

**Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-  
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Comparación de la calidad del ensilaje químico y biológico proveniente  
de subproductos de tilapia *Oreochromis niloticus***



**Presentado por:**

**T. A. Lilian Bethsabé Reyna Bustamante**

**Para otorgarle el título de:**

**LICENCIADA EN ACUICULTURA**

**Guatemala, agosto de 2015**

**Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-  
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Comparación de la calidad del ensilaje químico y biológico proveniente  
de subproductos de tilapia *Oreochromis niloticus***



**Presentado por:**

**T. A. Lilian Bethsabé Reyna Bustamante**

**Para otorgarle el título de:**

**LICENCIADA EN ACUICULTURA**

**Asesor:**

**Lic. Santiago Yee Melgar**

**Guatemala, agosto de 2015**

**Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-  
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-**

**CONSEJO DIRECTIVO**

<b>Presidente</b>	<b>M. Sc. Leonel Carrillo</b>
<b>Secretaria</b>	<b>M. A. Olga Marina Sánchez</b>
<b>Representante Docente</b>	<b>M. Sc. Erick Roderico Villagrán Colom</b>
<b>Representante del Colegio de Médicos</b>	<b>M. Sc. Adrián Mauricio Castro López</b>
<b>Veterinarios y Zootecnistas</b>	
<b>Representante Estudiantil</b>	<b>Francisco Emanuel Polanco Vásquez</b>
<b>Representante Estudiantil</b>	<b>P. For. María José Mendoza Arzú</b>



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala



Dirección  
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

---

El Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera, Coordinador Académico, sobre el trabajo de graduación de la estudiante universitaria, **Lilian Bethsabé Reyna Bustamante**, titulado “Comparación de la calidad del ensilaje químico y biológico proveniente de subproductos de tilapia *Oreochromis niloticus*” da por este medio su aprobación a dicho trabajo. IMPRIMASE.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

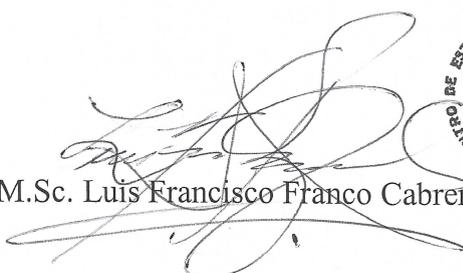
M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle



Guatemala, agosto del 2015

El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA–, después de conocer el dictamen del asesor Lic. Santiago Yee Melgar y la aprobación de la Encargada de EPS M.Sc. Irene Franco Arenales, al trabajo de graduación de la estudiante universitaria **Lilian Bethsabé Reyna Bustamante**, “Comparación de la calidad del ensilaje químico y biológico proveniente de subproductos de tilapia *Oreochromis niloticus*” da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**



M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera

Guatemala, agosto del 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de San Carlos de Guatemala:

Nuestra tricentenaria escuela de vida y formación académica.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura:

Nuestra respetable casa de estudios, que da la bienvenida a muchos y prevalece en la constancia y esmero de pocos.

A la prestigiosa empresa de Paraíso Springs, Aquaculture Guatemala:

Quien me otorgó la oportunidad de formar parte del inicio de un proyecto pionero, en donde el trabajo dignifica y el carácter y la ética son el pan de cada día.

## **DEDICATORIA**

A mi abuelita

Raquel América Amada Letona Gutiérrez

## RESUMEN

En la empresa Paraíso Springs, se generan subproductos como resultado del proceso de fileteo de tilapia. Sin un manejo adecuado, la carcasa de tilapia (subproducto) ocasiona problemas sanitarios para la empresa y la aldea cercana. Es por ello que uno de los planes de aprovechamiento planteados consiste en el ensilaje de tilapia.

El presente estudio evaluó dos métodos para la obtención de ensilaje con residuos de tilapia *Oreochromis niloticus*. Se emplearon dos metodologías: la primera se dividió en tres réplicas, en las cuales se emplearon las carcasas de la tilapia (esqueleto, cabeza, espinas, piel y vísceras), utilizando una metodología biológica, la cual consiste en agregar una mezcla de 5% de yogurt comercial, 15% de melaza y el 0.32% de sorbato de potasio como preservante y monitoreando diariamente el pH. La segunda consistió en tres réplicas, en las cuales se emplearon carcasas, utilizando una metodología química, agregando 3% de ácido fórmico, como único agente promotor de ensilaje, monitoreando diariamente el pH.

Ambas metodologías mantuvieron sus características de calidad hasta el día 15 sin presentar signos de putrefacción ni cambios en el comportamiento del pH. Los valores de acidez del ensilaje biológico se mantuvieron entre 4.2 a 4.4 y los del químico entre 3.5 a 4 en la escala de acidez.

La materia seca obtenida del ensayo biológico presentó una humedad promedio de 59.80%, un 33.35% de proteína cruda, 29% de grasas y 1.01% de fibras. El ensilaje químico presentó una humedad promedio de 56.57%, un promedio de 38.1% de proteína cruda, 17.02% de grasa y 3.55% de fibra cruda. Se determinó que el contenido amoniacal en ambas metodologías aumentó a medida que transcurrió el tiempo de ensilado, por efecto de la hidrólisis de las proteínas e incremento de los valores de acidez en relación a la producción de nitrógeno amoniacal.

Los análisis realizados en el ensilaje químico al día 15, cumplen con el reglamento para ser ofrecido como alimento inocuo para animales, según las especificaciones microbiológicas del Reglamento Técnico Centroamericano- RTCA 67.04.50:08, Grupo de Alimento 09: Pescado, derivados y productos marinos. Los niveles de nitrógeno amoniacal son considerados en la escala como normales para alimentación animal encontrándose en un rango de 15 a 17mg/L.

## **ABSTRACT**

In Paradise Springs company, products resulting from tilapia filleting process is generated, without proper management, housing tilapia (product) causes health problems for the company and the nearby village. That is why one of the plans is to use raised tilapia silage.

This study evaluated two methods for obtaining waste silage tilapia *Oreochromis niloticus*. The first methodology is divided into three replicates, in which the carcasses of tilapia (skeleton, head, fins, skin were used and viscera) using a biological method, which involves adding a mixture of 5 % commercial yogurt, 15 % molasses and 0.32% potassium sorbate as a preservative and monitoring daily pH. The second test consisted of three replicates, in which casings were used, using a chemical method, adding 3 % formic acid as a single agent promoter silage pH monitored daily.

Both methodologies maintained its quality characteristics until the 15th no signs of putrefaction or behavioral changes in pH. Acidity values biological silage remained between 4.2 to 4.4 and chemical between 3.5 to 4 in the acidity scale.

The chemical silage showed an average humidity of 56.57 %, an average of 38.1 % crude protein, 17.02 % fat and 3.55 % crude fiber. Was determined that the ammonia content increased as time went silage , due to the hydrolysis of proteins and increased acidity values in relation to the production of ammonia.

Analyses in the chemical silage on day 15, compliant to be offered as a safe food for animals according microbiological specifications of Centro Americano- Technical Regulation RTCA 67.04.50: 08 Food Group 09: Fish, derivatives and marine products. Ammonia nitrogen levels in the scale are considered as normal feed being in a range of 15 to 17mg / L.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	2
2.1 Marco referencial	2
2.2 Marco conceptual	3
2.2.1 Proceso de ensilado	3
2.2.2 Análisis microbiológicos	6
2.2.3 Análisis bromatológicos	6
<b>3. OBJETIVOS</b>	7
3.1 Objetivo general	7
3.2 Objetivos específicos	7
<b>4. HIPÓTESIS</b>	8
<b>5. METODOLOGÍA</b>	9
5.1 Ubicación geográfica	9
5.2 Variables	9
5.2.1 Cualitativas	9
5.2.2 Cuantitativas	10
5.3 Diseño experimental	10
5.3.1 Descripción del tratamiento	10
5.3.2 Procedimiento para obtención de desechos	10
5.3.3 Procesamiento de la materia prima	12
5.3.4 Proceso de ensilaje	14
5.3.5 Manejo del experimento	15
5.3.6 Análisis estadístico	18
5.3.7 Análisis de la información	18
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	21
6.1 Niveles de pH	21
6.2 Caracterización sensorial de los ensilados	22
6.2.1 Ensilaje biológico	22
6.2.2 Ensilaje químico	23

