

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERÍA



**“ELABORACION DE ENSILADO BIOLÓGICO A PARTIR DE
RESIDUOS DE PAICHE (*Arapaima gigas*)”**

Presentado por:

CARMEN FIORELLA SOSA ESPINOZA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO PESQUERO**

Lima-Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERÍA

“ELABORACION DE ENSILADO BIOLÓGICO A PARTIR DE
RESIDUOS DE PAICHE (Arapaima gigas)”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO

Presentado por:

CARMEN FIORELLA SOSA ESPINOZA

Aprobada por el siguiente jurado evaluador:

M.Sc. Tito Eduardo Llerena Daza
Presidente

Dra. Fabiola Otilia Olivares Ponce
Miembro

Ing. Nancy Martinez Ordinola
Miembro

Mg. Sc. David Julián Roldán Acero
Asesor

Blgo. Juan Juscamaita Morales
Co-Asesor

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado en primer lugar a Dios, quien ha hecho que todos los obstáculos presentados durante el tiempo que duró la investigación no impidiera la realización del mismo.

En segundo lugar agradecer a mis padres y a mi tía Inés por su apoyo incondicional ante cualquier problema que se presentaba en el camino y brindarme el aliento para no rendirme a pesar que pareciera algo imposible de lograr.

En tercer lugar agradecer a mis amigos incondicionales que indirectamente me ayudaron y fueron partícipes de la realización de dicho trabajo.

A mi asesor y coasesor que sin su apoyo y paciencia, en todo el tiempo de la realización del trabajo de investigación, no hubiera sido posible el éxito del mismo.

A todas las personas que no han sido mencionadas pero que de alguna forma contribuyeron en gran parte en este éxito en mi vida, muchas gracias.

