20BIOLOGICO%20DE%20RESIDUOS%20DE%20PESCADO.pdf>

embargo los indicadores de utilización de alimento y supervivencia no presentan diferencias significativas. Se concluye que el ensilaje de pescado es una buena alternativa para el reemplazo de la harina de pescado, siempre y cuando se calcule el consumo de materia seca para cubrir así las necesidades nutricionales y no afectar el crecimiento (Llanes et al., 2006)<sup>6</sup>.

**4.1.3 Digestibilidad aparente del ensilaje de desechos de pescado.** Se estudió la digestibilidad aparente de la materia seca (DMS) de ensilajes químicos (EQ) y biológicos (EBL) de residuos de peces de tilapia roja (*Oreochromis sp*), donde se encontró que la DMS (79,14% EQ y 82,21% EBL) (Llanes et al., 2010) con el método de lixiviación de nutrientes fueron más altas que las reportadas para Pacú (71,40% EQ y 68,23% EBL) con extrusión manual y óxido crómico por Vidotti (2001) y las citadas para las harinas de organismos bentónicos (76,5%), peces pelágicos pequeños (74,2%), mezcla de varias especies de pez gato (76,9%) y desechos del procesamiento de atún y sardinas (75,1%) por Goddard et al., (2008)<sup>7</sup>.

La digestibilidad aparente de la proteína bruta (DPB) (89,92% EQ y 81,75% EBL) (Llanes et al., 2010) fueron más altas que las reportadas en Pacú (79,25% EQ y 73,56% EBL) por Vidotti (2001), sin embargo, resultaron inferiores (92,00% EQ y 89,1% EBL) a las que se reportaron en tilapias del Nilo con el método de decantación y óxido crómico (Borguesi et al., 2008), de hecho, Vidotti (2001)

---

<sup>6</sup>LLANES I, J. E. TOLEDO P, J. y LAZO, José M. 2006. Producción de alimento húmedo a partir de ensilados de pescado para la alimentación de Tilapia Roja [online]. La Habana, Cuba: Centro de Preparación Acuícola Mampostón, Revista AquaTIC, N° 25, pp. 16-21. ISSN 1578-4541 [consultado mayo 2013]. Disponible en: [http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/25\\_03.pdf](http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/25_03.pdf)

<sup>7</sup>GODDARD, S; AL-SHAGAA, G; ALI, A. 2008. Fisheries by catch and processing waste meals as ingredients in diets for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Aquaculture Research.39: 518 – 525. En: BELLI CONTRERAS, Jorge Enrique 2009. Estabilidad aeróbica y día óptimo de uso del ensilado biológico de pescado para la alimentación animal [online]. Tesis de grado médico veterinario zootecnista. Veracruz: Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. [Consultado mayo 2013]. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/107/1/JORGE%20ENRIQUE%20BELLI%20CONTRERAS.pdf>

obtuvo las mejores DPB en ensilajes de peces enteros en relación a los que contenían residuos<sup>8</sup>.

La digestibilidad de las grasas no mostraron diferencias significativas entre los ensilajes y se encontraron valores mayores al 85%, atribuido a la composición de sus ácidos grasos (AG), cuya concentración de insaturados en estos residuos fue aproximadamente 60% del total (Vidotti, 2001; Llanes et al., 2010)<sup>9</sup>.

La digestibilidad de la energía alcanzó valores altos (85,10 y 86,28%) (Llanes et al., 2010)<sup>10</sup> son próximos a los citados para tilapias del Nilo y bagre africano (Fagbenro et al., 1994). Por otra parte, la digestibilidad del fósforo en EQ (56,06%) y EBL (65,12%) para tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* X *O. Niloticus*) fue superior a los reportados en harinas de anchoveta (27,8%), gluten de maíz (28,2%), soya (30,1%) para tilapias del Nilo (Köprücü et al., 2005)<sup>11</sup>.

**3.1.4 Uso de microorganismos eficientes (ME) en alimentación de tilapia.** El uso de ME en la producción de tilapias está poco documentado, por lo que se desconoce su efecto sobre los índices productivos y rentabilidad (Balan et al., 2007). En la Universidad Earth de Costa Rica, se realizó una evaluación de la aplicación de alimento fermentado con ME, donde en la evaluación realizada en campo, con 2 tratamientos: el testigo y alimentación con ME; y la otra en acuarios, con 3 tratamientos: el testigo, alimentación con ME y alimentación con ME más la aplicación de ME en el agua, encontró que en el experimento en campo, sí existieron diferencias significativas entre tratamientos, el alimento fermentado mejoró el peso final de los peces.

---

<sup>8</sup>BELLI CONTRERAS, Jorge Enrique 2009. Op. cit.

<sup>9</sup>Ibid.

<sup>10</sup>Ibid.

<sup>11</sup>Ibid.

En el caso de los acuarios, se obtuvo que el tratamiento testigo y el tratamiento con alimentación con ME fueron iguales, y el tratamiento de alimentación con ME más aplicación en el agua, fue diferente de los otros tratamientos. En los acuarios, los resultados fueron afectados por las condiciones de estrés a las que se sometieron los peces, por lo que los ME no pareció mejorar la ganancia de peso (Balan y Martínez 2007)<sup>12</sup>.

## 4.2 MARCO TEÓRICO

**4.2.1 Ensilado.** El ensilaje es un proceso de conservación de forraje u otros alimentos con elevado contenido de humedad (65 -70%), en ausencia de aire (anaerobiosis), luz y humedad exterior, mediante acidificación que permite la conservación de las cualidades nutritivas de las materias primas a trabajar y protege los materiales de la actividad microbiana indeseable como por ejemplo, (Clostridia, listeria, hongos, levaduras y coliformes), (De la Roza, 2005; Rodríguez *et al.*, 2005). Esta acidificación medible en forma de pH (a menor pH mayor acidez), se consigue mediante fermentación que ocurre dentro del ensilado dando como resultado la producción de ácidos orgánicos principalmente ácido láctico y en menores proporciones ácido acético y propiónico. El objetivo principal de producir ensilaje es conservar al máximo posible el valor nutricional del recurso alimenticio original (León, 2003; Rodríguez *et al.*, 2005)<sup>13</sup>.

La producción de ensilado es considerado como una de las mejores maneras de preservar desechos agrícolas y animales. La conversión del desperdicio de pescado a ensilaje, tiene la ventaja de ser un suplemento económico en la

---

<sup>12</sup>BALAN, T. L; MARTÍNEZ, D. R. 2007. Uso de microorganismos eficientes (EM) en la alimentación de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) [online]. Proyecto de graduación Licenciatura en Ciencias Agrícolas e Ingeniero (a) Agrónomo (a). Guácimo, Limón, Costa Rica: Universidad EARTH. [Consultado mayo 2013]. Disponible en: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/dpg/59-2007.pdf>

<sup>13</sup>BELLI CONTRERAS, Jorge Enrique 2009. Op. cit.

alimentación animal, mientras se reduce el desperdicio y la contaminación ambiental (Areche *et al.*, 1992)<sup>14</sup>.

**4.2.2 Proceso de ensilado.** En la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos se pueden distinguir cinco fases según Belli (2009)<sup>15</sup>:

1. Consumo del oxígeno presente en la biomasa (residuo orgánico) por parte de los microorganismos aeróbicos presentes en el material fresco.
2. Proliferación y actividad de las bacterias productoras de ácido acético y la iniciación de la acidificación.
3. Proliferación y actividad gradual de las bacterias productoras de ácido láctico hasta estabilizarse la biomasa.
4. Inhibición del crecimiento de todo tipo de microorganismo indeseable para la acidez ocasionada por la producción continua de ácido láctico.
5. Fase de alimentación.

Las tres primeras fases tienen una duración de tres a cuatro días y la cuarta aproximadamente quince días; después que se alcanza un pH menor a 4.5 el producto fermentado se conserva sin daño hasta por varios años siempre que prevalezcan las condiciones anaeróbicas; además, durante la fase de alimentación se debe evaluar la actividad aeróbica del producto o el deterioro que sufre por la exposición al aire (Rodríguez y Díaz, 2005)<sup>16</sup>.

**4.2.3 Ensilado de Pescado (EP).** La producción de EP se remonta a los años 1920 cuando Virtanen utilizó ácidos sulfúrico y clorhídrico para el mantenimiento del forraje; este método fue adoptado en Suecia por Edin en los años 1930, para

---

<sup>14</sup>Ibid.

<sup>15</sup>Ibid.

<sup>16</sup>RODRÍGUEZ, A; DÍAZ, H. 2005. Fermentación anaeróbica de residuos de pescadería y su utilización en dietas para pequeños rumiantes [online]. En: Integrando producción animal y medio ambiente, Año 1, Vol. 1, pág. 4 – 6. Puerto Rico: Colegio de Ciencias Agrícolas. [Consultado mayo 2013]. Disponible en: <http://www.uprm.edu/agricultura/inpe/gga-hsi/ano1vol1-05.pdf>

la preservación de residuos de pescado (Botello, 2005); el silo es más utilizado para la conservación de materia vegetal, sin embargo, su aplicación práctica en la actualidad abarca residuos orgánicos como los de pesquería (León, 2003). En países tropicales estos puede llegar hasta en 70%, por lo tanto es necesario utilizar tecnologías económicas que permitan el aprovechamiento de la proteína de origen animal y de esta forma minimizar los efectos de contaminación ambiental (Toledo et al., 2006), utilizando los residuos de pesquería en la elaboración de productos alimenticios (León, 2003; Díaz, 2004)<sup>17</sup>.

El EP es un producto semilíquido o pastoso, que aprovecha los residuos de la industria pesquera, no atrae insectos indeseables ni olores desagradables. (Bello, 1994; Berenz, 1994; Toledo *et al.*, 2006; Gonzales *et al.*, 2007); el ensilado de pescado es un alimento que posee gran digestibilidad, cualidad que beneficia en alimentación animal sin dejar de mencionar que las proteínas que lo constituyen son de alto valor biológico (Balsinde, 2003)<sup>18</sup>.