6.3 Contenido amoniacal	24
6.3.1 Ensilaje biológico	24
6.3.2 Ensilaje químico	24
6.4 Composición química proximal	25
6.4.1 Ensilaje biológico	25
6.4.2 Ensilaje químico	26
6.5 Microbiología ensilaje biológico	28
6.6 Microbiología ensilaje químico	28
<b>7. CONCLUSIONES</b>	29
<b>8. RECOMENDACIONES</b>	30
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	31
<b>10. ANEXO</b>	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura No. 1.</b>	Ubicación geográfica de la finca Paraíso	9
<b>Figura No. 2.</b>	Carcasa de tilapia con vísceras	11
<b>Figura No. 3.</b>	Pesaje de pieles provenientes de la actividad de fileteo	11
<b>Figura No. 4.</b>	Pasta molida de carcasa	12
<b>Figura No. 5.</b>	Ensilado biológico con mezcla de melaza, yogurt y sorbato de potasio	12
<b>Figura No. 6.</b>	Adición de ácido fórmico a ensayo químico	13
<b>Figura No. 7.</b>	Etapas del proceso de ensilaje	14
<b>Figura No. 8.</b>	Medición diaria de pH con potenciómetro	15
<b>Figura No. 9.</b>	Muestra enviada al laboratorio para análisis proximal y microbiológico	17
<b>Figura No. 10.</b>	Tendencia de pH del ensilaje biológico hasta día 15	21
<b>Figura No. 11.</b>	Tendencia de ensilaje químico hasta el día 15	22
<b>Figura No. 12.</b>	Tendencia de la composición nutricional del ensilaje biológico	26
<b>Figura No. 13.</b>	Tendencia de la composición nutricional del ensilaje químico	27

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro No. 1.</b>	Comparación de la metodología de biológica y química	5
<b>Cuadro No. 2.</b>	Validación de las metodologías empleadas	20
<b>Cuadro No. 3.</b>	Evaluación sensorial de la calidad de los ensilados biológicos elaborados con desechos de fileteado de tilapia <i>Oreochromis sp.</i>	23
<b>Cuadro No. 4.</b>	Evaluación sensorial de la calidad de los ensilados químicos elaborados con desechos de fileteado de tilapia <i>Oreochromis sp.</i>	23
<b>Cuadro No. 5.</b>	Contenido de nitrógeno amoniacal-NA a los 15 días de ensilaje biológico	24
<b>Cuadro No. 6.</b>	Contenido de nitrógeno amoniacal-NA a los 15 y 45 días de ensilaje químico	24
<b>Cuadro No. 7.</b>	Contenido nutricional del ensilaje biológico	25
<b>Cuadro No. 8.</b>	Contenido nutricional del ensilaje químico	27
<b>Cuadro No. 9.</b>	microbiología del ensilaje biológico al día 15	28
<b>Cuadro No. 10.</b>	microbiología del ensilaje biológico al día 15	28

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla No. 1.</b>	Evaluación sensorial de los ensilados de acuerdo a sus características	18
<b>Tabla No. 2.</b>	Contenido de nitrógeno amoniacal-NA	19
<b>Tabla No. 3.</b>	Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos. RTCA 67.04.50:08	19

# 1. INTRODUCCIÓN

El ensilado de pescado puede definirse como un producto semilíquido, obtenido a partir de la totalidad del pescado entero o partes del mismo. Este estado se alcanza por efecto de las enzimas proteolíticas contenidas en el mismo pescado. Estas enzimas presentan su mayor actividad cuando el pH se reduce a valores cercanos a 4, por efecto de la producción o la adición de ácidos, que impide la descomposición del producto.

Estudios realizados por Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO) indican que desde los años 80' se ha trabajado con ensayos de ensilaje en América Latina, utilizando metodologías para la elaboración de éstos de forma biológica y química, con distintas especies acuícolas que aporten la proteína animal a fórmulas de alimento para consumo animal.

En Guatemala existen plantas de proceso de filete fresco de tilapia, sin embargo, no cuentan con la tecnología para transformar la materia prima fresca en harina de pescado o para la extracción de aceite para biodiesel. Se cuenta con poca investigación.

La tilapia reporta en planta de proceso un rendimiento del 32-34% de carne comestible y, el resto, entre un 66% a 68%, de **material residual recuperable, como cabezas, vísceras, huesos y piel que** pudieran ser aprovechables. Al no contar con un programa de reaprovechamiento y manejo adecuado de los desperdicios en las plantas de proceso de tilapia, se genera una cantidad significativa de subproductos que representa un problema sanitario y que conforma otro rubro de costos para su gestión.

Ésta investigación validó, a través de criterios técnicos, otras experiencias y evaluaciones en laboratorio, dos metodologías de transformación de subproductos de Tilapia para reducir tiempo y costos, de tal forma que pudiera obtenerse valor nutricional para incorporarlo en la alimentación animal, como una alternativa para el aprovechamiento y promover una alternativa al problema del manejo de los desperdicios.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco referencial

Una de las primeras experiencias en elaboración de ensilados de pescado en América Latina, se realizaron en 1984 en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Central de Venezuela, que trabajó con metodologías químicas. Se elaboró a partir de una mezcla de 27 especies de pescados enteros, frescos y molidos, a la cual se añadieron ácidos sulfúrico y fórmico al 3,5 % en peso, en una relación 1:2, 1:3, y 1:4. Como índices de evaluación del proceso se realizaron análisis de humedad, cenizas, proteínas, grasa, pH, líquido exudado, consistencia, nitrógeno básico volátil, nitrógeno soluble, trimetilamina, ácido tiobarbitúrico y recuento de microorganismos. Este presentó la siguiente composición proximal: 77.2 % de humedad, 16.7 % de proteínas, 1.3 % de grasa y 4.8 % de cenizas (Bello, 1993).

Posteriormente, realizan ensayos con ensilado elaborado con una mezcla de 11 especies de pescado fresco, fauna acompañante del camarón de la zona central del país. Se utilizó el 3,5% de una mezcla con 20% ácido sulfúrico diluido (1:3) y 80% ácido fórmico. Después de 17 días, los índices físicos, químicos y microbiológicos del producto indicaron que el proceso de ensilado fue adecuado y factible, obteniéndose un producto estable y de buena calidad. La composición del ensilado fue: 75.5% de humedad, 17.4% de proteínas; 2.2% de grasa y 4,7% de cenizas. Esta composición es semejante a la del ensilado del trabajo anterior por tratarse de especies muy similares (Rodríguez, Montilla, y Bello, 1990, p. 426-438).

En Guatemala se han hecho estudios experimentales de ensilajes por métodos biológicos con la captura incidental proveniente de la pesca artesanal. Uno de los estudios se hizo comparando dos tipos de acidificantes, yogurt comercial y yogurt artesanal. Se evaluaron durante siete días los efectos sobre la calidad bromatológica y microbiológica de las réplicas. De la pasta de pescado resultante se mezcló 22.227 kg (48.90 libras) equivalente a 75% del volumen total, con 2.727 kg (6 libras) de melaza de caña que corresponde al 20%, y el inculo de los medios acidificantes puros en un 5% igual a 0.681 kg (1.5 libras) para totalizar el 100% del volumen. De la mezcla se utilizaron por repetición 2.27 kg (5 libras), separadas por cada

unidad experimental, las cuales se introdujeron en bolsas de plástico transparente selladas para incubación. Los resultados reportan porcentajes de proteína cruda de 48 y 49% para ambos ensayos y se determinó la ausencia de microorganismos patógenos (García, 2011).

## 2.2 Marco conceptual

### 2.2.1 Ensilaje de pescado

El ensilado de pescado se define como un producto semi-líquido, obtenido a partir de la totalidad del pescado entero o partes del mismo. Este estado se alcanza por efecto de las enzimas proteolíticas contenidas en el mismo pescado. Estas enzimas presentan su mayor actividad cuando la acidez se reduce a valores cercanos a 4, por efecto de la producción o la adición de ácidos; a este nivel de pH se impide la descomposición del producto. El ensilado es un producto estable a temperatura ambiente por mucho tiempo y se utiliza principalmente en alimentación de aves y cerdos (Bello, 1993).

El ensilado es un proceso de conservación de alimentos con elevado contenido en humedad (65-70%), en ausencia de aire (anaerobiosis), de luz y de humedad exterior, mediante la acidificación, se impide la continuidad de la actividad microbiana indeseable (clostridium, listeria, coliformes, hongos y levaduras). Esta acidificación, medible en forma de pH (a menor pH, más acidez), se consigue mediante fermentaciones que tienen lugar en el ensilado dando como resultado la producción de ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico y cantidades menores como acético y propiónico. El objetivo principal de producir ensilajes es preservar al máximo posible el valor nutricional del alimento original (Rodríguez, y Díaz, 2005; De la Roza, 2005; León, 2003).