ÍNDICE

RESUMEN

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. REVISION DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1 PAICHE..... | 3 |
| 2.1.1 Características generales..... | 4 |
| 2.1.2 Composición química..... | 6 |
| 2.1.3 Cultivo de paiche..... | 6 |
| 2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUBPRODUCTOS O RESIDUOS DE PESCADO..... | 10 |
| 2.3 ENSILADO DE PESCADO..... | 11 |
| 2.3.1 Definición..... | 11 |
| 2.3.2 Ensilado biológico..... | 13 |
| 2.3.3 Proceso bioquímico del ensilado biológico..... | 18 |
| 2.3.4 Fuentes de carbohidrato..... | 22 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 28 |
| 3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN..... | 28 |
| 3.2 MATERIA PRIMA..... | 28 |
| 3.3 MATERIALES Y EQUIPOS..... | 28 |
| 3.3.1 Insumo..... | 28 |
| 3.3.2 Reactivos químicos y medios de cultivos..... | 28 |
| 3.3.3 Materiales..... | 29 |
| 3.3.4 Equipos..... | 29 |
| 3.4 PARTE EXPERIMENTAL..... | 30 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.1 Determinación del porcentaje de plátano como fuente de carbohidrato..... | 32 |
| 3.4.2 Determinación del porcentaje de residuos de paiche y B-Lac..... | 34 |
| 3.4.3 Determinación de la temperatura de fermentación..... | 36 |
| 3.5 MÉTODOS ANALÍTICOS..... | 38 |
| 3.5.1 Análisis sensorial..... | 38 |
| 3.5.2 Análisis químico proximal del producto final..... | 38 |
| 3.5.3 Acidez titulable total del producto final..... | 39 |
| 3.5.4 Análisis microbiológicos del producto final..... | 39 |
| 3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... | 39 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 40 |
| 4.1 ANÁLISIS SENSORIAL DE RESIDUOS Y PLÁTANO..... | 40 |
| 4.2 DETERMINACIÓN DEL PLÁTANO COMO FUENTE DE CARBOHIDRATO..... | 42 |
| 4.3 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RESIDUOS DE PAICHE Y B-Lac EN LA FERMENTACIÓN..... | 46 |
| 4.4 DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE FERMENTACIÓN..... | 51 |
| 4.5 ANÁLISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO FINAL..... | 55 |
| 4.6 COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DEL PRODUCTO FINAL..... | 55 |
| 4.7 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO FINAL..... | 56 |
| 4.8 RENDIMIENTO DEL PROCESO..... | 57 |
| V. CONCLUSIONES..... | 59 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 60 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 61 |
| ANEXOS..... | 70 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1: Composición química de la parte comestible del paiche (<i>Arapaima gigas</i>)..... | 6 |
| Cuadro 2: Formas de presentación del paiche | 9 |
| Cuadro 3: Comparación de la composición química de vísceras de pescado en general..... | 10 |
| Cuadro 4: Parte comestible y residuos de algunas especies de pescados comerciales..... | 11 |
| Cuadro 5: Composición química proximal del ensilado biológico con diversos pescados.. | 16 |
| Cuadro 6: Composición química proximal de la melaza de caña..... | 24 |
| Cuadro 7: Composición química del plátano | 27 |
| Cuadro 8: Índice de evaluación sensorial de la maduración de los ensilados biológicos.... | 38 |
| Cuadro 9: Mezclas utilizadas en el proceso de ensilado de residuos de paiche | 42 |
| Cuadro 10: Valores pH de los tratamientos con diferentes concentraciones de plátano y melaza de caña en el ensilado de paiche a 40 °C..... | 43 |
| Cuadro 11: Índice de acidez a diferentes concentraciones de plátano y melaza de caña, durante el proceso de ensilado de residuos de paiche a 40 °C..... | 45 |
| Cuadro 12: Mezclas con diferentes porcentajes de residuos de paiche y B-Lac, utilizadas en el proceso de ensilado a 40 °C..... | 48 |
| Cuadro 13: Valor pH a diferentes concentraciones de B-Lac y restos de paiche, durante el proceso de ensilado a 40 °C | 49 |
| Cuadro 14: Índice de acidez titulable a distintas concentraciones de B-Lac y residuos de paiche, durante el proceso de ensilado a 40 °C | 50 |
| Cuadro 15: Mezcla utilizadas para determinar la temperatura adecuada de fermentación para elaborar ensilado de residuos de paiche..... | 52 |
| Cuadro 16: Valor pH del ensilado de residuos de paiche a diferentes temperaturas de fermentación..... | 52 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 17: Índice de acidez titulable del ensilado de residuos de paiche a diferentes temperaturas de fermentación..... | 54 |
| Cuadro 18: Composición química proximal del ensilado biológico de residuos de paiche..... | 56 |
| Cuadro 19: Análisis microbiológico del ensilado de paiche..... | 57 |
| Cuadro 20: Rendimiento del ensilado biológico de residuos de paiche..... | 57 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Paiche (<i>Arapaima gigas</i>)..... | 3 |
| Figura 2. Distribución del <i>Arapaima gigas</i> en la Amazonía..... | 5 |
| Figura 3. Cultivo de paiche en estanques..... | 7 |
| Figura 4. Curvas de crecimiento y acidificación de una bacteria láctica..... | 17 |
| Figura 5. Fermentación ácido láctica..... | 21 |
| Figura 6. Hidrólisis de la glucosa..... | 23 |
| Figura 7. Diagrama de flujo experimental para elaborar ensilado biológico de paiche..... | 30 |
| Figura 8. Fermentación en estufa a 40 °C por 72 horas..... | 31 |
| Figura 9. Diagrama de flujo experimental del primer ensayo para elaborar ensilado biológico de residuos de paiche..... | 33 |
| Figura 10. Diagrama de flujo experimental del segundo ensayo para elaborar ensilado biológico de residuos de paiche..... | 35 |
| Figura 11. Diagrama de flujo experimental del tercer ensayo para elaborar ensilado biológico de residuos de paiche | 37 |
| Figura 12. Residuos de paiche..... | 40 |
| Figura 13. Plátano maduro (<i>Musa sp.</i>)..... | 41 |
| Figura 14. Variación de pH a distintas concentraciones de plátano maduro y melaza de caña, durante el proceso de ensilado a 40 °C..... | 44 |
| Figura 15. Variación de pH y acidez del ensilado de paiche a diferentes concentraciones de plátano y melaza de caña a 40 °C..... | 46 |
| Figura 16. Molienda de residuos cocidos..... | 47 |
| Figura 17. Mezclado de los residuos con la fuente de carbohidrato e inóculo..... | 47 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 18. Variación del valor pH a distintas concentraciones de B-Lac durante el proceso de ensilado a 40 °C..... | 50 |
| Figura 19. Variación del valor pH y acidez del ensilado a distintas concentraciones de B-Lac y residuos de paiche, durante el ensilado a 40 °C..... | 51 |
| Figura 20. Variación del valor pH del ensilado a distintas concentraciones de B-Lac y residuos de paiche, durante el ensilado a 40 °C..... | 53 |
| Figura 21. Índice de acidez titulable del ensilado de residuos de paiche a diferentes temperaturas de fermentación..... | 54 |
| Figura 22. Ensilado biológico de residuos de paiche..... | 55 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1. Evaluación sensorial para peces tropicales..... | 71 |
| Anexo 2. Evaluación sensorial del plátano maduro..... | 72 |
| Anexo 3. Requerimiento nutricional para animales domésticos y peces..... | 73 |
| Anexo 4. Características del consorcio de bacterias homofermentativas (B-Lac) | 74 |
| Anexo 5. Prueba estadística del pH para la evaluación del porcentaje de plátano como fuente de carbono | 75 |
| Anexo 6. Pruebas estadísticas del pH para la evaluación del porcentaje de restos de paiche y B-Lac en la fermentación..... | 76 |
| Anexo 7. Prueba estadística del pH para la evaluación de la temperatura de fermentación..... | 77 |