En los dos métodos existentes para la producción de ensilaje de pescado (químico y biológico), se tiene en común las operaciones de molienda, homogenización, envasado y almacenamiento, así como la eliminación de material adulterante o indeseado que acompañe la materia prima (León, 2003)<sup>19</sup>.

**4.2.4 Ensilado químico de pescado.** Producto líquido obtenido a partir de pescado entero o de partes del mismo. Este estado se alcanza por efecto de las enzimas proteolíticas contenidas en el mismo pescado por consecuencia de la producción o la adición de ácidos orgánicos (propiónico, fórmico, acético, cítrico) y/o inorgánicos (sulfúrico, clorhídrico y fosfórico) a temperatura ambiente (León, 2003; Díaz, 2004; Botello, 2005). Las enzimas destruyen las proteínas del pescado en unidades solubles más pequeñas, y el ácido ayuda a apresurar la

---

<sup>17</sup>BELLI CONTRERAS, Jorge Enrique 2009. Op. cit.

<sup>18</sup>ibid.

<sup>19</sup>ibid.

velocidad de su actividad, mientras inhibe el crecimiento bacteriano presentando su mayor actividad cuando el pH se reduce a valores cercanos a 4 (Bello, 1994)<sup>20</sup>.

Las mayores desventajas de este método, si no se lleva a cabo apropiadamente, son los posibles problemas potenciales de toxicidad en los animales y los efectos corrosivos sobre los equipos y la maquinaria (Díaz, 2004)<sup>21</sup>, además del costo de los ácidos, ya que son importados y el manejo cuidadoso que se debe tener con éstos por parte de los que preparen el silo, ya que constituye un peligro y riesgo para ellos.

**4.2.5 Ensilado Biológico de Pescado (EBP).** Durante los últimos años se ha despertado un gran interés en la preparación de ensilados biológicos utilizando residuos orgánicos para producir fuentes de proteína de alta calidad a un costo relativamente accesible. El fundamento es la producción de ácido por la fermentación microbiana de carbohidratos. Un ejemplo es el producto fermentado del procesado de residuos de la industria pesquera (Díaz, 2004)<sup>22</sup>.

A través de un proceso de fermentación anaeróbica controlada, es posible preparar un producto fermentado, químicamente estable y con alto valor nutritivo con gran aceptación por los animales. Para ello se utiliza una fuente de carbohidratos fermentables para la producción de ácido láctico (ej. harinas de maíz, yuca, arroz y avena; almidón de maíz y melaza) (Tatterson *et al.*, 1974)<sup>23</sup>.

En el proceso de ensilado biológico, es común utilizar inóculos de bacterias productoras de ácido láctico (BPAL) *Lactobacillus*, *Pediococcus* o *Streptococcus* 15%, fuentes de carbohidratos como la melaza de caña 3%, para acelerar el

---

<sup>20</sup> Ibid.

<sup>21</sup> Díaz, H. L. 2004. Op. cit.

<sup>22</sup> Ibid.

<sup>23</sup> BELLI CONTRERAS, Jorge Enrique 2009. Op. cit.

proceso, sal de cocina 2% como ayudante de conservación (FAO, 1997; León , 2003)<sup>24</sup>.

La fusión observada durante el almacenamiento del ensilado es debida principalmente a las enzimas proteolíticas de las vísceras del pescado. La cual puede determinarse a través de su consistencia. Hay antecedentes que demuestran la utilización de jugo de frutas para acelerar la fermentación (Córdova *et al.*, 1990), este método fermentativo ha sido considerado preferible especialmente en países tropicales debido a la viabilidad de fuentes de carbohidratos (Bustari, 2003)<sup>25</sup>.

Córdova *et al.*, (1990) reporta un EBP elaborado con 15% de jugo de piña y/o papaya, 15% de melaza de caña y 1% de inóculos de *Lactobacillus*, en donde la melaza fue fundamental para la preservación del mismo, debido a que es una fuente de carbohidratos de rápida degradación, en la que hay formación de ácido láctico y por ende, disminución de pH e incremento de la flora bacteriana.

Entre las ventajas del EBP se reportan; la manipulación sencilla, el bajo costo, fácil adición de cepas ácido lácticas, diversas fuentes de carbohidratos, tiempo de proceso reducido, y un producto agradable y apetecible.

**4.2.6 Características técnicas del ensilaje biológico de pescado.** El Instituto Tecnológico Pesquero (1997), señala que el ensilaje biológico de pescado puede presentar diversas características, pero principalmente debe contar con las siguientes especificaciones:

1. Contenido de proteína de alta calidad en un rango de 16 a 20%.
2. pH de 4 – 4,5

---

<sup>24</sup>Ibid.

<sup>25</sup>Ibid.

3. Bajos niveles de bases volátiles nitrogenadas e histamina
4. Humedad, 62% en promedio
5. Elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados.
6. Ausencia de sustancias químicas tóxicas
7. Valor calórico de aproximadamente 187 Kcal/100g
8. Rico en calcio y fósforo
9. Rico en complejo vitamínico B
10. Presenta alta palatabilidad
11. Color marrón claro/oscuro
12. Masa homogénea de consistencia pastosa

**4.2.7 Forma de utilizar el ensilado de pescado.** El ensilado de pescado se puede utilizar en forma líquida o seca (secado al sol, horno desecador, evaporación de vacío; mezclado con alimentos secos), con características y calidad nutricional superior o muy semejante a la harina de pescado, utilizándolo como un ingrediente dentro de las formulaciones de alimentos concentrados o como un aditivo diario artesanal en la alimentación animal, siendo una alternativa como fuente proteica (Gonzales *et al.*, 2007)<sup>26</sup>.

**4.2.8 Microorganismos eficientes (ME).** Los ME son inoculantes microbianos que tienen diversos usos en agricultura, ganadería, agroindustria y en aplicaciones ambientales, que poseen propiedades de fermentación, producción de sustancias bioactivas, competencia y antagonismo con patógenos para mantener un equilibrio natural entre los microorganismos que conviven en el entorno. Los ME son una mezcla de bacterias fototrópicas (*Rhodopseudomonas sp.*), bacterias ácido

---

<sup>26</sup>GONZALEZ, D; CÓRDOBA, J; INFORD, F y BUITRAGO, E. 2007. Estudios preliminares en la formulación de dietas para camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*) utilizando ensilado de pescado [online]. Isla Margarita, Venezuela: Estación de investigaciones marinas de Margarita EDIMAR, Fundación la Salle de Ciencias Naturales. En: Revista Científica FCV-LUZ/Vol. XVII. No. 2 166-172. [Consultado mayo 2013]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95917210>

lácticas (*Lactobacillus sp.*) y levaduras (*Saccharomyces sp.*) y en menor cantidad, hongos actinomicetes.

La tecnología de los ME fue desarrollada en Japón por el profesor Teruo Higa, de la Universidad de Ryukus, en el año 1982. Ésta tiene múltiples aplicaciones en la producción agrícola y pecuaria, entre ellas su utilización como probiótico en animales, es decir, son microorganismos que debido a su alta concentración colonizan el intestino del animal creando un ambiente desfavorable para el desarrollo de patógenos, esto trae como beneficio, la prevención de diarreas, disminución de la mortalidad, prevención de enfermedades en general, mejor asimilación de nutrientes, mejor conversión alimenticia, y disminución en el uso de antibióticos (Gallo *et al.*, 2001)<sup>27</sup>.

**4.2.8.1 Fermentación de materiales orgánicos para alimentación animal (ME BOKASHI para alimento).** Los ME mejoran la disponibilidad de nutrientes (aminoácidos) de los materiales y hace más eficiente la nutrición de los animales. Una porción de concentrado comercial fermentado con ME en la ración total de los animales, mejora sustancialmente los índices productivos en las aves y otros animales (EM Technologies, 1997).

Las formas más utilizadas de los ME están enfocadas hacia tres componentes principales: agua de bebida, tratamiento de excretas (instalaciones) y fermentación del alimento.

**4.2.8.2 Uso de (ME) en ensilajes para la alimentación animal.** La actividad de las bacterias benéficas se ha comprobado en las explotaciones porcinas donde los ME utilizados en concentrados fermentados para balancear la microflora dentro

---

<sup>27</sup>GALLO L, M A y MERA, M X. 2001. Evaluación de ensilaje de cáscara de banano maduro para consumo de ganado bovino [online]. Proyecto de graduación Ingeniero Agrónomo con grado de Licenciatura. Guácimo, Costa Rica: Universidad EARTH. [Consultado mayo 2013]. Disponible en: [http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base\\_datos/ensilaje\\_ganado\\_bovino.pdf](http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/ensilaje_ganado_bovino.pdf)

del tracto digestivo de los animales, incrementan la habilidad de los animales para utilizar nutrientes y disminuir malos olores provocados por las excretas de los mismos y en la fermentación de los alimentos ayuda a estabilizar el pH de los mismos, evitando procesos indeseables durante su almacenamiento actuando como regulador de los procesos fermentativos (EM Technologies, 1997).

**4.2.9 Parámetros microbiológicos para la alimentación animal<sup>28</sup>.** Los riesgos que representa para la salud del hombre y los animales cuando consumen alimentos con cargas microbiológicas por encima de los límites permisibles y/o la presencia de microorganismos patógenos, así como su contaminación focalizada obligan cada vez más a establecer controles y normas estrictas para evitar y controlar la presencia de estos microorganismos (bacterias, hongos). En el Comité de Alimentos para animales del ICONTEC y por concertación entre los industriales, productores, investigadores, comercializadores y el ICA como organismo oficial de control, se establecieron los límites permisibles de contaminantes en la parte microbiológica en alimentos para animales (cuadros 1, 2, 3 y 4).