La producción de ensilado es considerado como una de las mejores maneras de preservar los desperdicios agrícolas y animales. La conversión del desperdicio de pescado a ensilaje, tiene la ventaja de ser un suplemento barato en la alimentación animal, mientras se reduce el desperdicio y la contaminación ambiental (Zynudheen, y Anandan, 2008, p.379-383)

### 2.2.2 Proceso de ensilado

El principio básico de la fermentación anaeróbica o producción de ensilaje es la preservación de nutrientes del material fresco (residuo orgánico). La producción de ensilaje mediante la fermentación anaeróbica requiere de la presencia de microorganismos productores de ácido láctico y de una fuente de carbohidratos solubles en agua. Durante la degradación de los carbohidratos por parte de los microorganismos se producen ácidos orgánicos (acético y láctico) que generan una disminución en el pH. Si se hiciera de forma química artificial, se agrega un 2% de ácido orgánico como puede ser fórmico o propiónico, del volumen del ensilado. La acidez previene la proliferación de microorganismos indeseables (coliformes, hongos, levaduras) y la putrefacción o deterioro del subproducto.

Durante el proceso fermentativo pueden distinguirse cuatro fases. Las primeras tres del proceso de ensilaje tienen una duración de tres a cuatro días y la cuarta aproximadamente de quince días. Después de alcanzar un pH menor de 4.5, el producto fermentado se conserva íntegro por años (Cuadro No.1).

**Cuadro No. 1.** Comparación de la metodología biológica y química

<b>Fase</b>	<b>Metodología biológica</b>	<b>Metodología química</b>
<b>I.</b>	Consumo del oxígeno presente en la biomasa (residuo orgánico) por parte de los microorganismos aeróbicos en el material fresco.	Acidificación inmediata al agregar el ácido orgánico que estimula la producción enzimática en el pez.
<b>II.</b>	Proliferación y actividad de las bacterias productoras de ácido acético y la iniciación de la acidificación, que favorece la actividad enzimática que contribuye a la licuefacción del ensilaje.	Desdoblamiento o la licuefacción de todas las proteínas, a través de las enzimas que destruyen la materia en unidades solubles más pequeñas, más rápidamente que de forma biológica. Estas enzimas presentan mayor eficiencia en la actividad en valores de pH cercanos a 4.
<b>III.</b>	Proliferación y actividad gradual de las bacterias productoras de ácido láctico hasta estabilizarse la biomasa.	Estabilización de la acidez
<b>IV.</b>	Inhibición del crecimiento de todo tipo de microorganismos indeseables para la fermentación por la acidez ocasionada por la producción continua de ácido láctico.	Inhibición del crecimiento de todo tipo de microorganismos indeseables para la conservación del producto.

Fuente: Beli, 2009.

### 2.2.3 Análisis microbiológicos

La calidad de las materias primas para elaboración de los alimentos está constituida por tres áreas de estudio, las cuales son: microbiológica, físico-química y sensoriales. Entre estas áreas, la que posee mayor importancia es la microbiológica, puesto que a través de esta se puede determinar la inocuidad de los alimentos, es decir, su capacidad de no producir daño (enfermedad) a las personas o animales que lo consumen.

Es muy importante el control que se tenga sobre los medios de cultivo, porque de ellos depende la exactitud de los resultados. Para establecer su calidad, se ha desarrollado una técnica sencilla y confiable, cuyo fundamento es comprobar el crecimiento efectivo en los medios de cultivo, de los microorganismos buscados y la inhibición de la flora acompañante. Esta técnica implica una siembra por estría con ayuda de un asa bacteriológica, obteniéndose Unidades Formadoras de Colonias (UFC) (Acosta, y Gonzales, 1995, p. 34-37).

### 2.2.4 Análisis bromatológicos

El análisis de alimentos es la disciplina que se ocupa del desarrollo, uso y estudio de los procedimientos analíticos para evaluar características y componentes. Esta información es crítica para el entendimiento de los factores que determinan las propiedades nutritivas y deseables para el consumidor (Nolet, 2009, p. 2-3).

Las determinaciones que se realizan más frecuentemente para conocer la composición de los alimentos incluyen la determinación de humedad, cenizas, extracto etéreo (grasa cruda), proteína total, fibra y carbohidratos asimilables, en un protocolo conocido como análisis proximal (Nolet, 2009, p. 2-3).

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo General

- Comparar las metodologías de ensilaje químico y biológicos de residuos de tilapia *Oreochromis niloticus* para su aprovechamiento.

#### 3.2 Objetivos específicos

- Determinar las características de calidad y sensoriales de los ensilados provenientes de subproductos de tilapia, *Oreochromis niloticus* a través de las metodologías biológica y química.
- Determinar si existen diferencias significativas en las características proximales del ensilado obtenido a través de las metodologías biológica y química.

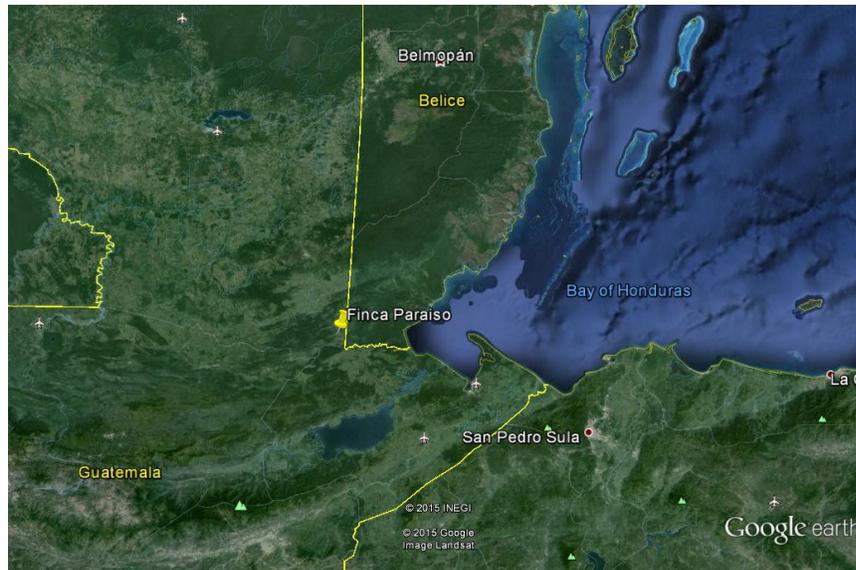
#### **4. HIPÓTESIS**

Los métodos para elaborar ensilaje y obtener proteína animal son el biológico y el químico; bajo este hecho, las características proximales de la metodología biológica presentan diferencias significativas a las de la metodología química.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 Ubicación geográfica

El trabajo de investigación fue realizado en la finca Paraíso que se encuentra ubicada en el departamento de Petén en el kilómetro 323.5. Colinda al sur con el caserío Los Ángeles, al norte con aldea Quebrada Seca, al oeste con el río San Pedro y al este con la carretera CA9. Los puntos de geo referencia son  $N15^{\circ}57'31''$ ,  $O 89^{\circ}15'53''$  (Figura No.1).



**Figura No. 1.** Ubicación geográfica de la finca Paraíso (Gogle Earth, 2008)

### 5.2 Variables

#### 5.2.1. Cualitativas

- olor
- color
- consistencia

#### Indicador

- bueno
- regular
- malo

### 5.2.2 Cuantitativas

- nitrógeno amoniacal (mg/g)
- bacterias (UFC/g)
- composición proximal (%)
  - extracto etéreo
  - húmeda
  - proteína cruda

## 5.3 Diseño experimental

### 5.3.1 Descripción de tratamientos

Se establecieron dos tratamientos con tres réplicas cada uno. Cada réplica realizada con la metodología biológica y química se definió con un peso de 6.5 lb cada una, ya que estas fueron especificaciones del laboratorio para poder analizarlas.

Cada unidad experimental contenía una mezcla de pasta de pescado y el aditivo que se agregó según la metodología. Melaza, yogurt y sorbato en el caso del ensilaje biológico y ácido fórmico para la metodología química. Las unidades fueron rotuladas y separadas para su identificación. Estas estuvieron tapadas durante toda la fase experimental y solamente para hacer la toma de datos diaria se descubrían rápidamente.

### 5.3.2 Procedimiento para obtención de desechos

Se colectaron todas las carcasas obtenidas de las actividades de fileteado de Tilapia provenientes del proceso y se colocaron en bolsas plásticas. Como es el procedimiento diario en proceso de fileteo, se pesaron y separaron las carcasas con víscera (Figura No. 2), se pesó la piel (Figura No. 3), filete, escamas y espinas extraídas del filete.



**Figura No. 2.** Carcasa de tilapia con vísceras  
(Trabajo de campo, 2013)



**Figura No. 3.** Pesado de pieles provenientes de la actividad de fileteo  
(Trabajo de campo, 2013)

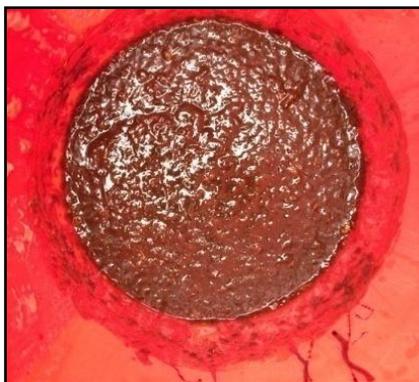
### 5.3.3 Procesamiento de la materia prima

Los desechos para elaborar los ensilados se obtuvieron de la composición en peso, un 54% de espinazo o carcasa, 2% de pin bone y 12% de vísceras. Estos desechos se cortaron en trozos adecuados para su molido, con un molino de tornillo hasta obtener una pasta homogénea (Figura No. 4).