RESUMEN

La finalidad del estudio fue aprovechar los residuos derivados del fileteado de paiche (*Araipama gigas*) con la elaboración de un ensilado biológico para su uso en la alimentación animal; para ello se evaluó al plátano maduro como fuente de carbohidrato y el proceso de fermentación realizado a las temperaturas de 20, 30y 40°C. En la fermentación se utilizó el consorcio de bacterias lácticas denominada B-Lac. El flujo de procesamiento para elaborar ensilado de residuos de paiche fue: recepción al estado refrigerado, cocinado con agua a 100 °C por 20 min., molido, mezclado de insumos (residuos cocinados de paiche 70%, melaza de caña 7.5%, plátano maduro 7.5% y consorcio B-Lac 15%), fermentado a 40 °C por 72 horas, envasado y almacenado al medio ambiente. Se pudo elaborar 37 kg de ensilado biológico a partir de 38.45 Kg de residuos frescos de paiche con un rendimiento del 96.23%. El ensilado obtenido fue evaluado con fines de ser utilizado como insumo en la formulación de alimentos para consumo animal. El ensilado biológico de residuos de paiche presentó 11.1 % de carbohidratos, 10.8% proteína y 138.9 kcal, valores similares a los que presentan los alimentos requeridos nutricionalmente para el ganado vacuno y avícola. Así mismo, el contenido de anaerobios mesófilos menores a 10 UFC/g, por efecto del crecimiento de lactobacilos (96×10^5 UFC/g), dicho valor está por debajo de los requisitos microbiológicos de un alimento inocuo utilizado para alimentación animal y confirmó las condiciones higiénicas del proceso de elaboración.

Palabras claves: paiche, residuos, ensilado, fermentación, lactobacilos

SUMMARY

The purpose of the study was to take advantage of the waste derived from the filleting of paiche (*Araipama gigas*) with the elaboration of a biological silage for its use in animal feed; for this, ripe banana was evaluated as a source of carbohydrate and the fermentation process was carried out at temperatures of 20, 30 and 40 ° C. In the fermentation, the lactic bacteria consortium called B-Lac was used. The processing flow to prepare paiche waste silage was: reception to the refrigerated state, cooked with water at 100 ° C for 20 min., Ground, mixed inputs (70% paiche cooked residue, 7.5% cane molasses, banana mature 7.5% and consortium B-Lac 15%), fermented at 40 ° C for 72 hours, packed and stored in the environment. It was possible to elaborate 37 kg of biological silage from 38.45 Kg of paiche fresh waste with a yield of 96.23%. The silage obtained was evaluated for the purpose of being used as an input in the formulation of food for animal consumption. The biological silage of paiche waste presented 11.1% carbohydrates, 10.8% protein and 138.9 kcal, values similar to those presented by nutritionally required foods for cattle and poultry. Likewise, the content of mesophilic anaerobes lower than 10 CFU / g, due to the growth of lactobacilli (96 x10⁵ CFU / g), is below the microbiological requirements of an innocuous food used for animal feed and confirmed the conditions hygienic of the manufacturing process.

Keywords: paiche, waste, silage, fermentation, lactobacilli.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la actividad pesquera a nivel industrial y artesanal genera una gran cantidad de subproductos o residuos y pérdidas en el manejo, almacenamiento, distribución y comercialización; los cuales representan alrededor de 29 millones de toneladas de desechos a nivel mundial (FAO, 2016). Esto ocasiona el desperdicio de proteína de alta calidad que puede ser aprovechada y un aumento de la contaminación al medio ambiente.

En países tropicales, un volumen importante de subproductos es obtenido de la acuicultura, la pesca y la elaboración de productos a base de pescado, que pueden llegar a constituir un 70.0% del peso inicial. Así mismo, los descartes por el procesamiento, almacenamiento y comercialización del pescado fresco, hacen necesario utilizar tecnologías simples y de baja inversión que permitan el aprovechamiento de dichos residuos de origen animal y de esta forma minimizar los efectos de la contaminación ambiental.