**Cuadro 1. Parámetros microbiológicos para alimentación avícola**

<b>Parámetros microbiológicos</b>	<b>UFC/g</b>
Recuento microorganismos mesófilos	$10 \times 10^5$
Recuento microorganismos coliformes	$10 \times 10^4$
Recuento sulfito reductores	$20 \times 10^1$
Recuento hongos	$10 \times 10^4$
Aislamiento Salmonella spp en 25 g	Ausente
Aislamiento Escherichia coli	Ausente

Fuente: NTC 2107

<sup>28</sup>INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO 1999. Directivas técnicas de alimentos para animales y sales mineralizadas [online]. Bogotá: ICA, División de insumos pecuarios. [Consultado enero 2014]. Disponible en: <http://www.ica.gov.co/getdoc/7d27ee5e-cfe4-47a2-868e-7c53f4e49473/Directivastecnicasalimentosanimales.aspx>

**Cuadro 2. Parámetros microbiológicos para alimentación cunícola**

Parámetros microbiológicos	UFC/g
Recuento microorganismos mesófilos	10X10 <sup>3</sup>
Recuento microorganismos coliformes	50X10 <sup>1</sup>
Recuento sulfito reductores	10
Recuento hongos	50X10 <sup>2</sup>
Aislamiento salmonella spp en 25 g	Ausente
Aislamiento Escherichia coli	Ausente

Fuente: NTC 3697

**Cuadro 3. Parámetros microbiológicos para alimentación piscícola**

Parámetros microbiológicos	UFC/g
Recuento microorganismos mesófilos	10X10 <sup>4</sup>
Recuento microorganismos coliformes	10X10 <sup>2</sup>
Recuento sulfito reductores	10X10
Recuento hongos	50 X10 <sup>2</sup>
Aislamiento salmonella spp en 25 g	Ausente
Aislamiento Escherichia coli	Ausente

Fuente: NTC 3688

**Cuadro 4. Parámetros microbiológicos para alimentación porcícola**

Parámetros microbiológicos	UFC/g
Recuento microorganismos mesófilos	10X10 <sup>7</sup>
Recuento microorganismos coliformes	10X10 <sup>4</sup>
Recuento sulfito reductores	20X10 <sup>1</sup>
Recuento hongos	10X10 <sup>4</sup>
Aislamiento salmonella spp en 25 g	Ausente
Aislamiento Escherichia coli	Ausente

Fuente: NTC 1839

### 4.3 MARCO CONCEPTUAL

**Acuicultura:** La acuicultura abarca todas las actividades dirigidas a la producción y comercialización de organismos acuáticos como peces, moluscos, crustáceos y

plantas acuáticas. La FAO (2013), señala que la actividad del cultivo implica la intervención del hombre en el proceso de cría para aumentar la producción en operaciones como la siembra, la alimentación y protección de depredadores entre otros. Así también los productos obtenidos de las especies acuícolas son alimentos de alta calidad nutricional importantes para el desarrollo del hombre.

**Aditivo:** Sustancia o producto no alimenticio, utilizado para dar sabor, pigmentar, conservar, prevenir la compactación, la oxidación, producir emulsificación o acidificación en los alimentos. También se consideran como tales, aquellas sustancias que administradas en las raciones de los animales ejercen sobre los mismos una actividad preventiva contra agentes nocivos de ocurrencia común de acuerdo con la Resolución 1056 (1996).

**Alimentos para animales:** Son mezclas de nutrientes elaborados en forma tal que respondan a requerimientos de cada especie, edad y tipo de explotación a que se destina el animal, bien sea suministrándolos como única fuente de alimento o como complemento de otras fuentes nutricionales teniendo en cuenta la Resolución 1056 (1996).

**Antioxidantes:** Compuesto capaz de retrasar, impedir o prevenir el proceso de oxidación; existen los naturales como la vitamina E y los sintéticos como el BHT.

**Materia prima:** Se define como materia prima todos los elementos que se incluyen en la elaboración de un producto, es todo aquel elemento que se transforma e incorpora en un producto final. Un producto terminado tiene incluido una serie de elementos y subproductos, que mediante un proceso de transformación permitieron la confección del producto final, debe ser perfectamente identificable y medible, para poder determinar tanto el costo final de producto como su composición.

**Pesca:** La pesca es la captura y extracción de su medio natural de los peces u otras especies acuáticas como crustáceos, moluscos y otros invertebrados, además de mamíferos en el caso de culturas orientales. Ancestralmente, la pesca ha consistido en una de las actividades económicas más tempranas de muchos pueblos del mundo. De acuerdo con estadísticas de la FAO y sus cifras del año 2010 (publicadas en 2012), el número total de pescadores y piscicultores en el mundo se estima en 54,8 millones.

**Probióticos:** Son cepas de microorganismos benéficos vivos que conservan sus actividades fisiológicas y metabólicas; mezclados con sus metabolitos y medios en los cuales crecieron. Ejercen su acción controlando microorganismos patógenos y no patógenos, mejorando el balance microbiano intestinal y el estado nutricional y sanitario de los animales según la Resolución 1056 (1996).

**Residuos de acuicultura y pesca:** Restos de la industria pesquera, pescado entero no apto para consumo humano o partes del mismo tales como cabeza, colas, huesos, piel, escamas y vísceras.

#### **4.4 MARCO LEGAL**

En Colombia las principales normas que rigen a la acuicultura se consignan en la **Ley 13/90** y el **Decreto reglamentario 2256/91** para permisos de cultivo o licencias de funcionamiento. En referente al área ambiental las corporaciones autónomas regionales (CAR) con apoyo de los consejos regionales de las cadenas productivas, diseñan las guías ambientales para la piscicultura a fin de que la actividad se realice de forma sostenible.

**Definición legal:** El Estatuto General de Pesca define acuicultura como «se entiende por acuicultura el cultivo de especies hidrobiológicas mediante técnicas apropiadas en ambientes naturales o artificiales y, generalmente, bajo control».

**Pautas y códigos de conducta:** no hay directrices, normas o códigos de conducta sobre acuicultura.

**Sistema de autorización:** se requiere un permiso para realizar actividades de acuicultura, como lo estipula el Estatuto general de pesca y su reglamento de 1991. Las granjas de acuicultura y los permisos deben ingresarse en el Registro de permisos, autorizaciones, contratos de asociación, concesiones y patentes de pesca y acuicultura; después de la reforma institucional mencionada anteriormente, el otorgamiento de los permisos y su registro ahora son manejados por el INCODER.

**Acceso a la tierra y el agua:** el Estatuto General de Pesca estipula que el Ministerio de Agricultura estará a cargo de establecer las áreas aptas para propósitos de acuicultura (zonas con vocación para la acuicultura), el INCODER era quien se encargaba de estas zonas hasta el año 2011 cuando se creó la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) la cual, ayuda al mantenimiento de las áreas para la acuicultura.

### **Calidad del agua y descarga de aguas residuales**

**Decreto No. 1594 de 1984**, parcialmente regulada por la **Ley No.9 de 1979** y el **Decreto Legislativo No. 2811 de 1974**, relacionados con los usos del agua y residuos líquidos.

**Movimientos de peces:** el movimiento de peces dentro del país se menciona en el Estatuto General de Pesca, el cual facultó al INPA, después INCODER y ahora AUNAP, para establecer los requisitos de (salvoconducto).

**Control de enfermedades: Decreto No. 1840 de 1994** sobre manejo de sanidad animal y vegetal, la principal autoridad para el manejo de la salud animal es el ICA, en colaboración con el Ministerio de Salud.

**Alimentos: Resolución No. 1414 de 1989 del ICA**, establece las Normas sobre la Industria y Comercio de los Alimentos para Animales, que regulan la producción, importación, distribución y control de calidad de los alimentos para animales. Productores e importadores deben estar registrados con el ICA.

**Inversión en acuicultura: Ley No.101 de 1993.** Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero, la cual apunta a aumentar la competitividad del sector.

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Industrial de Santander, sede situada en el barrio La Universidad en el municipio de Málaga Santander, ubicada a una altura promedio de 2.213m.s.n.m, temperatura media de 18°C, humedad relativa de 50%,y cuyas coordenadas son 6°42' 23.37" al Norte y 72° 43' 42.05" al Oeste (IGAC, 1996).

Las vísceras, para la elaboración de los ensilajes biológicos fueron extraídas y colectadas en la vereda Montecillo del municipio de Capitanejo Santander, sitio que se encuentra ubicado a 1.138m.s.n.m, con una temperatura promedio de 32°C y una humedad relativa de 40%, el municipio limita hacia el Norte con San José de Miranda, al Sur con Boavita (Boyacá), al Este con el municipio de San Miguel y al Oeste con el municipio de Covarachia (Boyacá), el cual presenta pisos térmicos sobre los 1000 y 2200m.s.n.m encontrándose de esta manera temperaturas promedio entre los 25 y 28°C, está ubicado a una distancia aproximada de 35 kilómetros de Málaga (IGAC,1996), sitio al que seguidamente fueron llevadas y posteriormente procesadas, específicamente, en los laboratorios de alimentos y de química del programa de Zootecnia de la Universidad Industrial de Santander.

### 5.2 METODOLOGÍA

El estudio se realizó durante un periodo de 6 meses y para su ejecución se dividió en dos etapas:

**5.2.1 Primera etapa: fase de campo.** En la que se elaboraron los silos biológicos de vísceras de pescado y se determinaron las características de la percepción sensorial de cada uno de los tratamientos propuestos.

**5.2.1.1 Tratamientos.** Los tratamientos evaluados consistieron en la elaboración de 4 fórmulas experimentales de ensilaje biológico de pescado, cada una con 3 réplicas como se describe en la cuadro 5.