**Figura No. 4.** Pasta molida de carcasa  
(Trabajo de campo, 2013)

Para la elaboración del ensilado se adicionó, a las réplicas destinadas para el ensayo biológico, yogurt comercial en una proporción de 3% (0.0009kg/kg) melaza a una proporción de 15% (0.02kg/kg) y 3.2% (0.00032g/kg) de sorbato de potasio (Figura No. 5), como agente conservador. Para la elaboración del ensayo químico, se agregó a cada réplica 20ml/Kg de ácido fórmico (Figura No. 6).



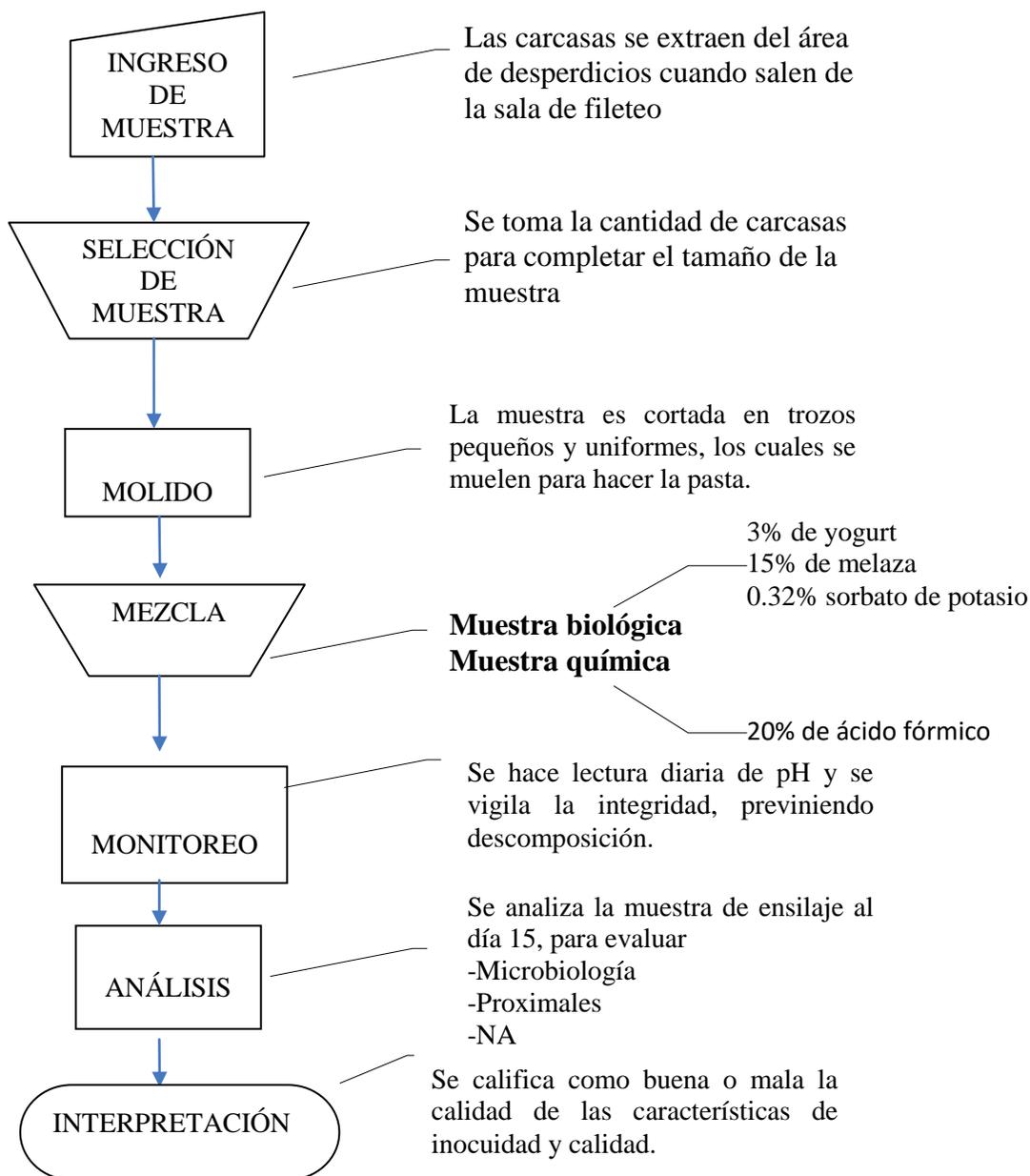
**Figura No. 5.** Ensilado biológico con mezcla de melaza, yogurt y sorbato de potasio  
(Trabajo de campo, 2013)



**Figura No. 6.** Adición de ácido fórmico a ensayo químico  
(Trabajo de campo, 2013)

### 5.3.4 Proceso de ensilaje

Para la elaboración del ensilaje químico y biológico fue necesario cumplir con los siguientes procedimientos que varían según la metodología empleada (Figura No. 7).



**Figura No. 7.** Etapas del proceso de ensilaje

(Trabajo de campo, 2013)

### 5.3.5 Manejo del experimento

#### ➤ Evaluación físico química

Para el registro de pH de las muestras se llevó a cabo la medición del mismo con un potenciómetro YSI pH100, tomando los registros desde el momento de la elaboración y luego cada 24 horas, llenando la hoja de registro respectiva (Anexo No.1) Para cada medición se desinfectó el equipo mediante el uso de agua desmineralizada y verificando su calibración antes de la toma de la siguiente muestra. (Figura No. 8).



**Figura No. 8.** Medición diaria de pH con potenciómetro  
(Trabajo de campo, 2013)

El contenido de nitrógeno amoniacal (NA), se evaluó de acuerdo a la escala de Tejeda (1983), llevándose a cabo la cuantificación de la muestra mediante una dilución de 1:10 y 1:20 en agua desmineralizada, haciendo uso del equipo de espectrofotometría Spectroquant NOVA 60A, registrando los datos obtenidos en el formato diseñado para el efecto.

#### ➤ Evaluación física

La evaluación física y sensorial de los ensilajes se realizó de acuerdo a la escala que considera las condiciones de olor, color y consistencia (Bertullo, 1989).

El universo poblacional de 200 individuos donde se obtuvo la muestra representativa para la percepción sensorial fue con participantes de 18 años o mayores.

La fórmula para obtener dicha muestra, que en este caso es de una población finita es:

$$n = \frac{Z^2 pqN}{Ne^2 + Z^2 pq}$$

Donde los valores de las variables a considerar son:

Variables		
<b>n</b>	=	Tamaño de la muestra a obtener
<b>z</b>	=	Nivel de confianza-98.50%- Valor z=2.17
<b>N</b>	=	<b><i>Tamaño de la población 200 personas</i></b>
<b>p</b>	=	Variabilidad positiva=0.50
<b>q</b>	=	Variabilidad positiva=0.50
<b>e</b>	=	Error Muestral-10%- valor e=0.10

Sustituyendo dichos valores y ejecutando la fórmula para obtener una muestra estadísticamente representativa de una población finita de 200 personas, con un nivel de confiabilidad de 98.50%, se calculó que la muestra fuera de 75 personas encuestadas. Los participantes el ensilaje sin que se les proporcionara ninguna información de la procedencia de la misma y se les solicito que llenaran la boleta de evaluación diseñada para el efecto (Anexo No. 2).

➤ Evaluación proximal

La muestra a ser analizada en la evaluación proximal se tomó en las primeras horas de haberse elaborado el ensilaje con ambas metodologías al día 15. Fue enviada al laboratorio siguiendo la metodología de conservación y etiquetado (Figura No. 9).



**Figura No. 9.** Muestra para análisis proximal y microbiológico  
(Trabajo de campo, 2013)

El laboratorio acreditado con el que se trabajó, emplea la metodología de la AOAC (Official Methods of Analysis of AOAC International), que brinda diversos métodos estandarizados a nivel mundial, de análisis químicos y microbiológicos para laboratorios.

Los contenidos de humedad se hicieron de acuerdo a la AOAC954.01 Bateman.

Los lípidos crudos se determinaron por extracción de solventes empleando éter de petróleo de acuerdo a Bateman 9.110.

La fibra cruda se determinó por digestión ácida de acuerdo a AOAC: 962.09.

Todos los análisis se realizaron en base seca siguiendo los parámetros y metodologías aprobados internacionalmente para este tipo de muestras y análisis.

➤ Evaluación microbiológica

Los análisis microbiológicos incluyeron la determinación de la cuenta de bacterias aerobias, hongos y levaduras, coliformes y salmonella, la cual se realizó en el día de la elaboración de ambos ensilajes, y al día 15.