El ensilado de pescado es un producto líquido-pastoso hecho a partir de la pesca acompañante y subproductos o residuos de pescado, conservados con ácidos orgánicos o inorgánicos o mediante la fermentación láctica en mezcla con un sustrato de carbohidratos que se les añade. Su obtención es a través de un proceso simple, accesible a una producción en mayor escala con baja demanda de energía y no requiere mano de obra altamente calificada ni equipamientos costosos.

Desde el siglo XVIII, el paiche (*Arapaima gigas*) fue blanco de las pesquerías a lo largo del eje principal del Amazonas para cubrir la demanda de proteína en las ciudades ribereñas más grandes provocando que a fines de los 80 tuviera una caída dramática (Goulding, 1980). Por fortuna, el paiche es una especie con gran potencialidad para la piscicultura debido a su rusticidad, alto valor en el mercado, excelente sabor de carne y extraordinario desempeño en ambientes controlados. Puede alcanzar pesos de entre 8 y 12 Kg/año; tiene un rendimiento en filete de casi 57.0%, buen sabor, color y textura, con

condiciones óptimas para la preparación de productos con valor agregado, lo que además se evidencia por una demanda inicial en el mercado externo. Estados Unidos, Alemania y Suiza han mostrado interés en la importación de paiche para consumo humano directo (Chu-Koo y Alcántara, 2009).

Campos (2001) menciona que el 43.0% del paiche son residuos compuestos principalmente por vísceras, cabeza, aleta, piel y espinas, en el cual se puede encontrar vitaminas liposolubles, minerales, grasa y altos niveles de calcio. Es por ello, que el trabajo de investigación buscó determinar una forma amigable con el medio ambiente de aprovechar estos residuos mediante la elaboración de un ensilado biológico estable, utilizando como fuente de carbohidrato plátano maduro como insumo alterno de la melaza de caña de azúcar, que puede ser utilizado en alimentación animal. Los objetivos de la presente tesis son la determinación de los parámetros del proceso de fermentación homoláctica; evaluando el uso del plátano, como fuente de carbohidrato, y la determinación de las características físico-químicas y microbiológicas del ensilado obtenido.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 PAICHE

El paiche (*Arapaima gigas*) (Figura 1), según Rebaza *et al.* (1999) citado por Pezo y Ushiñahua (2014), es un recurso pesquero tradicional y popular en toda la cuenca amazónica. Es considerado como uno de los mayores peces conocidos de agua dulce, alcanzando en estado adulto la longitud de 3 metros y pesos superiores a los 200 kg. Según Campos (2001) se alimenta principalmente de peces vivos y en condiciones de cultivo acepta alimentos alternativos y alimento artificial (Rebaza *et al.*, 2006).



Figura 1. Paiche (*Arapaima gigas*)

Según Del Águila (2010), la clasificación taxonómica del paiche es la siguiente:

Orden: Osteoglossiformes

Suborden: Osteoglossoidei

Superfamilia: Osteoglossoidae

Familia: Osteoglossidae

Género: *Arapaima*

Especie: *Arapaima gigas* Cuvier

En Perú se le conoce con el nombre común de paiche; en Brasil su nombre más difundido es pirarucú, debido a su coloración rojiza; en Guyana se le llama “arapaima”,

probablemente del nombre original “warapaima” (Sánchez, 1969 citado por Campos, 2001).

2.1.1 Características generales

El paiche es considerado como uno de los peces más grandes conocidos de agua dulce. Es un pez carnívoro, que se alimenta básicamente de pequeños peces en proporción de 8.0 a 10.0% de su peso vivo cuando es joven y 6.0 % cuando es adulto. Sin embargo, en cautiverio se convierten en omnívoros. Puede alcanzar hasta 10 kg durante el primer año de vida (García, 2010).

Se conoce que el paiche comienza a madurar cuando alcanza un peso de 40-45 kg, entre 1.60 a 1.85 m. desova durante todo el año con un período de mayor intensidad de agosto a diciembre, un pico notable en noviembre, y una menor intensidad de marzo a mayo. A pesar de haber varios desoves durante un periodo de reproducción debido a que los óvulos maduran sucesivamente, el desove puede ser anual, desovando a veces cada dos años, lo cual reduce la fecundidad total (Del Águila, 2010).

El paiche o pirarucú tiene una tasa de crecimiento mayor al de los peces cultivados en la Amazonía, siendo su tasa de crecimiento de 27-41 g/día y llegando a 10-15 kg/año. Además, tiene un alto rendimiento (8 000 kg/ha x año) comparado al de otros animales domésticos como por ejemplo en el ganado con un rendimiento de 400 kg/ ha x año. (Rebaza *et al.*, 2010).

Sánchez (1994) citado por Campos (2001) menciona que el músculo del paiche representa el 57.0% del pescado entero y se caracteriza por no presentar espinas.