**Cuadro 5. Descripción de los tratamientos experimentales**

<b>Materias Primas</b>	<b>T1: Silo experimental A</b>	<b>T2: Silo experimental B</b>	<b>T3: Silo experimental C</b>	<b>T4: Silo experimental D</b>
Vísceras (%)	75	75	75	75
Melaza (%)	15	17	15	15
Kumis (%)	5	5	5	5
BHT (%)	1	1	1	1
Sal (%)	2	2	2	-
ME (%)	2	-	-	2
Vinagre (%)	-	-	2	2
<b>Total (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**5.2.1.2 Características de las vísceras.** El material primario (vísceras completas) para la elaboración de los ensilajes fue obtenido de una finca dedicada al cultivo de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y Tilapia roja (*Oreochromis spp*). Antes de la colecta de los peces, se llevó a cabo un ayuno de aproximadamente 24 horas, con el propósito de disminuir al máximo la cantidad de alimento encontrado dentro del intestino de los mismos, para evitar posibles contaminaciones durante los diferentes procesos de manipulación de la materia prima y en el producto elaborado; al día siguiente, en las horas de la mañana, fue realizado con la colaboración de 5 personas el sacrificio de los peces usando como método de pesca un trasmallo.

La evisceración fue realizada manualmente y las respectivas vísceras depositadas directamente en un recipiente plástico con un contenedor de hielo, evitando el contacto directo con el agua y el suelo y manteniendo en buen estado la materia prima hasta llegar al lugar de procesamiento.

**5.2.1.3 Proceso de elaboración del ensilaje de vísceras de pescado.** Los ensilajes evaluados se elaboraron a través de los siguientes pasos (figura 1):

**Figura 1. Elaboración del ensilaje**



Una vez colectadas las vísceras de pescado se realizó una pre-selección con el fin de descartar vesícula biliar y componentes extraños dentro del material; seguidamente se molieron, pesaron y distribuyeron homogéneamente en 4 diferentes recipientes; con base en el peso obtenido se calculó la cantidad a adicionar de cada uno de los ingredientes para la elaboración de los distintos tratamientos.

La melaza fue añadida a cada recipiente y fue mezclada homogéneamente con las vísceras de pescado molidas creando un medio enriquecido para el proceso fermentativo de los microorganismos.

Se agregó Kumis Alpina® (cultivo de *Streptococcus Lactis* ó *Cremonis* y *Lactobacillus bulgaricus*) usado con el propósito de reducir el pH mínimo a 4 en el tiempo deseado (30 días), de igual manera fue adicionado el antioxidante artificial BHT para evitar el ranciamiento del producto debido a que la materia prima (vísceras) contiene elevados porcentajes de grasa.

La sal de cocina, los ME y el vinagre fueron agregados a cada tratamiento según correspondía y se homogeneizaron de igual manera en cada recipiente durante 5 minutos.

La fermentación fue realizada a temperatura ambiente (18°C) en recipientes de plástico con capacidad de 500g, los cuales fueron llenados hasta un 80% de esta capacidad y se taparon por un periodo de 30 días para protegerlo del aire y asegurando que el proceso de fermentación se desarrollara adecuadamente como lo sugiere Belli (2009) (figura 2).

**Figura 2. Empaque y almacenamiento**



Durante los primeros 8 días, con el propósito de permitir el escape de los gases y evitar la ruptura de los frascos, la tapa de los recipientes de cada muestra fue desenroscada y enseguida agitadas 3 veces al día para evitar la presencia de hongos en el producto.

Durante el proceso de experimentación fueron realizadas 2 pruebas piloto con las cuales se buscó la estandarización del ensilado biológico de vísceras de pescado, cada una de estas tuvo una duración de 30 días; en la primera prueba se buscó realizar la fermentación del producto tomando las muestras correspondientes y observando cambios favorables o desfavorables del ensilaje que pudieran influir en la calidad nutricional e inocuidad del producto; en la segunda se realizaron los correctivos a las fallas que se presentaron en el producto de la primera prueba, y por último se realizó el ensayo final donde fueron efectuadas pruebas organolépticas y de pH que permitieron establecer la fórmula estándar y de las cuales se tomaron las muestras para el análisis microbiológico y bromatológico.

**5.2.2 Segunda etapa: fase de análisis.** En esta fase, se analizaron los datos obtenidos de los resultados sensoriales, químicos, bromatológicos y microbiológicos de los diferentes tratamientos:

#### **5.2.2.1 Pruebas físicas y químicas**

##### **Características Organolépticas**

Olor

Color

Consistencia

Presencia de Hongos

**Valores de pH:** para obtener un mayor control sobre la dinámica fermentativa de los ensilajes, se determinó el pH en los días 0, 7, 14 y 30 de elaboración (figura 3);

se destapó una muestra de cada tratamiento y por medio de tiras indicadoras de pH se determinó su valor en la escala correspondiente. Al día 30, se realizó la evaluación de las características organolépticas a cada tratamiento, utilizando 15 panelistas al azar y mediante encuestas, se analizaron olor, color, consistencia y presencia de hongos en los ensilajes; las muestras al día 30 alcanzaron un grado de acidez óptimo lo que permitió continuar con los posteriores análisis de laboratorio.

**Figura 3. Control pH**



**5.2.2.2 Caracterización Bromatológica.** Para evaluar las variables indicadoras de calidad de los ensilajes (De la Roza, 2005), se tomó una muestra unificada de 300g para cada tratamiento al día 30 de fermentación del producto y se les determinó:

Materia seca (MS)  
Proteína cruda (PC)  
Extracto etéreo (EE)  
Energía Bruta (EB)  
Cenizas

El análisis bromatológico se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la facultad de medicina veterinaria y de zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, determinando para cada una de las muestras del silo biológico de vísceras de tilapia, materia seca por liofilización, proteína cruda por el método de Kjeldahl, extracto etéreo por el método de Soxhlet, cenizas por combustión según la metodología de la AOAC (1996) y energía bruta a través de bomba calorimétrica.

**5.2.2.3 Parámetros microbiológicos.** El análisis microbiológico fue realizado en el Laboratorio Bacteriológico de Alimentos de la Universidad Industrial de Santander a partir de caldos, medios de cultivo y soluciones necesarias según la técnica utilizada que consistió básicamente en el recuento de la microflora hallada en el producto permitiendo determinar la cantidad total de microorganismos. El resultado se expresó como UFC/g y se comparó con los estándares de calidad referidos para el producto según las normas ICONTEC y el ICA.

Con el fin de determinar la calidad sanitaria de los productos ensilados, las condiciones higiénicas de la materia prima utilizada y la manipulación durante la elaboración de los silos fueron determinadas las siguientes variables:

*Salmonella sp.*  
Coliformes fecales  
Coliformes totales  
Mesófilos aerobios

Hongos filamentosos

**5.2.2.4 Diseño Estadístico.** El análisis de las variables organolépticas se llevó a cabo a través de un diseño estadístico no paramétrico, se realizó un análisis de varianza empleando la prueba de Freedman, las diferencias encontradas fueron comparadas a través de una prueba de t. El análisis estadístico se realizó utilizando el programa, SAS V8, mediante la siguiente fórmula<sup>29</sup>:

$$X^2 = \frac{SC^{trat}}{SC^{trat} + SC^{EExptal}} \\ r(t - 1)$$

Respecto a las variables nutricionales y microbiológicas se empleó un análisis descriptivo.

**5.2.2.5 Variables económicas.** Uno de los propósitos de este trabajo, fue definir el costo de elaboración de un kilogramo de ensilaje biológico, considerando los factores que intervienen en la producción del ensilaje de vísceras de pescado y evaluando así por diferencia de valores los costos de producción total de cada uno de los tratamientos.

---

<sup>29</sup>MARTINEZ B, R; MARTINEZ R, N y MARTINEZ M, M V. 2011. Diseño de Experimentos en Ciencias Agropecuarias y Biológicas con SAS, SPSS, R y STATISTIX. Tomo I. Primera edición, Bogotá, D.C.: Fondo Nacional Universitario, I.A.C. paginas 244 -248.