El análisis fue realizado por el laboratorio certificado Soluciones Analíticas, S. A. Este utilizó la metodología descrita en el Compendium of methods for the microbiological examination of food (American Public Health Association [APHA], 2001).

5.3.6 Análisis estadístico

A los datos obtenidos de la evaluación química de proteínas durante el proceso de ensilado, se les aplicó un análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA).

Se eligió este método porque permite comparar varias medias en diversas situaciones, muy ligado por tanto al diseño experimental. Además ANOVA reduce la probabilidad de un error tipo 1 (cuando el investigador rechaza la hipótesis nula aun cuando esta era cierta).

5.3.7 Análisis de la información

➤ Se utilizó una escala de evaluación para olor, color y consistencia (Tabla No.1).

**Tabla No. 1.** Evaluación sensorial de los ensilados de acuerdo a sus características

ATRIBUTO	BUENO	REGULAR	INACEPTABLE
Olor	Ácido suave	Picante penetrante	Pútrido rechazable
Color	Amarronado grisáceo claro	Amarronado o grisáceo claro-oscuro	Gris oscuro negruzco
Consistencia	Líquido	Líquido pastoso o licuado	Pastoso

Fuente: Bertullo, 1992.

➤ Escala de contenido de nitrógeno amoniacal en los alimentos

Se establece como medida de comparación la escala de contenido de nitrógeno amoniacal apto para consumo animal. Esto permite determinar alimentos inocuos para los organismos que lo consuman, ya que a niveles muy altos tiene efectos contraproducentes (Tabla No.2).

**Tabla No. 2.** Contenido de nitrógeno amoniacal-NA

ESPECIFICACIONES	CALIFICATIVO	NIVEL DE CONTENIDO
>127mg/100g de Nitrógeno Amoniacal	Bueno	115 a 117mg/100g
	Contaminada	450 a 500mg/100g
	Muy contaminada	1100 mg/100g

Fuente: Tejeda, 1983.

➤ Reglamento Técnico Centroamericano- RTCA 67.04.50:08

Se establece como medida de comparación las especificaciones microbiológicas tolerables para alimentos para humanos procedentes de la pesca y acuicultura, inocuos de consumo humano, las cuales se basan en normativas vigentes y obligatorias (Tabla No. 3).

**Tabla No. 3.** Criterios microbiológicos para la inocuidad de alimentos (RTCA 67.04.50:08)

<b>9.0 Grupo de Alimento: Pescado, derivados y productos marinos.</b> Esta amplia categoría se subdivide en categorías para el pescado fresco y para diversos productos marinos elaborados. Se incluyen en ella los vertebrados acuáticos y mamíferos acuáticos (p. ej., ballenas), los invertebrados acuáticos (p. ej., medusas), los moluscos (p. ej., almejas y caracoles), los crustáceos (p. ej., camarones cangrejos, langostas). Los productos marinos se pueden recubrir, p. ej., con glaseados o especias, antes de su comercialización para el consumo (p. ej., filetes de pescado congelados y glaseados). En el SCA esto se indica con una anotación relativa al “uso como glaseado o recubrimiento (tratamiento de superficie)”			
<b>9.1 Subgrupo del alimento: Pescado y productos marinos frescos, congelados, incluidos moluscos, crustáceo y equinodermos, empacados.</b>			
Parámetro	Categoría	Tipo de riesgo	Límite máximo permitido
<i>Escherichia coli</i>	4	A	10 <sup>2</sup> UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i> (solo para pescados)	7		10 <sup>3</sup> UFC/g
<i>Salmonella ssp/25 g</i>	10		Ausencia
<i>Listeria monocytogenes/25 g</i> (solo para producto crudo listo para consumo, ejemplo sushi y ceviche)	10		Ausencia
<i>Vibrio parahaemolyticus</i> (solo para moluscos bivalvos)	8		10 <sup>3</sup> UFC/g

Fuente: Comités Técnicos de Normalización y de Reglamentación Técnica, 2009.

➤ Variables complementarias

Variables que se obtuvieron durante el experimento y complementan la información del contenido de nitrógeno amoniacal (Cuadro No.2).

**Cuadro No. 2.** Variables complementarias

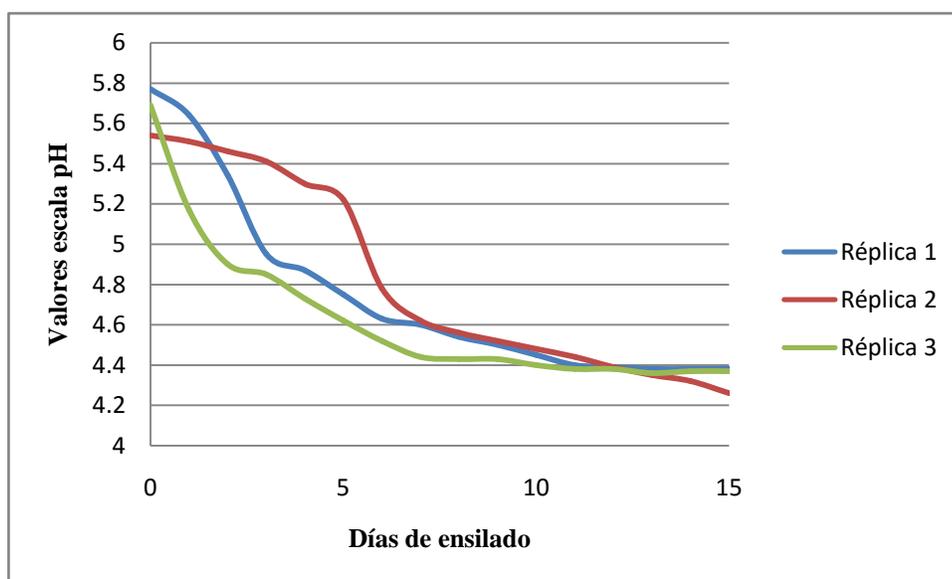
<b>Variable</b>	<b>Unidad de medida</b>
Tiempo de duración	Días
Acidez del proceso	Escala de pH

Fuente: Trabajo de campo, 2013.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Niveles de pH

Se observó que a partir del cuarto día el ensilaje biológico alcanzó valores abajo de 5 pH que son aceptables para la conservación de la materia orgánica, ya que a estos valores la actividad bacteriana es baja. El descenso de la acidez fue progresivo a lo largo de los 15 días y las tres réplicas demostraron alcanzar una estabilidad química en una semana y se mantuvieron en valores de 4.4-4.6 de pH (Figura No. 10).

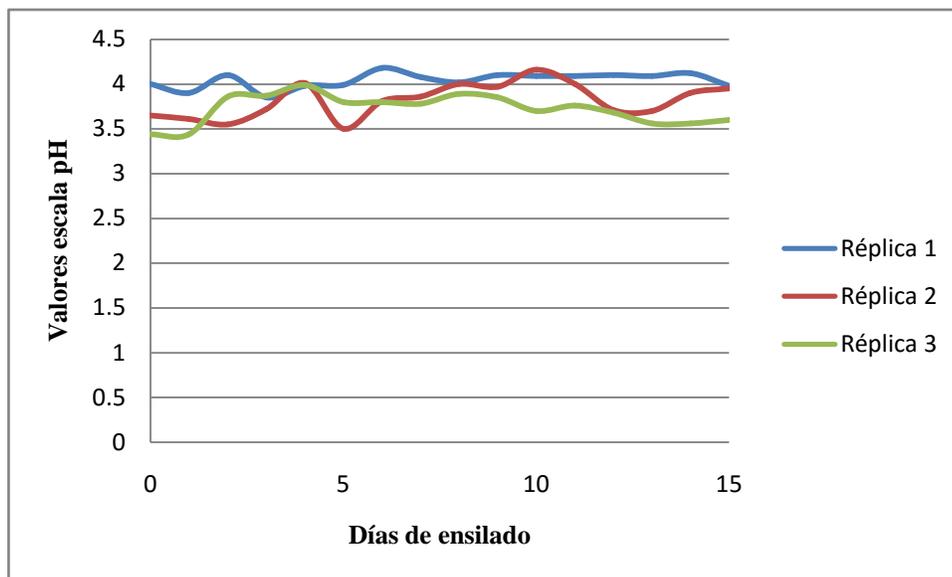


**Figura No. 10.** Tendencia de pH del ensilaje biológico hasta el día 15  
(Trabajo de campo, 2013)

La disminución del pH en la metodología biológica, se generó como producto del metabolismo de las bacterias *Lactobacillus sp* provenientes del yogurt que al utilizar una fuente de carbohidratos (melaza), para su desarrollo producen ácido láctico, modificando el medio e inhibiendo el desarrollo de bacterias responsables de la putrefacción.