El hábitat del paiche son las aguas negras y tranquilas de la Amazonía, no encontrándose por tanto en las zonas de fuerte correntadas y en las aguas ricas en sedimentos. Con ese comportamiento, el paiche se torna una excepción entre las especies que habitan en las aguas negras del continente, ya que no hay presencia de peces de gran porte (Del Águila, 2011).

Chávez (2007) menciona que el paiche vive en las cochas y ríos de poca corriente, particularmente de aguas negras. No tiene exigencias especiales en lo referente a la

química y la intensidad de sedimentación del agua, pero exige como lugar para vivir las orillas densas de hierbas, que se extienden al agua sin estar arraigadas en el suelo, por ejemplo, las gramíneas conocidas como gramalote.

Herbek *et al.* (2005) mencionan que el paiche se encuentra en toda la cuenca del Amazonas y también en otros ríos comprendidos desde Guyana hasta Bahía en Brasil. En el Perú, se encuentra en las cuencas bajas de los ríos Napo, Putumayo, Marañón, Pastaza y Ucayali, con abundancia en la Reserva Nacional Pacaya-Samiria (Figura 2).



Figura 2. Distribución del *Arapaima gigas* en la Amazonía.

FUENTE: Tomado de Herbek *et al.* (2005).

Del Águila (2010) menciona que el paiche vive en aguas negras y tranquilas cuyo pH es de 6.0 a 6.5, pero pueden soportar hasta un rango de pH de 10.00. Además, vive en zonas cuyo rango promedio de temperatura es de 25 a 29°C.

Según Verástegui y del Castillo (2013), la talla mínima de captura del paiche es de 1.60 m siendo prohibida su pesca en los meses de octubre a febrero. Por otro lado, Cortez (1992) citado por Verástegui y del Castillo (2013) reporta que en época de creciente que es en los meses de febrero a abril el paiche alcanza valores de grasa de hasta 1.9% aproximadamente.

Según Pronaturaleza (2016), la talla y peso de captura son:

- Talla promedio de captura: 2.30 m

- Talla mínima de captura: 1.60 m
- Peso promedio de un individuo: 100 kg
- Peso promedio por individuo eviscerado: 85 kg
- Peso promedio por individuo de puro filete: 55 kg

2.1.2 Composición química

El paiche se caracteriza por tener poco contenido de grasa además de carecer de espinas menudas y tener un valor nutritivo más elevado que otras especies. La composición química proximal de la parte comestible del paiche según Pinchi *et al.* (2008) y Alcántara *et al.* (2006), se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición química de la parte comestible del paiche (*Arapaima gigas*)

| Componente | Valor Promedio ⁽¹⁾ (%) | Valor Promedio ⁽²⁾ (%) |
|-------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Humedad | 81.3 | 71.6 - 79.8 |
| Ceniza | 1.0 | 0.9 - 1.2 |
| Grasa | 0.9 | 0.5 - 1.5 |
| Proteína | 17.4 – 21.8 | 17.4 - 21.8 |
| Carbohidratos | 0.1 | - |
| Calorías | 73.8 | - |

FUENTE: (1) Pinchi *et al.* (2008) (2) Alcántara *et al.* (2006)

2.1.3 Cultivo del paiche

La acuicultura desempeña una importante función en el aumento de la producción mundial de pescado y la satisfacción del incremento de la demanda de productos pesqueros. De acuerdo a la FAO, la acuicultura mundial en los últimos 30 años, ha tenido un crecimiento importante a una tasa anual de 8.3%, siendo uno de los sectores de alimentación humana con el mejor desempeño en crecimiento comparado con otros sectores productores de proteína animal como lo es el avícola con un crecimiento de 5.1%, la porcina con una tasa de 3.2% y la bovina con un 1.0 % (UNCTAD, 2005).

El valor de comercialización de los productos de acuicultura en los últimos 10 años se ha duplicado, en el año 2000 de haberse registrado un valor de 53 mil millones de dólares (41 millones de TM), en el año 2009 registró poco más de 110 mil millones de

dólares (73 millones de TM) ello representa un incremento de 7.0%; la tendencia es que con el uso de nuevas tecnologías para los cultivos, la formulación de piensos más eficientes y la demanda creciente de los productos acuícolas con mayor valor agregado, los precios sigan incrementándose en beneficio de productores industrializados y acuicultores de mediana y pequeña escala (Mendoza, 2011).