## 6. RESULTADOS ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

### 6.1 PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE ENSILAJES BIOLÓGICOS DE VÍSCERAS DE PESCADO

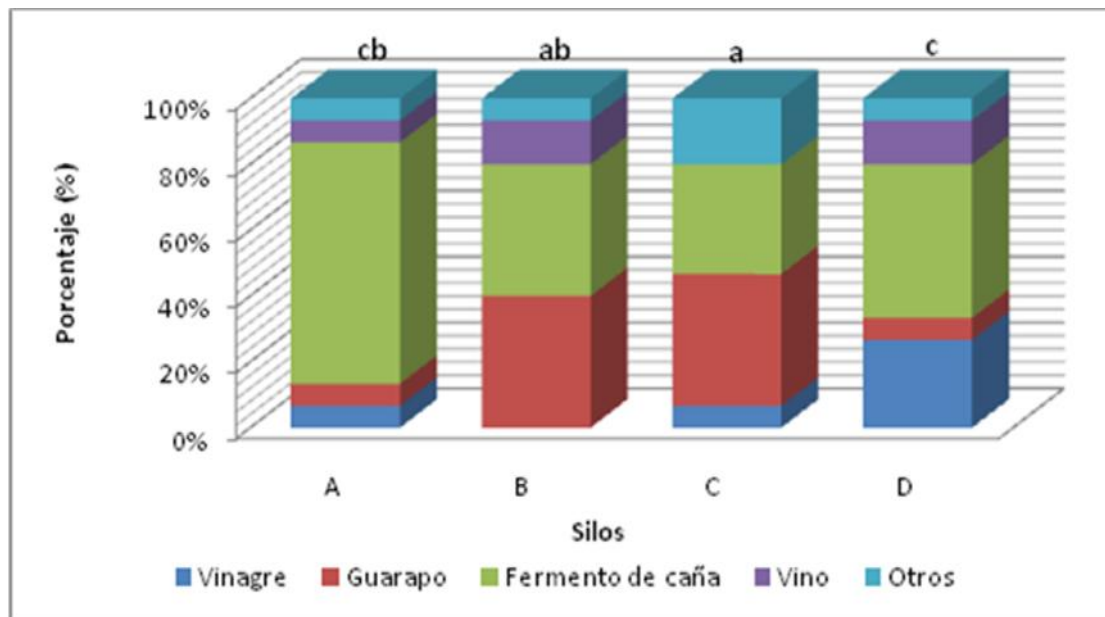
#### 6.1.1 Variables organolépticas

**6.1.1.1 Olor.** En el análisis organoléptico se detectó que el olor característico a vísceras de pescado, cambió a un olor agrídulcesuave y agradable, encontrándose diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) para esta variable entre los tratamientos (figura 4), donde el olor predominante revelado por el panel sensorial, fue el fermento de caña para los tratamientos A y D (73.3% y 46.7% respectivamente), mientras que para el tratamiento B, el olor a fermento de caña se detectó en igual proporción con el olor a guarapo (40%), siendo este último el olor predominante en la muestra del silo C (40%) con una ligera diferencia al olor de fermento de caña (33.3%); no obstante y aunque en bajas proporciones también se detectó la presencia de los olores de vino y vinagre. Los olores de fermento de caña, guarapo y vino pueden atribuirse a la fermentación que produjo los contenidos de melaza, el olor a vinagre de la muestra A, posiblemente se originó por una fermentación aeróbica durante este proceso, de igual manera fue detectado este olor en las muestras C y D debido probablemente por ser uno de los ingredientes de la formulación.

En ninguno de los ensilajes, hubo algún indicio de olor desagradable y ninguna señal de posteriores procesos de descomposición. Según comentarios realizados por Pérez *et al.*, (1997), los olores desagradables son frecuentes en las conservaciones de pescados y mariscos por ser alimentos proteicos de rápido deterioro, cuando no pueden ser conservados en refrigeración o cuando no se tienen adecuados preservantes, debido a que contienen una flora bacteriana normal, que unida a los contaminantes generados en la captura y manipulación, invaden las estructuras con gran rapidez, produciendo sustancias que ocasionan

modificaciones del olor. Las características organolépticas, al cabo de los 30 días de elaboración de los ensilados, no presentaron una alta similitud entre los tratamientos, lo cual se podría atribuir a la diferencia en la formulación, lo cual coincide con los resultados alcanzados por Vidotti *et al.*, (2002) al referir que los ensilajes de pescado originan productos con características organolépticas diferentes, atendiendo a la composición de los residuos, la formulación del producto, la especie utilizada y la metodología de preservación.

**Figura 4. Olores presentes en los silos de vísceras de pescado (%)**

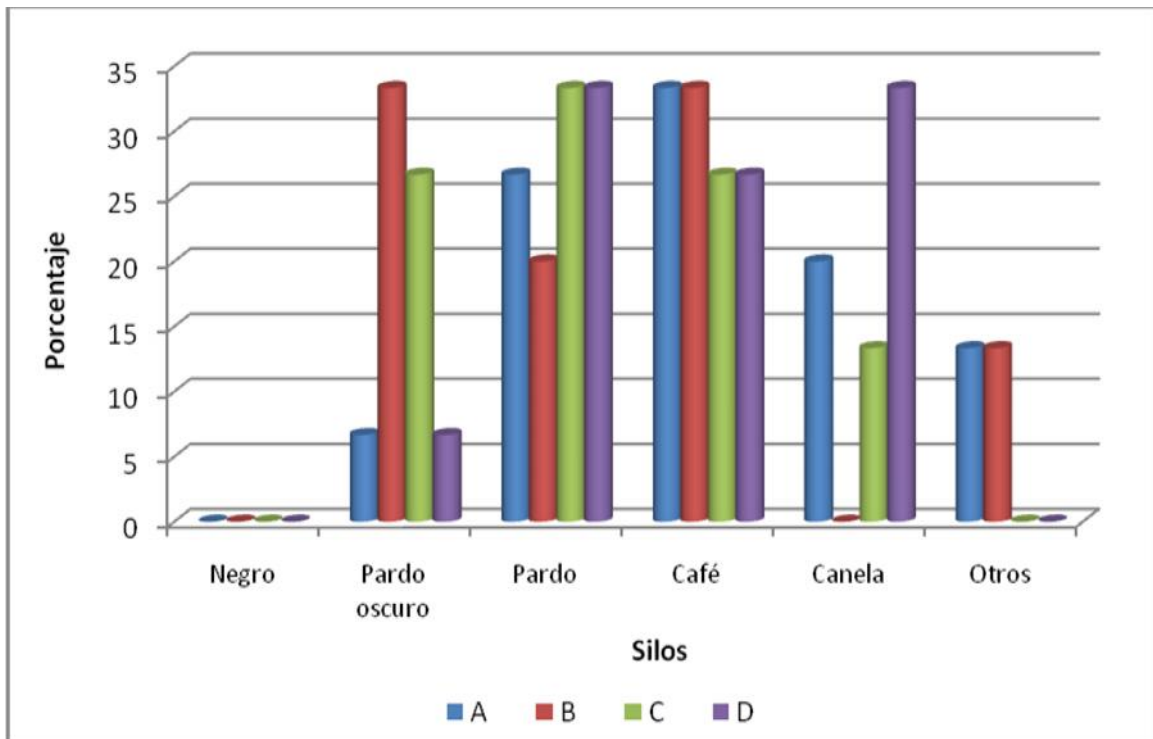


Columnas con letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.01$ )

**6.1.1.2 Color.** Debido a las características de pigmentación de los ingredientes y su respectiva concentración en la elaboración de los silos, se detectó una amplia variedad de colores con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos (figura 5), encontrándose en cada uno de los silos uno o dos colores de la escala propuesta, con excepción del color negro. Los ensilados A, C y D presentaron una apariencia más clara, probablemente influenciada por la cantidad de melaza

(15%) y de Kumis Alpina® así como lo afirman Llanes *et al.*, (2006), donde la adición de Yogurt al tratamiento biológico tornó el producto a un color menos oscuro (canela) respecto al tratamiento bioquímico (pardo oscuro).

**Figura 5. Predominancia en Colores de silos de pescado (%)**

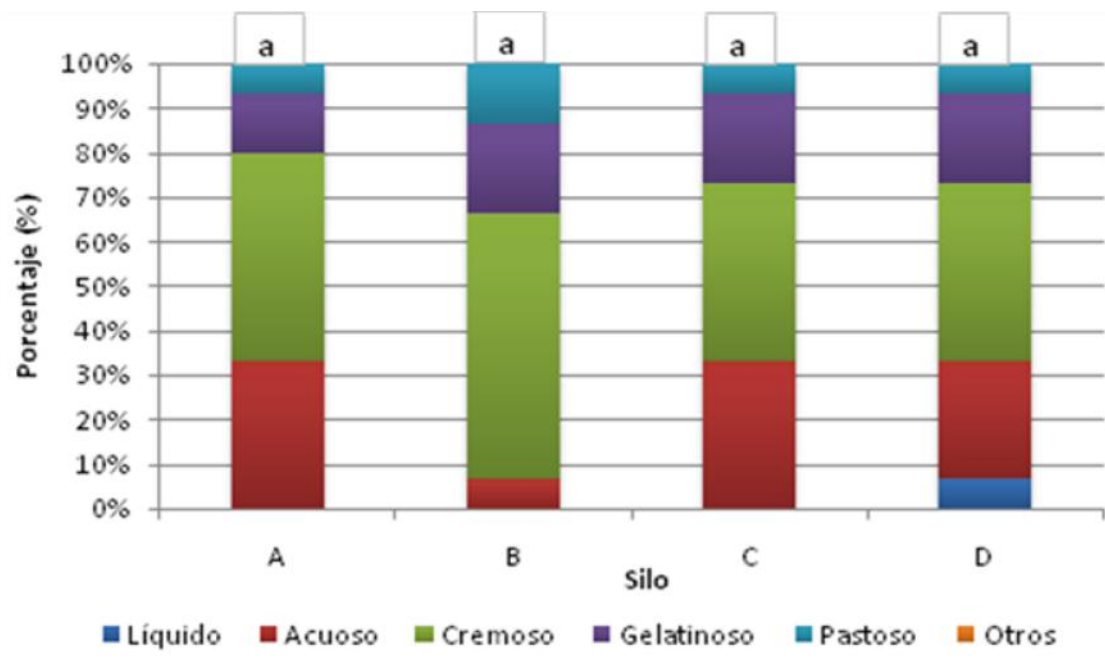


Columnas con letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

**6.1.1.3 Consistencia.** Los tratamientos mostraron principalmente una consistencia cremosa (40 a 60%) (Figura 6) sin diferencias significativas ( $p > 0.1$ ), atribuyéndose en gran parte al material básico empleado en la elaboración del ensilaje (vísceras de pescado); dentro de las consistencias menos representativas se encontró la apariencia acuosa (6 a 33%), consistencia que de acuerdo con Toledo *et al.*, (2006), puede presentarse por la cantidad de líquidos en las vísceras de pescado, de igual manera se encuentran la apariencia gelatinosa (13 a 20%) y pastosa (6 a 13%) indicando entonces que la textura de los ensilajes no era lo

suficientemente compacta para generar valores significativos que así lo expresaran, como lo señala Martínez y Sánchez (2003)<sup>30</sup>, quienes afirman que el ensilado biológico de pescado puede presentar diversas características dependiendo de la materia prima que se utilice, indicando de esta manera que la consistencia ideal de los silos basados en vísceras de pescado, debería ser principalmente como una masa homogénea independientemente de la textura que origine.