Al modificar las condiciones del medio se detiene el desarrollo de bacterias patógenas que confieren al producto una conservación prolongada en el tiempo que microbiológicamente es seguro, a temperatura ambiente.

En el ensilaje químico el descenso de la acidez fue muy rápido comparativamente con el biológico, ya que reaccionó horas después de que se agregó el ácido fórmico. Logrando valores bastante estables (3.5-4) a lo largo del ensayo (Figura No.11).



**Figura No. 11.** Tendencia del pH del ensilaje químico hasta el día 15 (Trabajo de campo, 2013)

## 6.2 Caracterización sensorial de los ensilados

### 6.2.1 Ensilaje biológico

Las características sensoriales obtenidas en el ensilaje biológico fueron según la opinión de la mayoría de los participantes, un olor ácido suave y agradable (atributo bueno). Color amarronado oscuro, debido a la incorporación de melaza (atributo regular), y la consistencia fue clasificada como pastosa líquida atributo regular (Bertullo, 1992). Se establece entonces que la calidad de este ensilaje es regular (Cuadro No.3).

**Cuadro No. 3.** Evaluación sensorial de la calidad de los ensilados biológicos elaborados con desechos de fileteado de tilapia *Oreochromis sp.*

NO. PERSONAS	OLOR			COLOR			CONSISTENCIA		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
75	<b>80%</b>	20%	0%	3%	37%	<b>60%</b>	10%	<b>90%</b>	0%
	<sup>1</sup> Olor: Acido suave			<sup>1</sup> Color: Amarronado grisáceo claro			<sup>1</sup> Consistencia: Líquida		
	<sup>2</sup> Olor: Picante penetrante.			<sup>2</sup> Color: Amarronado o grisáceo claro-oscuro			<sup>2</sup> Consistencia: Líquida pastoso o licuado		
	<sup>3</sup> Olor: Pútrido rechazable			<sup>3</sup> Color: Gris oscuro negruzco			<sup>3</sup> Consistencia: Pastosa		

Fuente: Trabajo de campo, 2013.

### 6.2.2 Ensilaje químico

Con base en la encuesta realizada, la mayoría de los participantes opinó que el olor era ácido suave (atributo bueno), color clasificado como amarronado grisáceo claro (atributo bueno) y se definió la consistencia como líquida pastosa en el fondo (atributo bueno) (Cuadro No.4). Las características sensoriales obtenidas, son propias de este tipo de ensilado y corresponden a la categoría de buena calidad (Bertullo, 1992).

**Cuadro No. 4.** Evaluación sensorial de la calidad de los ensilados químicos elaborados con desechos de fileteado de tilapia *Oreochromis sp.*

NO. PERSONAS	OLOR			COLOR			CONSISTENCIA		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
75	<b>90%</b>	10%	0%	13%	<b>87%</b>	0%	0%	<b>83%</b>	10%
	<sup>1</sup> Olor: Acido suave			<sup>1</sup> Color: Amarronado grisáceo claro			<sup>1</sup> Consistencia: Líquida		
	<sup>2</sup> Olor: Picante penetrante.			<sup>2</sup> Color: Amarronado o grisáceo claro-oscuro			<sup>2</sup> Consistencia: Líquida pastoso o licuado		
	<sup>3</sup> Olor: Pútrido rechazable			<sup>3</sup> Color: Gris oscuro negruzco			<sup>3</sup> Consistencia: Pastosa		

Fuente: Trabajo de campo, 2013.

## 6.3 Contenido amoniacal

### 6.3.1 Ensilaje biológico

Los resultados indican que los valores de nitrógeno amoniacal soluble o disponible en el ensilaje son niveles aceptables entre los niveles de  $>127\text{mg}/100\text{g}$  (Tejeda, 1983). En un ensilaje biológico la acidez se va generando como resultado de la acidificación del medio por metabolismo de las bacterias (Cuadro No. 5).

**Cuadro No. 5.** Contenido de Nitrógeno Amoniacal a los 15 días de ensilaje biológico

Réplicas	15 días de ensilaje
Réplica I	34.2mg/100g
Réplica II	35.12 mg/100g
Réplica III	36 mg/100g

Fuente: Trabajo de campo, 2013.

El ensilaje biológico sufrió descomposición al día 26, por lo que solamente se obtuvo el valor de NA hasta el día 15. Esto demuestra que el ensilaje biológico es más susceptible a contaminación externa que pueda afectar su composición.

### 6.3.2 Ensilaje químico

Los resultados demuestran que a medida que disminuye el pH con los días, se favorece la actividad proteolítica de las enzimas (pepsina y tripsina), las cuales actúan sobre las proteínas del pescado produciendo la hidrólisis. El contenido de nitrógeno amoniacal incrementó con el paso de los días, debido a la solubilización de las proteínas. A medida que transcurrieron los días, el ensilado se fue tornando "más líquido", paralelamente, el nitrógeno comenzó a ser mas soluble y en niveles más altos (Cuadro No.6).

**Cuadro. No. 6.** Contenido de Nitrógeno Amoniacal a los 15 y 45 días de ensilaje químico

Réplicas	15 días de ensilaje	45 días de ensilaje
Réplica I	34.4 mg/100g	83.2 mg/100g
Réplica II	32 mg/100g	73.8 mg/100g
Réplica III	30.6 mg/100g	91.6 mg/100g

Fuente: Trabajo de campo, 2013.

Se monitoreo durante 45 días, que fue más de lo estipulado para la duración del ensayo, para comparar la diferencia de contenidos amoniacales al transcurrir el tiempo. A pesar de que los niveles de nitrógeno aumentan, siguen estando dentro de los niveles inofensivos para la salud animal (Tejeda, 1983).

#### 6.4 Composición química proximal

##### 6.4.1 Ensilaje biológico

El contenido de humedad fue del 70%, el cual disminuyó, lo que se le atribuye a la pérdida de dióxido de carbono y etanol (por evaporación) como resultado de la fermentación (Fagberno, y Jauncey, 1993).

El contenido de proteína cruda, fue menor en los ensilados que en la materia prima, por la pérdida de nitrógeno por volatilidad en forma de nitrógeno amoniacal, producto de la autólisis de la proteína por acción de las enzimas presentes en el pescado.

Las grasas disminuyeron a los 15 días y su contenido fue bajo, lo que indicó que son organismos con poca grasa, lo que pudiera ser una característica favorable para su manejo, ya que disminuiría la posibilidad de rancidez durante el período de almacenamiento. Se obtuvo un contenido muy bajo en los niveles de fibra a los 15 días de su elaboración, (Cuadro No. 7).

**Cuadro No. 7.** Contenido nutricional del ensilaje biológico

COMPONENTES	EBIO 0 <sup>1</sup>	EBIO 15 <sup>1</sup>	EBIO 0 <sup>2</sup>	EBIO 15 <sup>2</sup>	EBIO 0 <sup>3</sup>	EBIO 15 <sup>3</sup>
Humedad (%)	64.63	61.47	62.19	59.03	61.90	58.92
Proteína Cruda (%)	41.01	30.96	43.17	33.67	44.27	35.43
Grasas (%)	31.17	28.94	32.56	30.27	30.29	28.09
Fibra (%)	1.12	ND	2.26	1.01	3.28	ND

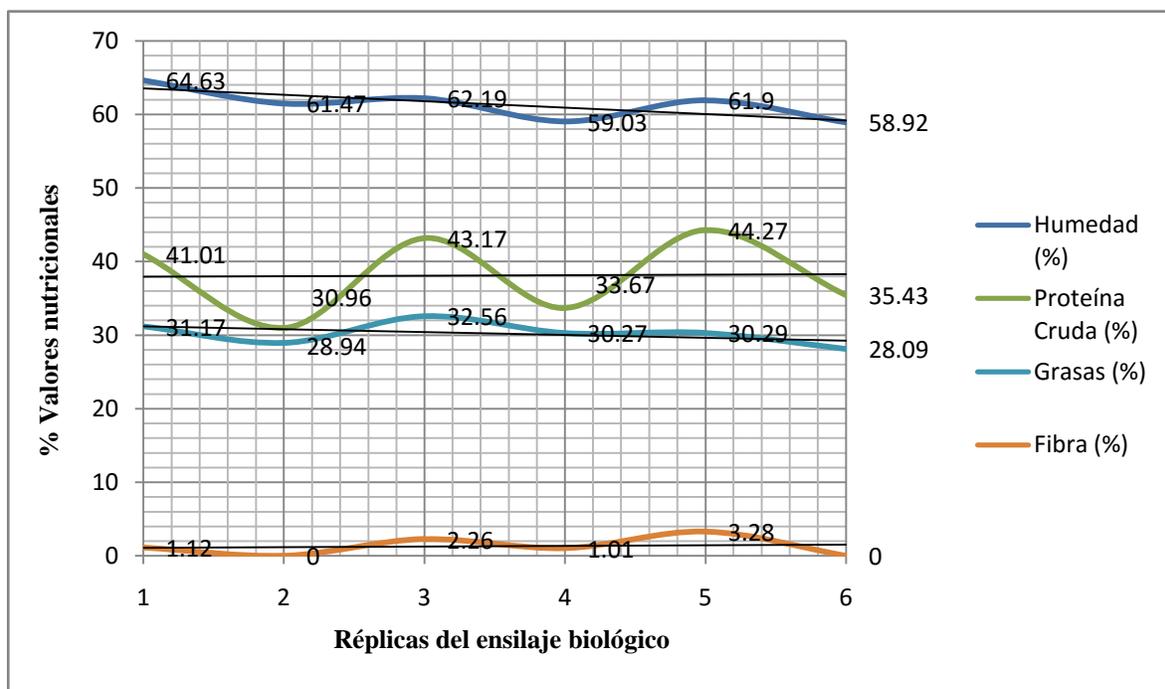
<sup>1</sup>Ensilado biológico elaborado en el día 0 y resultados de ensilado biológico al día 15 de réplica 1.