En nuestro país, la acuicultura continental (ríos, lagos, lagunas, manantiales y represas) ha tenido relevancia comercial con el desarrollo del cultivo de especies nativas en la Amazonía como gamitana y paiche, siendo estas especies de mucha importancia para el desarrollo regional. Sin embargo, la intensidad con que se practica esta actividad genera la posibilidad de alterar el medio ambiente con la emisión de residuos líquidos o sólidos (Luján, 2010).

El paiche (*Arapaimas gigas*) tienen todas las características necesarias para una mayor producción en la acuicultura (Figura 3). Según estudios de mercado han demostrado que tiene el potencial necesario para los mercados locales e internacionales que aprecian la nutrición y valor culinario de los peces, ya que presenta bajo contenido en grasas (aproximadamente 1.0% en comparación con el 2.00% en tilapia o el 7.00% en la trucha) y un alto contenido de proteína (Mendoza, 2011).



Figura 3. Cultivo de paiche en estanques.

FUENTE: Tomado de Mendoza (2011).

Actualmente, existen departamentos que se vienen convirtiendo en las principales zonas de producción acuícola en el país, por sus características ambientales y condiciones para el desarrollo de una buena acuicultura y áreas apropiadas, tal es así que se ha caracterizado a Tumbes como la zona de mayor actividad acuícola para la especie langostino; Piura y Ancash para la concha de abanico; San Martín y Piura con la tilapia; Junín, Huancavelica, Lima, Pasco y Puno se viene caracterizando como las principales zonas para la producción de la trucha y San Martín, Loreto, Ucayali y Madre de Dios para los diversos peces amazónicos como son la gamitana, el paco, el sábalo cola roja, el paiche y el boquichico (Campos, 2001).

Según Alcántara *et al.* (2006), el paiche presenta todas las características de un buen pez para cultivo tanto en estanques como en jaulas flotantes, es resistente al manipuleo, resistente a las enfermedades; tiene rápido crecimiento, alcanzando hasta 10 kg/año; se reproduce naturalmente en los estanques de tierra lo que facilita conseguir la semilla para cultivarlo; a pesar de su régimen carnívoro es un pez que se adapta fácilmente al alimento artificial.

El paiche, como la gran mayoría de peces de agua dulce, procura alimentarse en el atardecer o amanecer; durante el día cuando el calor es intenso, se mete debajo de la vegetación acuática en busca de cualquier sombra para huir de los fuertes rayos solares, manteniéndose quieto en el fondo del agua, emergiendo algunas veces para tomar aire (Rebaza *et al.*, 1999 citado por Pezo y Ushiñahua, 2014).

La producción de peces amazónicos en piscigranjas sustituye a la cada vez más agotada producción de la pesca de captura, donde las especies más valiosas (paiche, gamitana, paco, tucunaré, corvina, boquichico, etc.) se encuentran en el límite de explotación, poniendo en serio riesgo su sustentabilidad. Incluso así, los volúmenes de desembarque de pescado en la Amazonía peruana se mantienen sin mayores cambios en 100 000 toneladas anuales, de las cuales el 75.0% son consumidos por los pobladores ribereños, quienes registran los más altos valores de consumo de pescado per cápita, 100 kg/año (FAO, 2016).

En los últimos 3 años la población de paiche de la fauna amazónica, se ha triplicado, pasando de 1069 ejemplares en el 2013 a 3180 en el 2015, estas cifras sólo

corresponden a la zona de manejo, pues en el área total existen 5 mil unidades de paiche (Pronaturaleza, 2016).

Las exportaciones de paiche, provenientes de piscigranjas, en el 2016 ascendió un 0.1%. La producción acuícola se ha incrementado en 20.0% durante los últimos años (Gestión, 2016).

PROMPEX-Biocomercio (2005) reporta que el paiche, comercialmente, es presentado como (1) fresco refrigerado, (2) Congelado y (3) Ahumado, cuyas presentaciones van de acuerdo al peso y/o eviscerado tal como se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Formas de presentación del paiche

| Producto | Fresco Refrigerado | Congelado | Ahumado |
|-----------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Presentación | Trozos y filetes en diferentes tamaños y pesos. | Trozos y filetes IQF en diferentes tamaños y pesos. | Ahumado en frío y caliente, trozos y filetes sin piel y sin espinas. |
| | Entero sin vísceras | Enteros sin vísceras IQF. | Presentaciones con pesos de 300 a 500 gr. |
| | Presentaciones con pesos de 10 a 15 kg | Presentaciones con pesos de 10 a 15 kg | |
| | Filetes sin piel y sin espinas | Filetes sin piel y sin espinas IQF. | |
| | Presentaciones con pesos de 300 a 500 g | Presentaciones con pesos de 300 a 500 g | |

FUENTE: PROMPEX-Biocomercio (2005)

Los principales destinos de exportación del paiche son Estados Unidos, Francia y Japón. Según la data de PROMPERÚ del año 2014, las exportaciones de paiche para septiembre del 2015 alcanzaron en promedio los 26.3 dólares por kilogramos de filete congelado respectivamente.