**Figura 6. Consistencias apreciables en silos biológicos de pescado (%)**



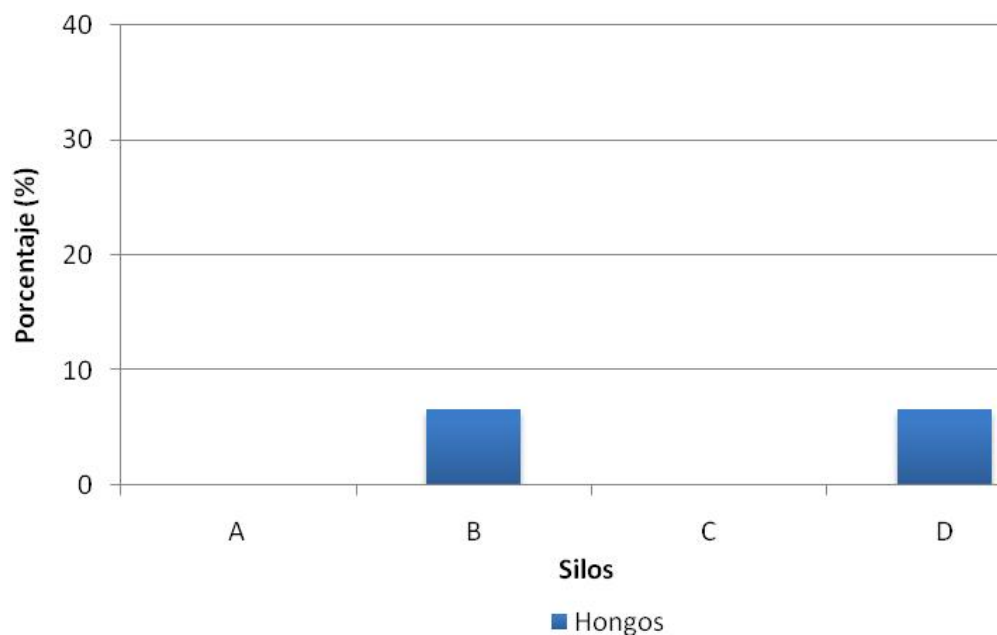
Columnas con letras distintas indican diferencias significativas ( $p > 0.1$ )

**6.1.1.4 Presencia de hongos.** Debido a la adecuada manipulación durante el proceso de elaboración de los silos y la inclusión de antioxidantes y antimicóticos

<sup>30</sup>MARTÍNEZ O, N y SÁNCHEZ A, D. 2003. Utilización de frutas como sustrato en el procesamiento de ensilado de pescado [online]. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, Repositorio institucional, Facultad de Pesquería. Págs 275 - 289. [Consultado mayo 2013]. Disponible en: [http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/123456789/774/2003\\_16.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/123456789/774/2003_16.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

se evitaron la presencia de hongos y microorganismos perjudiciales para el producto final, como se puede apreciar en la figura 7, no obstante la evaluación del panel sensorial reportó la presencia de hongos en un 6% para los tratamientos B y D, respuesta no corroborada por el análisis en laboratorio.

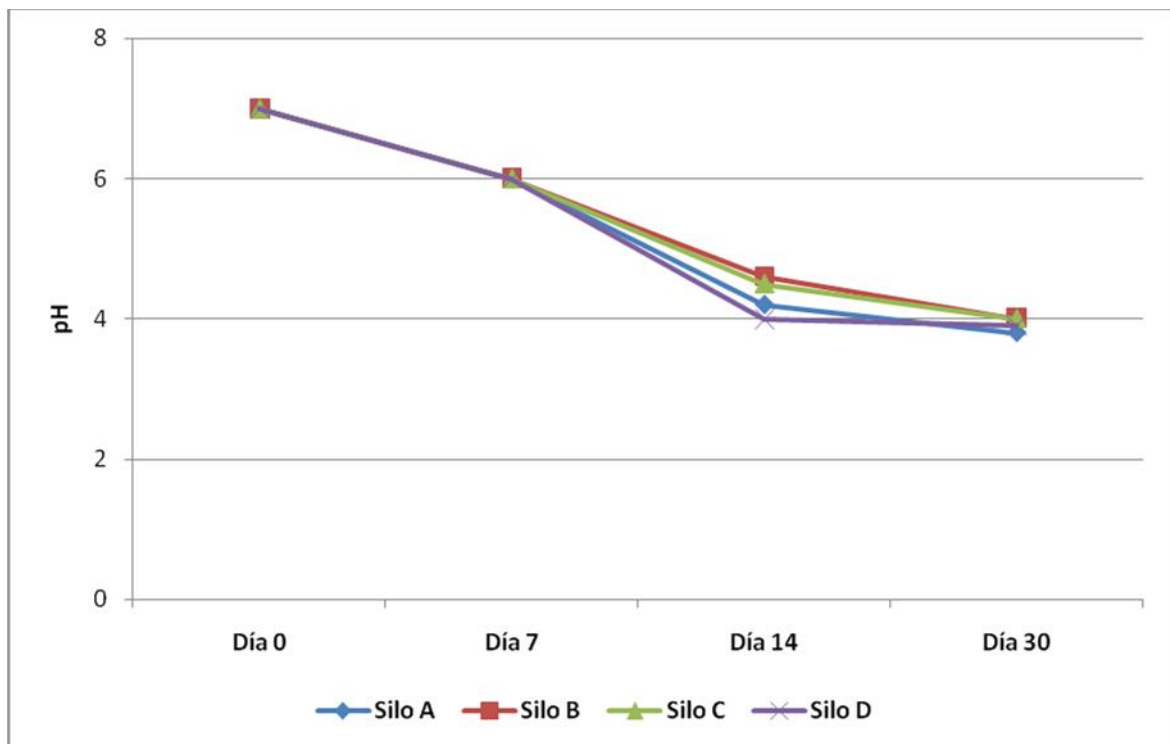
**Figura 7. Porcentaje de presencia de hongos en los silos de vísceras de pescado**



**6.1.2 Variación en la acidez de los ensilajes biológicos de vísceras de pescado.** En la figura 8, se puede apreciar un pH de 7 en todos los tratamientos al día cero (0), 1.4 puntos por encima de los reportados por Toledo *et al.*, (2006). Durante los primeros 7 días de elaborados los silos el pH se redujo a 6, igualmente para las muestras A, B, C, y D. Teniendo en cuenta que la inclusión de inóculo o fermento y la fuente de carbohidratos evitan la degradación del ensilado y contribuyen a la mejora de la calidad del producto, principalmente por la presencia y crecimiento de los microorganismos que ocasionan el descenso del pH, luego de haber consumido esta fuente energética, se mostró que al día 14 de

preparación las muestras B y C disminuyeron su valor de pH a 4.6 y 4.5 respectivamente y las muestras A y D a un valor de 4.2 y 4.0 debido posiblemente a la acción de los microorganismos eficientes (ME) y la actividad de sus bacterias ácido lácticas que causan el descenso del pH de acuerdo a lo expresado por Londoño, (2008).

**Figura 8. Variación de la acidez en silos biológicos de vísceras de pescado**



Los ME empleados como potencializador de la fermentación en la alimentación animal, pueden reducir aún más el tiempo de esta, asegurando mayor participación de bacterias inoculadas, y con ellas su efecto antibacteriano donde tendrían efectos probióticos y mejorarían así la población natural microbiana intestinal en los animales (Areche *et al.*, 1990).

Finalmente en el día 30 se notó una disminución variable a pH 3.8; 4.0; 4.0 y 3.9 para las muestras A, B, C y D respectivamente, la inclusión de ME podría explicar

la diferencia en el pH de los tratamientos A y D respecto a los otros tratamientos, lo cual contribuiría con un mayor descenso de pH en menor tiempo, generando así un producto de buena calidad, al presentarse características que inhiben el crecimiento de bacterias patógenas incapaces de sobrevivir a estas condiciones (Agudelo *et al.*, 2004).

## 6.2 PARÁMETROS NUTRICIONALES DE ENSILAJES BIOLÓGICOS DE VÍSCERAS DE PESCADO

La determinación de la composición bromatológica de los distintos tratamientos utilizados se presenta en el cuadro 6. La muestra A presentó un mayor contenido de materia seca respecto a los demás tratamientos. El tratamiento D, aunque con un contenido más elevado de humedad respecto a los demás tratamientos, presenta igual contenido de energía bruta del tratamiento A y mayores contenidos de proteína cruda que los tratamientos B, A y C, respectivamente. Comparando los porcentajes de proteína con otros estudios donde los promedios oscilan entre 15.31% y 14.6% (Lessi *et al.*, 1992; Betancourt *et al.*, 2003), estos contenidos son menores a los obtenidos, evidenciando de esta manera que el producto elaborado puede ser usado como fuente de proteína en la alimentación animal.

**Cuadro 6. Composición química proximal (bromatológica) de silos de vísceras de pescado al día 30 de elaboración expresados en base seca**

<b>Muestra</b>	<b>Materia Seca (%)</b>	<b>Proteína Cruda (%)</b>	<b>Extracto Etéreo (%)</b>	<b>Energía Bruta (Mcal/Kg)</b>	<b>Cenizas (%)</b>
Silo A	46.3	20.0	37.4	7.1	11.6
Silo B	44.9	20.1	35.3	6.9	12.7
Silo C	44.5	19.4	30.2	6.3	13.4
Silo D	37.6	21.7	35.9	7.1	8.0

El porcentaje de extracto etéreo obtenido de la muestra A, fue mayor al de las muestras D, B y C, estos altos porcentajes obedecen a que la materia prima usada para la elaboración del silo fue de solo vísceras de tilapia, en las cuales se deposita una gran cantidad de grasa en los peces (Llanes, 2003; Muñoz *et al.*, 2012). El alto contenido de extracto etéreo del silo puede llegar a ser una limitante desde el punto de vista nutritivo, debido a que si no se emplea un eficaz antioxidante, el producto puede deteriorarse fácilmente, además la grasa oxidada podría presentar problemas de palatabilidad y reducción del valor nutricional del alimento, es por esto que debe incluirse bajo excelentes parámetros de balanceo de raciones con el fin de aprovechar al máximo su aporte energético.