<sup>2</sup>Ensilado biológico elaborado en el día 0 y resultados de ensilado biológico al día 15 de réplica 2.

<sup>3</sup>Ensilado biológico elaborado en el día 0 y resultados de ensilado biológico al día 15 de réplica 3.

Fuente: Trabajo de campo, 2013.

Existió una disminución de los valores nutricionales en general. La disminución con el mayor impacto fue la proteína, que se debió a la lixiviación de proteína soluble, afectada directamente por la temperatura ambiental. Por la ubicación en donde se realizaron los ensayos, la tendencia es que en altas temperaturas el alimento es menos estable y, por tanto, se desintegra en un periodo de tiempo menor. El ensilaje biológico presentó una pérdida promedio de un 10% en cada ensayo (Figura No.12).



**Figura No. 12.** Tendencia de la composición nutricional del ensilaje biológico (Trabajo de campo, 2013)

#### 6.4.2 Ensilaje Químico

Los ensilajes expresan una tendencia hacia la reducción de sus valores bromatológicos por efecto de los procesos bioquímicos y por el factor del tiempo (Cuadro No.8). Sin embargo, el ensilaje químico demostró estabilidad en sus valores, comparativamente con el biológico, a razón de que se empleó un método más invasivo para los tejidos (Figura No. 13).

**Cuadro No. 8.** Contenido nutricional del ensilaje químico

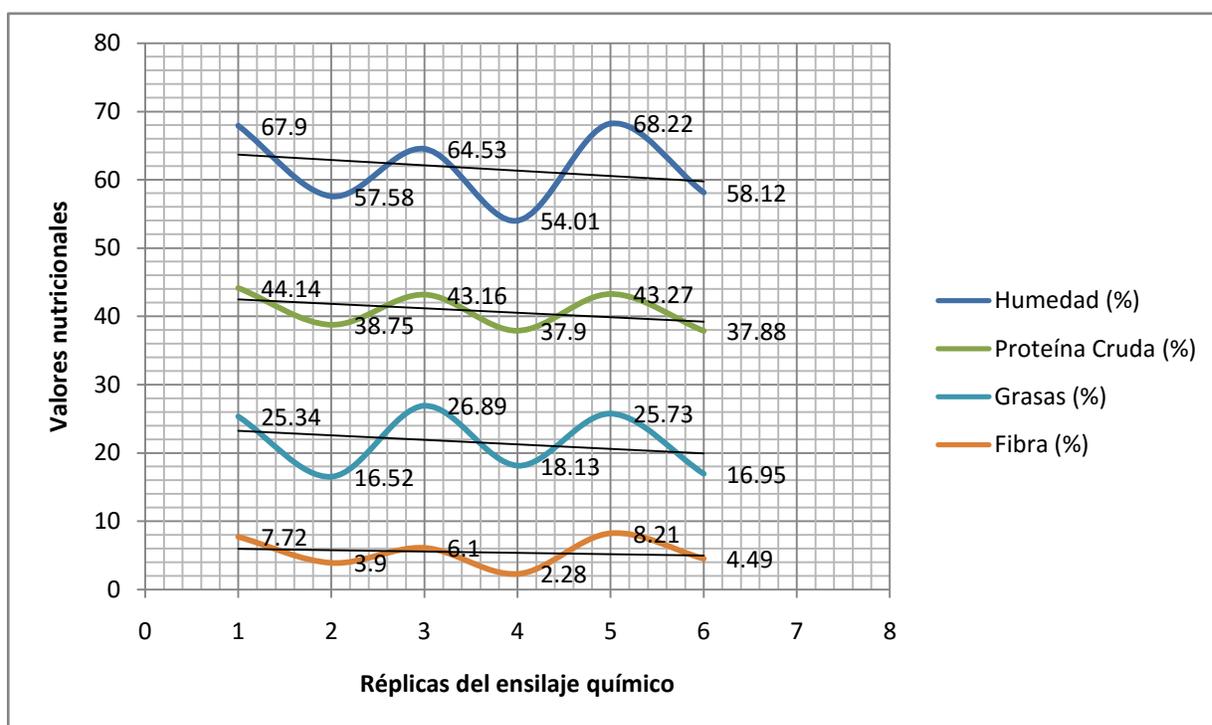
COMPONENTES	EQUI 0 <sup>1</sup>	EQUI 15 <sup>1</sup>	EQUI 0 <sup>2</sup>	EQUI15 <sup>2</sup>	EQUI 0 <sup>3</sup>	EQUI 15 <sup>3</sup>
Humedad (%)	67.90	57.58	64.53	54.01	68.22	58.12
Proteína Cruda (%)	44.14	38.75	43.16	37.9	43.27	37.88
Grasas (%)	25.34	16.52	26.89	18.13	25.73	16.95
Fibra (%)	7.72	3.9	6.10	2.28	8.21	4.49

<sup>1</sup>Ensilado químico elaborado en el día 0 y resultados de ensilado químico al día 15 de réplica 1.

<sup>2</sup>Ensilado químico elaborado en el día 0 y resultados de ensilado químico al día 15 de réplica 2.

<sup>3</sup>Ensilado químico elaborado en el día 0 y resultados de ensilado químico al día 15 de réplica 3.

Fuente: Trabajo de campo, 2013.



**Figura No. 13.** Tendencia de la composición nutricional del ensilaje químico  
(Trabajo de campo, 2013)

### 6.5 Microbiología ensilaje biológico

Los resultados del análisis que se obtuvieron en el laboratorio, mostraron valores aceptables de coliformes, y ausencia de patógenos asociados a enfermedades por transmisión de los alimentos, por lo que están en conformidad con los límites máximos permitidos (Cuadro No.9).

**Cuadro No. 9.** Microbiología del ensilaje biológico al día 15

ANÁLISIS	VALORES	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
<i>Escherichia coli</i>	65 UFC/g o ml	10 <sup>2</sup> UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	<10	10 <sup>3</sup> UFC/g
<i>Salmonella spp/25 g</i>	No detectado	Ausente
<i>Listeria monocytogenes/25 g</i>	No detectado	Ausente

Fuente: Trabajo de campo, 2013.

### 6.6 Microbiología del ensilaje químico

Los resultados obtenidos del laboratorio están en conformidad con los límites máximos permitidos para no causar daño al consumidor (Cuadro No.10).

**Cuadro No. 10.** Microbiología del ensilaje químico al día 15

ANÁLISIS	VALORES	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO (RTCA)
<i>Escherichia coli</i>	43 UFC/g o ml	10 <sup>2</sup> UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	<10	10 <sup>3</sup> UFC/g
<i>Salmonella spp/25 g</i>	No detectado	Ausente
<i>Listeria monocytogenes/25 g</i>	No detectado	Ausente

Fuente: Trabajo de campo, 2013.

## 7. CONCLUSIONES

1. Las dos metodologías dieron como resultado ensilajes inocuos. Los niveles de nitrógeno amoniacal están dentro de los límites aceptables para consumo animal. Microbiológicamente los ensilajes cumplieron con los niveles aceptables de microorganismos para consumo, esto se debió a su estabilidad en los valores de pH cercanos a 4 y no mayores a 5 a lo largo del experimento.
2. No existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en el porcentaje de proteína bruta entre los tratamientos, sin embargo, sí existe diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en el resto de variables bromatológicas. En el ensilaje biológico se obtuvo un mayor porcentaje de grasas y un valor menor en el porcentaje de fibras, comparado con el químico.
3. Las características organolépticas de los ensilados con la metodología química y biológica presentaron diferencias entre sí. El ensilaje biológico se estableció en la categoría aceptable y el químico en la categoría de buena calidad.