La exportación de paiche en el 2015 sumó US\$ 806,482, y tuvo como destinos EE.UU., Hong Kong, Japón, Filipinas, Singapur, España, Israel, Emiratos Árabes Unidos, Bélgica y Noruega. Hay que señalar que, del total US\$ 327,473 fueron de alevinos (41.0% del total) y US\$ 482,508 (59.0%) de paiche entero y filete (Sierra Exportadora, 2016).

2.2 CARACTERISTICAS DE LOS SUBPRODUCTOS O RESIDUOS DE PESCADO

Los subproductos o también denominados coproductos del pescado corresponden a las partes que son removidas de éste antes que llegue al consumidor final, con el fin de mejorar la calidad, reducir el peso de embarque para su transporte, o incrementar el valor del producto principal del pescado, el músculo. Se le llama coproductos a la sangre, vísceras, cabeza, espinas, piel, *belly*, aletas y cola del pescado (Ramírez, 2007a; citado por Cavieres, 2010).

La mejor especie de pescado produce solamente alrededor del 50.0 % de materiales comestibles en forma de filetes o músculo de pescado. El resto, esqueleto, cabeza y demás desechos posee un contenido en proteína casi tan alto como el del propio filete y en cambio no suele consumirse (Windsor y Barlow, 1984).

Según Berenz (1997) citado por Mattos *et al.* (2003), las vísceras de pescado tienen una composición química parecida al pescado entero encontrándose que entre la composición química del pescado entero y de sólo vísceras y cabezas no existe diferencias en el contenido de proteínas que en ambos casos es del 15.9%. Sin embargo, las vísceras y cabeza de pescado contienen mayor contenido de grasa (5.5%) y ceniza (7.6%) tal como se reporta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Comparación de la composición química de vísceras de pescado en general

| Componente | Pescado Entero | Vísceras y Cabeza |
|-------------------|-----------------------|--------------------------|
| Proteína (%) | 15.9 | 15.9 |
| Grasa (%) | 4.6 | 5.5 |
| Ceniza (%) | 5.6 | 7.6 |
| Humedad (%) | 73.9 | 71.0 |

FUENTE: Mattos *et al.* (2003)

El hígado aporta un alto contenido en vitaminas liposolubles A y D y también aporta más grasa al producto final. La adición de una gran cantidad de espinas y huesos hace que el contenido de minerales aumente además de aumentar el pH, con lo que la conservación del ensilado es escasa, que al homogeneizarse en su totalidad, incluyendo huesos y espinas, los niveles de calcio son altos (Mattos *et al.*, 2003).

La piel de los peces, como en el resto de vertebrados, está constituida por dos capas superpuestas, la epidermis o capa externa y la dermis, más gruesa y profunda. En la epidermis abunda un tipo de célula glandular que segrega gran cantidad de mucus. Este mucus recubre por completo el cuerpo de pez y su función está relacionada con la protección además de mejorar el deslizamiento en el agua. La dermis es más compleja, responsable de la formación de las escamas y portadora de los cromatóforos o células pigmentarias. La presencia de escamas es uno de los rasgos más característicos de los peces y en la mayoría de las especies constituyen un revestimiento continuo. En la tilapia, la piel representa entre el 7.0 y 8.0% del pescado.

El porcentaje de residuos de algunas especies comerciales de pescado, según el Compendio Tecnológico Pesquero IMARPE/ITP (1996), se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4: Parte comestible y residuos de algunas especies de pescados comerciales

| Recursos | Parte comestible (%) | Residuos (%) |
|-----------------|-----------------------------|---------------------|
| Anchoveta | 46.7 | 53.3 |
| Merluza | 48.0 | 52.0 |
| Caballa | 51.2 | 48.8 |
| Jurel | 51.3 | 48.7 |
| Tollo | 48.6 | 51.4 |
| Trucha | 50.6 | 49.4 |
| Paiche | 51.7 | 48.3 |

FUENTE: IMARPE/ITP (1996)

2.3 ENSILADO DE PESCADO

2.3.1 Definición

El ensilado de pescado puede definirse 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 el pH se reduce a valores cercanos 4.0, la cual impide la descomposición del producto (Bello, 1990 citado por Toledo y Llanes, 2006).