En cuanto a los contenidos de humedad en los ensilajes, se encontraron niveles más bajos que los reportados por Fagbenro *et al.*, (1993a y 1993b) y Vidotti (2001), lo que puede atribuirse a la incorporación de los carbohidratos (melaza) a las vísceras para el proceso de fermentación. Sin embargo, Fagbenro *et al.*, (1993a y 1993b), se lo atribuye a la pérdida de dióxido de carbono y etanol (por evaporación) como resultado de la fermentación de las levaduras que tienden a aumentar ligeramente durante el proceso de fermentación y donde Vidotti (2001), afirma que está asociado con la extracción de ácido láctico utilizando residuos de la comercialización de peces de agua dulce y desechos de Tilapia encontrando diferencias en los valores de PB, EE y cenizas. Estas divergencias observadas en la composición química de los ensilados estuvieron atribuidas a las materias primas, ya que la composición de los residuos de pescado puede variar con la especie, época de captura, estado reproductivo e inclusive de acuerdo al tipo de corte (Vidotti *et al.*, 2002).

Teniendo como referencia los datos reportados en los cuadros 6 y 7, los ensilados realizados en el estudio, son aptos para la alimentación animal, por su contenido nutricional de MS, 46.3%, PC 20%, EB 7.1%, EE 37.4%. Se sugiere la utilización del tratamiento A, además de haber sido el tratamiento que alcanzó el mínimo

valor de acidez frente a los demás silos y de acuerdo a los recuentos microbiológicos fue categorizado como el de mejor calidad.

### 6.3 CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE ENSILADOS BIOLÓGICOS DE VÍSCERAS DE PESCADO

La presencia de *Salmonella spp.*, coliformes fecales y hongos Filamentosos (cuadro 7) fue negativa en todas las muestras de los ensilados (A, B, C, D), lo cual indica que este tipo de ensilados de vísceras de pescado podría incluirse en dietas para la alimentación animal, según las normas ICONTEC y el ICA es de criterio obligatorio en la producción de alimentos para consumo animal la ausencia de estos microorganismos ya que pueden ocasionar en pequeñas dosis enfermedad en los mismos.

**Cuadro 7. Descripción microbiológica de los silos de vísceras de pescado al día 30 de elaboración y rango aceptable para alimento animal**

Parámetro (UFC*/g)	Silo A	Silo B	Silo C	Silo D	Rango		Técnica
					Lim. inferior	Lim. superior	
Salmonella spp	-	-	-	-	-	-	Salmosyst®
Coliformes Fecales	-	-	-	-	-	-	Rcto placa Chorom®
Coliformes Totales	< 10	<10	<10	<10	<10	SLE	Rcto placa Chorom®
M O. Mesófilos	< 10	30	20	30	<10	SLE	Rcto placa PCount A.
Hongos Filamentosos	-	-	-	-	-	-	Rcto placa R. Ben

\*UFC= Unidades Formadoras de Colonias

Para las muestras B, C y D se observó la presencia de microorganismos mesófilos aerobios, que según las NTC no están en un rango significativo y por tanto es factible usarlos sin contraindicación alguna en alimentación animal, ya que la

presencia de estos pudo ser consecuencia del uso del material crudo, eficiencia en el proceso de elaboración, higiene de utensilios o el tiempo de almacenamiento.

En cuanto a la presencia de bacterias coliformes totales no significó necesariamente que hubo una contaminación fecal, es decir, algunos coliformes (*E. coli*) son comunes en las heces del hombre y otros animales, pero otros (*Enterobacter, Klebsiella, Serratia, Erwinia*) son encontradas en el suelo, agua y semillas. En la leche cruda, vegetales, carne, aves y otros alimentos crudos se encuentran recuentos bajos de coliformes presentando poco o ningún valor para el monitoreo de los mismos (Agudelo *et al.*, 2004) donde estos organismos se pueden eliminar fácilmente por medio de un tratamiento térmico (Muñoz *et al.*, 2012).

#### **6.4 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE ENSILAJES BIOLÓGICOS DE VÍSCERAS DE PESCADO**

Para determinar el valor total de producción de cada uno de los tratamientos propuestos y establecer entre estos el de mayor viabilidad, se asumieron primeramente los costos variables (cuadro 8), en los que el rubro de materias primas requeridas para la elaboración de un kilogramo de producto y el precio unitario de las mismas, reflejaron que uno de los factores importantes que elevó tales costos, fue la consecución del BHT y de las vísceras de pescado debido a los gastos de obtención de los mismos y el transporte.

**Cuadro 8. Costos variables de producción por Kg de ensilaje**

<b>Materias Primas</b>	<b>T1: Silo experimental A</b>	<b>T2: Silo experimental B</b>	<b>T3: Silo experimental C</b>	<b>T4: Silo experimental D</b>
Vísceras (\$)	781	781	781	781
Melaza (\$)	165	187	165	165
Kumis (\$)	333	333	333	333
BHT (\$)	162	162	162	162
Sal (\$)	20	20	20	-
ME (\$)	95	-	-	95
Vinagre (\$)	-	-	32	32
<b>Total</b>	<b>\$1.556</b>	<b>\$1.483</b>	<b>\$1.493</b>	<b>\$1.568</b>

Seguidamente, en el cálculo de los costos fijos (cuadro 9) se tuvo en cuenta el uso de las instalaciones, la maquinaria, los equipos, los costos de administración y servicios tomando como referencia un porcentaje del total de las materias primas anteriormente relacionadas; la mano de obra se estableció de acuerdo al valor de la hora diurna legal vigente; de acuerdo con los valores obtenidos se observó, que los tratamientos B y C adquirieron un costo fijo de producción menor, respecto a los otros dos tratamientos.

**Cuadro 9. Costos fijos de producción por Kg de ensilaje**

<b>Costos Fijos</b>	<b>Rango o Valor</b>	<b>Tratamientos</b>			
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Valor hora diurna laboral	\$2.566,7	-	-	-	-
Horas de producción por silo	1,4	3.596	3.596	3.596	3.596
Costos fijos y mantenimiento	1%	15,6	14,8	14,9	1,7
Administración y dirección	1%	15,6	14,8	14,9	15,7
Otros (servicios, etc.)	1%	15,6	14,8	14,9	15,7
<b>Costo fijo total por Kg de silo</b>	-	<b>\$3.643</b>	<b>\$3.640</b>	<b>\$3.641</b>	<b>\$3.643</b>

Finalmente, el costo de producción total de los ensilajes biológicos de vísceras de pescado bajo condiciones experimentales reflejó un alto valor económico por kilogramo de producto (cuadro 10), consecuencia del proceso experimental que fue llevado a cabo, dado que los costos de materias primas (vísceras) y transporte

fueron sobrevalorados si se considera la pequeña cantidad obtenida, sin embargo, se podría considerar viable, desde el punto de vista en el que los insumos utilizados, son de muy bajo precio, requiere un mínimo de mano de obra, no necesariamente especializada, y se cuenta con una materia prima (vísceras) que puede ser adquirida sin ningún costo (\$0), ya que generalmente son desechados, en el cual se verían principalmente beneficiados los productores piscícolas al reciclar estas vísceras y así mismo utilizarlas. De igual forma en el análisis se puede apreciar que el mayor costo de producción está determinado por los gastos administrativos (costos fijos) propios de cualquier sistema de producción.

**Cuadro 10. Costos totales de producción por Kg de ensilaje**

Item	Tratamientos			
	A	B	C	D
Costos de producción variables	1.556	1.483	1.493	1.568
Costos de producción fijos	3.643	3.640	3.641	3.643
<b>Costo de producción total</b>	<b>\$5.198</b>	<b>\$5.123</b>	<b>\$5.134</b>	<b>\$5.211</b>

Es por esto, que si no se considera el valor de las vísceras de este trabajo (\$0) en la obtención de un kilogramo de ensilaje, los resultados obtenidos para los tratamientos A, B, C y D serían de \$4.394, \$4.319, \$4.329 y \$4.407 pesos respectivamente.

## CONCLUSIONES

La elaboración de ensilajes a partir de sub-productos o desechos de la actividad acuícola, son una buena alternativa para su utilización en la alimentación animal, que puede contribuir a preservar el medio ambiente.

Una de las mayores ventajas de la fabricación de los ensilados, es que no requieren mayor manipulación durante su proceso, luego de la fermentación a la que son sometidas las vísceras y gracias a los ingredientes empleados (Melaza, kumis, sal, ME, vinagre, BHT), estos productos pueden ser almacenados por tiempo prolongado sin presentar deterioro o putrefacción, haciendo al ensilaje final más atractivo, agradable y apetecible, teniendo en cuenta que la materia prima utilizada es de fácil y rápida descomposición.

De acuerdo a la información obtenida en términos de características organolépticas, pH, microbiología y bromatología de los ensilados; el estudio concluye que el tratamiento A ofrece las mejores condiciones para ser utilizado en la alimentación animal.

Los resultados del análisis proximal fueron satisfactorios dentro de los rangos permitidos por las normas técnicas colombianas (NTC) para alimentación animal, siendo de gran importancia que las vísceras estén frescas para que haya un buen proceso fermentativo y obtener excelentes condiciones sanitarias y nutricionales del producto final.

Actualmente se invierten esfuerzos en función de conseguir materias primas de origen animal que contengan niveles aceptables de nutrientes para las dietas de los animales, el ensilaje de vísceras de tilapia sería un recurso económico de gran valor nutricional que garantiza su utilización como sustitutos de la proteína de

origen animal en la elaboración de raciones de alimentos concentrados, o directamente como un complemento en la alimentación animal.