## **8. RECOMENDACIONES**

1. Diseñar dietas para distintas especies, incorporando los ensilajes crudos como insumos no tradicionales en la fabricación de alimentos balanceados para animales domésticos.
2. Realizar pruebas de secado, molido y pelletizado del ensilaje para la elaboración de alimento artesanal, como suplemento proteico.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, G. E., y Gonzalez, O. L. (1995). *Fundamentos para el análisis microbiológico de los alimentos*. Colombia: Acribia.
2. AOAC International. 1995. Official methods of analysis of AOAC International. 2 vols. 16th edition. Arlington, VA, USA, Association of Analytical Communities.
3. Beli, C. Jorge, E. (2009). Estabilidad aeróbica y día óptimo de uso de ensilado biológico de pescado para la alimentación animal. Tesis profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana, Veracruz, ver.
4. Bello, R. A. (1994). Experiencia con ensilado de pescado en Venezuela. En: *Taller tratamiento y utilización de desechos de origen animal y otros desperdicios en la ganadería* [en línea]. Recuperado septiembre 9, 2013, de <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/>
5. Bello, R. A. (1993). *Experiencias con ensilado de pescado en Venezuela* [en línea]. Recuperado febrero 12, 2013, de <http://www.fao.org/AG/aga/agap/frg/APH134/cap1.htm>
6. Comités Técnicos de Normalización y de Reglamentación Técnica. (2009). Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50:08 Alimentos, 9.0 Grupo de Alimento: Pescado, derivados y productos marinos: *9.1 Subgrupo del alimento: Pescado y productos marinos frescos, congelados, incluidos moluscos, crustáceo y equinodermos, empacados*. [en línea]. Recuperado agosto 19, 2013, de <http://portal.mspas.gob.gt/files/Descargas/Servicios/NuevoRenovacion%20RegistroSanitario/2013/RTCA%20Criterios%20Microbiol%C3%B3gicos.PDF>
7. Fagbenro, O., Jauncey, K., y Haylor, G. (1993). Nutritive value of diet containing dried lactic acid fermented fish silage and soybean meal for juvenile *Oreochromis niloticus* and *clarias gariepinus* [en línea]. *Aquatic Living Resources*, 1994 (7), 79-85. Recuperado marzo 15, 2013, de [http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FALR%2FALR7\\_02%2FS0990744094000100a.pdf&code=cae9ec30fe61dfab799cf8f415584175](http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FALR%2FALR7_02%2FS0990744094000100a.pdf&code=cae9ec30fe61dfab799cf8f415584175)

8. Food and Agriculture Organization [FAO]. (1997). *Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal* [en línea]. Recuperado julio 11, 2013, de <http://www.fao.org/3/a-w4132s.pdf>
9. González, D., y Marín, M. (2005). Obtención de ensilados biológicos a partir de los desechos del procesamiento de sardinas [en línea]. *Revista Científica FCV-LUZ*, 16 (6), 560-567. Recuperado noviembre 2, 2013, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95915611>
10. García, Pablo. (2011). “*Elaboración de ensilado de pescado de la fauna de acompañamiento de la pesca artesanal del litoral pacífico de Guatemala usando diferentes medios para su acidificación*”. Tesis profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado noviembre 20, 2014, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/10/10\\_1280.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/10/10_1280.pdf).
11. González, G., y Rodríguez, A. A. (2003). Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability and forage intake of tropical grasses ensiled in round bales [en línea]. *Journal of Dairy Science*, 86 (3), 926-933. Recuperado noviembre 2, 2013, de <http://jds.fass.org/cgi/reprint/86/3/926>
12. Huss, H. H. (1998). *El pescado fresco: Su calidad y cambios de su calidad* [en línea]. Recuperado abril 4, 2013, de <http://www.fao.org/docrep/006/y4743e/y4743e03.htm>
13. Nollet, L. M. L (Ed). (1996). *Handbook of food analysis* [en línea]. Recuperado noviembre 15, 2013, de [http://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fdspace.universia.net%2Fbitstream%2F2024%2F1067%2F1%2FManualdeFundamentosyTecnicasdeAnalisisdeAlimentos\\_6501.pdf&ei=oeWIUpCtOu224AOmwYGQCA&usg=AFQjCNFhFyb0aIOa0t-PG2\\_duq-OPrhJDA&sig2=Cw8yBUNc4Pz5IKpVqePACQ](http://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fdspace.universia.net%2Fbitstream%2F2024%2F1067%2F1%2FManualdeFundamentosyTecnicasdeAnalisisdeAlimentos_6501.pdf&ei=oeWIUpCtOu224AOmwYGQCA&usg=AFQjCNFhFyb0aIOa0t-PG2_duq-OPrhJDA&sig2=Cw8yBUNc4Pz5IKpVqePACQ)
14. PAPIME. (2003). *Análisis de alimentos: Fundamentos y técnicas* [en línea]. Recuperado noviembre 16, 2013, de [http://dspace.universia.net/bitstream/2024/1067/1/ManualdeFundamentosyTecnicasdeAnalisisdeAlimentos\\_6501.pdf](http://dspace.universia.net/bitstream/2024/1067/1/ManualdeFundamentosyTecnicasdeAnalisisdeAlimentos_6501.pdf)

15. [Pouch Downes](#), F., e Ito, K. (Eds.). (2001) *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. (4ª. ed.). United States: American Public Health Association [APHA].
16. Rodríguez, A., y Díaz, H. (2005). Fermentación anaeróbica de residuos de pescadería y su utilización en dietas para pequeños rumiantes. Integrando producción animal y medio ambiente [en línea]. *Integrando Producción Animal y Medio Ambiente, 1* (2005), 4 - 6. Recuperado agosto 2, 2013, de <http://www.uprm.edu/agricultura/inpe/gga-hsi/ano1vol1-05.pdf>
17. Rodríguez, T., Montilla, J. J., y Bello, R. (1990). Ensilado de pescado a partir de la fauna de acompañamiento del camarón: Elaboración y evaluación biológica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 40* (3), 426-438.
18. Spanopoulos Hernández, M., Ponce Palafox, J. T., Barba Quintero, G., Ruelas Inzunza, J. R., Tiznado Contreras, M. R., Hernández González, C., y Shirai, K. (2010). Producción de ensilados biológicos a partir de desechos de pescado, del ahumado de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y el fileteado de tilapia (*Oreochromis* sp.), para la alimentación de especies acuícolas. *Revista Mexicana de Ingeniería Química, 9* (2), 167-178.
19. Tejeda, I. (1983). *Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal*. Patronato de Apoyo a la Investigación by Experimentación Pecuaria de México, D. F., 387 pp.
20. Toledo Pérez, J., y Llanes Iglesias, J. (2006). Estudio comparativo de los residuos de pescado ensilado por las vías bioquímicas y biológicas [en línea]. *Revista AquaTIC, (25)*, 28 - 33. Recuperado septiembre 13, 2013, de <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=206>
21. Zynudheen, A. A., Anandan, R., y Ramachandran Nair, K. G. (2008). Effect of dietary supplementation of fermented fish silage on egg production in Japanese quail (*Coturnix coturnix*). *African Journal of Agricultural Research, 3* (5), 379-383.

## **10. ANEXO**

MEDICIÓN DE ACIDEZ DE LA CARCASA DE PESCADO							
Hora	Día	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3	
		Biológico	Químico	Biológico	Químico	Biológico	Químico
7:00 a.m	0						
7:00 a.m.	1						
7:00 a.m.	2						
7:00 a.m.	3						
7:00 a.m	4						
7:00 a.m	5						
7:00 a.m	6						
7:00 a.m	7						
7:00 a.m	8						
7:00 a.m	9						
7:00 a.m	10						
7:00 a.m	11						
7:00 a.m	12						
7:00 a.m	13						
7:00 a.m	14						
7:00 a.m	15						

**Anexo No. 1.** Ficha de recolección de datos de pH del ensayo de ensilaje

(Trabajo de campo, 2013)

## EVALUACIÓN SENSORIAL DE ENSILAJE DE TILAPIA

Elija según su impresión, cuáles de las siguientes características coincide con su percepción del producto (ensilaje de tilapia), en relación a las siguientes características:

1. Olor: Cuando está lejos y cuando se acerca usted describiría esta característica como:
  - Ácido suave (agradable como a atún o aceite de pescado).
  - Picante penetrante (es un olor fuerte a ácido sin ser nauseabundo).
  - Pútrido rechazable (es un olor nauseabundo y fuerte).
  
2. Color: Cuando se observa el producto, usted lo describiría como:
  - Amarronado (grisáceo claro).
  - Amarronado o grisáceo claro-oscuro.
  - Gris oscuro negruzco
  
3. Consistencia: Cuando toca el producto usted describiría su textura como:
  - Líquido
  - Líquido pastoso o licuado
  - Pastoso

**Anexo. No. 2.** Formato para evaluación sensorial del ensilaje de tilapia  
(Trabajo de campo, 2013)