Microbiológicamente, la calidad de los silos de vísceras de tilapia obtuvo resultados satisfactorios, demostrando una carga baja de microorganismos patógenos, permitidos por la norma técnica colombiana del ICA para la alimentación animal.

La valoración microbiológica es importante en la medida en que permite conocer las condiciones de salubridad de algunos alimentos, aun cuando existieron bacterias patógenas en el producto final, sus recuentos no fueron significativos y por tanto esta situación se considera de fácil control mediante el uso de un tratamiento térmico.

## RECOMENDACIONES

La inclusión de materias primas con altos contenidos de ácidos grasos en dietas para animales son importantes como fuente de energía, sin embargo estas son fácilmente oxidables, por tanto es recomendable el uso de ingredientes que tengan efecto antioxidante.

Si hay presencia de microorganismos superiores a los establecidos en los análisis microbiológicos para recuentos de aerobios mesófilos, recuento de *Escherichia coli*, recuento de coliformes y recuento de *Staphylococcus aureus*, se sugiere la revisión de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para disminuir la contaminación de los silos.

En los alimentos crudos es común encontrar recuentos bajos de coliformes fecales que no representan valores importantes para el monitoreo de los mismos, pero lo ideal es que estos microorganismos no estén presentes, por tanto es recomendable eliminarlos mediante la cocción, la aplicación de esta técnica a las vísceras, antes de realizar los silos, reduciría la carga bacteriana y mejoraría la calidad final del producto.

El uso de ensilados de vísceras de pescado puede ofrecer una alternativa para el fortalecimiento de la alimentación animal en la región, ya que se cuenta con los recursos naturales necesarios y además se tiene accesibilidad a materias primas, tales como desechos de beneficiaderos piscícola, bovino, avícola y porcícola como fuente de proteína animal para elaboración de dietas no convencionales.

Con el uso de técnicas como el ensilado y el aprovechamiento de las distintas materias primas se puede sensibilizar a los diferentes productores a implementar las buenas prácticas de producción; esto probablemente llevará a la disminución de los costos debido a que se aprovechan estos residuos directamente en las

explotaciones, en las que estos gastos en la alimentación se ven representados con valores de 65-75% del total de la producción, lo que es una limitante para mantener una producción estable y poder competir en el mercado nacional y mejorar los índices estadísticos de la provincia frente a la producción departamental siendo en el futuro inmediato una opción para aumentar los ingresos para las empresas agropecuarias.

Dar a conocer que en el estudio realizado, el tratamiento A, ofrece mejores beneficios a los productores piscícolas para que sean implementados en sus explotaciones adquiriendo conocimientos sobre las nuevas alternativas en las técnicas de alimentación.

Se recomienda continuar investigando en la formulación, análisis y aplicación de este tipo de productos en dietas destinadas para la alimentación animal, que permita dilucidar sus bondades nutricionales.

Se recomienda el uso de insumos genéricos de buena calidad que favorezcan una disminución en los costos de producción, por ejemplo reemplazar el kumis por inóculos industriales (Kyo Dophilus) cuyo valor es más bajo al compararse con el producto final.

## BIBLIOGRAFÍA

BALAN, T. L; MARTÍNEZ, D. R. 2007. Uso de microorganismos eficientes (EM) en la alimentación de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) [online]. Proyecto de graduación Licenciatura en Ciencias Agrícolas e Ingeniero (a) Agrónomo (a). Guácimo, Limón, Costa Rica: Universidad EARTH. [Consultado mayo 2013]. Disponible en: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/dpg/59-2007.pdf>

BALSINDE, R M; LLEANA, F C y GALINDO L G 2003. Inclusión de ensilado de pescado como alternativa en la elaboración de alimento extruido para el camarón de cultivo (*Litopenaeus schmitti*). En: BELLI CONTRERAS, Jorge Enrique 2009. Estabilidad aeróbica y día óptimo de uso del ensilado biológico de pecado para la alimentación animal [online]. Tesis de grado médico veterinario zootecnista. Veracruz: Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. [Consultado mayo 2013]. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/107/1/JORGE%20ENRIQUE%20BELLI%20CONTRERAS.pdf>

BELLO, R. 1994. Experiencia con ensilado de pescado en Venezuela [online]. En: Taller tratamiento y utilización de desechos de origen animal y otros desperdicios en la ganadería. La Habana, Cuba: FAO, 5 a 8 Septiembre. [Consultado Mayo 2013]. Disponible en: [www.fao.org/ag/aga/agap/frg/APH134/cap1.htm](http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/APH134/cap1.htm)

BOTELLO, 2005; TOLEDO *et al.*, 2006. En: BELLI CONTRERAS, Jorge Enrique 2009. Estabilidad aeróbica y día óptimo de uso del ensilado biológico de pecado para la alimentación animal [online]. Tesis de grado médico veterinario zootecnista. Veracruz: Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. [Consultado mayo 2013]. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/107/1/JORGE%20ENRIQUE%20BELLI%20CONTRERAS.pdf>

BOSCOLO, W. et. Al. 2004. Digestibilidad aparente de energía y proteína das farinhas de residuo da filetagem de tilapia do nilo (*Oreochromis niloticus*) E de Convina (*Plagioscion squa Mosissimus*) E Farinha integral do camarao canela (*Macrobrachium Amazonicum*) para Tilapia del Nilo. Revista Brasileira de Zootecnia 33(1):8-13.

CASTILLO, Luis F. 2006. Tilapia Roja: una evolución de 25 años, de la incertidumbre al éxito [online]. [Consultado Mayo 2013]. Disponible en: [Http://Ag.Arizona.Edu/Azaqua/Ista/Colombia/Tilapiaroja2006.Pdf](http://Ag.Arizona.Edu/Azaqua/Ista/Colombia/Tilapiaroja2006.Pdf)

DÍAZ, H. L. 2004. Efecto de la suplementación con ensilaje de residuos de una planta procesadora de tilapia (*Oreochromis niloticus*) sobre el consumo voluntario y la digestibilidad de nutriente de heno de gramíneas y leguminosas tropicales

[online]. En: BELLI CONTRERAS, Jorge Enrique 2009. Estabilidad aeróbica y día óptimo de uso del ensilado biológico de pecado para la alimentación animal [online]. Tesis de grado médico veterinario zootecnista. Veracruz: Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. [Consultado mayo 2013]. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/107/1/JORGE%20ENRIQUE%20BELLI%20CONTRERAS.pdf>

ESPEJO, C., TORRES, E. 2001. Cultivo de la mojarra plateada (*Oreochromis niloticus*) y la mojarra roja (*Oreochromis sp.*) [online]. En: Fundamentos de Acuicultura continental. Colombia: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA), 283-298p. [Consultado mayo 2013]. Disponible en: <http://prezi.com/s5ahdx2gj0vf/copy-of-copy-of-desempeno-productivo-de-juveniles-de-tilapia-roja-oreochrom/>

GODDARD, S; AL-SHAGAA, G; ALI, A. 2008. Fisheries by catch and processing waste meals as ingredients in diets for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), *Aquaculture Research*.39: 518 – 525. En: BELLI CONTRERAS, Jorge Enrique 2009. Estabilidad aeróbica y día óptimo de uso del ensilado biológico de pecado para la alimentación animal [online]. Tesis de grado médico veterinario zootecnista. Veracruz: Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. [Consultado mayo 2013]. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/107/1/JORGE%20ENRIQUE%20BELLI%20CONTRERAS.pdf>

GONZALEZ, D; CÓRDOBA, J; INFORD, F y BUITRAGO, E. 2007. Estudios preliminares en la formulación de dietas para camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*) utilizando ensilado de pescado [online]. Isla Margarita, Venezuela: Estación de investigaciones marinas de Margarita EDIMAR, Fundación la Salle de Ciencias Naturales. En: Revista Científica FCV-LUZ/Vol. XVII. No. 2 166-172. [Consultado mayo 2013]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95917210>

LLANES I, J. E. TOLEDO P, J. y LAZO, José M. 2006. Producción de alimento húmedo a partir de ensilados de pescado para la alimentación de Tilapia Roja [online]. La Habana, Cuba: Centro de Preparación Acuícola Mampostón, Revista AquaTIC, Nº 25, pp. 16-21. ISSN 1578-4541 [Consultado mayo 2013]. Disponible en: [http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/25\\_03.pdf](http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/25_03.pdf)

MARTINEZ B, R; MARTINEZ R, N y MARTINEZ M, M V. 2011. Diseño de Experimentos en Ciencias Agropecuarias y Biológicas con SAS, SPSS, R y STATISTIX. Tomo I. Primera edición, Bogotá, D. C: Fondo Nacional Universitario, I.A.C. páginas 244 -248.

PEREA R, Crispulo; GARCÉS C, Yeny Judith y HOYOS C, José Luis (2011). Evaluación de ensilaje biológico de residuos de pescado en alimentación de tilapia

roja (*Oreochromis spp*) [online]. Popayán: Universidad del Cauca, Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 9 No. 1 (60 - 68) Enero - Junio. [consultado mayo 2013]. Disponible en: <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol9-1/EVALUACION%20DE%20ENSILAJE%20BIOLOGICO%20DE%20RESIDUOS%20DE%20PESCADO.pdf>

RODRÍGUEZ, A; DÍAZ, H. 2005. Fermentación anaeróbica de residuos de pescadería y su utilización en dietas para pequeños rumiantes [online]. En: Integrando producción animal y medio ambiente, Año 1, Vol. 1, pág. 4 – 6. Puerto Rico: Colegio de Ciencias Agrícolas. [consultado mayo 2013]. Disponible en: <http://www.uprm.edu/agricultura/inpe/gga-hsi/ano1vol1-05.pdf>