Berenz (1997) citado por Mattos *et al.* (2003) menciona que el ensilado de pescado es un proceso que permite obtener un producto líquido - pastoso, elaborado a partir de la totalidad del pescado o partes del mismo, siendo el fundamento la producción de ácido por efecto de la fermentación microbiana de carbohidratos. El producto obtenido de esta forma es un líquido estable, de olor a malta, con buenas características de almacenamiento pero que contiene todavía la totalidad del agua presente en la materia prima original.

El ensilado es un producto estable a temperatura ambiente por mucho tiempo. Los estudios de estabilidad del ensilado muestran que es factible almacenarlo por períodos mayores a 6 meses sin requerir de refrigeración. Aunque en el ensilaje de pescado se produce cierta hidrólisis de las proteínas para formar péptidos y aminoácidos, el valor nutritivo de la materia prima se mantiene y se puede utilizar para sustituir fuentes tradicionales de proteínas (Martínez, 2003).

Es un producto que no atrae insectos indeseables ni olores desagradables. Aunque en el ensilaje de pescado se produce cierta hidrólisis de las proteínas para formar péptidos y aminoácidos, el valor nutritivo de la materia prima se mantiene y se puede utilizar para sustituir fuentes tradicionales de proteínas en la alimentación de los animales domésticos, en particular los monogástricos (Alais *et al.*, 2003)

Según Window y Barlow (1984) citado por Martínez (2003), el ensilado de pescado puede definirse como un producto líquido, elaborado a partir de la totalidad del pescado o partes del mismo, sin adicionar otros productos (sólo ácidos) en el que la licuefacción se produce por acción de las enzimas presentes en el mismo. El producto obtenido de esta forma es un líquido estable, de olor a malta, con buenas características de almacenamiento pero que contiene todavía la totalidad del agua presente en la materia prima original.

Ramírez *et al.* (1994) citado por Triana *et al.* (2014) mencionan que el ensilado es la mezcla de pescado molido con una fuente de carbohidratos y un cultivo microbiano láctico que produce el ácido necesario para la preservación del producto por efecto de la fermentación bacteriana.

Martínez (2003) reporta que durante el proceso de elaboración de un ensilado de pescado es muy importante la presencia de sustancias ácidas (medio ácido), pues son éstas fundamentales en el mantenimiento de las buenas condiciones tanto físico-químicas como microbiológicas del producto a elaborar. Se han desarrollado dos formas para conseguir y mantener dichas condiciones; una de ellas, consiste en la adición inicial de los ácidos a la mezcla (ensilado químico). La otra utiliza la capacidad que tienen algunos microorganismos de producir sustancias ácidas una vez que a éstos se les provee una fuente de carbono que les permita actuar (ensilado biológico).

2.3.2 Ensilado biológico

El ensilado biológico de pescado es un producto obtenido de residuos de pescado, mediante un proceso de fermentación láctica con bacterias del yogurt, que actúan con melaza y azúcar de caña como estimulante y fuente de energía. Esta mezcla de residuos molidos, con una fuente de carbohidratos y un cultivo microbiano ácido-láctico, produce el ácido necesario para la preservación del producto. El producto final es una masa homogénea de consistencia pastosa, con un 60.0% de humedad (dependiendo del tipo de residuo), fácilmente hidrolizable y con olor característico a fruta fermentada (García *et al.*, 1998 citado por Alpízar, 2014).

Según Tomé *et al.* (1994), el ensilado por fermentación microbiana, conocida también en su elaboración como ensilado biológico, puede definirse como un líquido obtenido por fermentación bacteriana, en el cual el pescado molido se mezcla con una fuente de carbohidratos y un cultivo microbiano ácido-lácticos, que produce el ácido requerido para la preservación del producto.

El fundamento del ensilado biológico es la producción de ácido por efecto de la fermentación microbiana de los carbohidratos usando para ello una levadura proteolítica y una fuente hidrocarbonada para el desarrollo del proceso (Bertullo, 1994).

En el ensilado biológico ocurre una desaminización de los ácidos aminoicos como la degradación de cistina que puede tener lugar a la formación de amonio y/o aminos volátiles (Haaland and Njaa, 1989 citado por Enes *et al.*, 2000).

El ensilado biológico permite obtener un producto pastoso elaborado a partir de la masa de pescado entero o residuos triturados, previa adición de carbohidratos y que la mezcla es fermentada por la adición de bacterias ácido-lácticas, bajo condiciones controladas (Van Wyk y Heydenrych, 1985 citados por Martínez, 2003). Debe presentar en promedio un pH de 4.0 a 4.5, y una acidez titulable de 3.2%. (Alpízar, 2014).

El pH del medio desciende por acción de las bacterias ácido láctico, se inhibe el crecimiento de los microorganismos patogénicos y putrefactivos. Las bacterias lácticas que más se utilizan son las que pertenecen al género *Lactobacillus* (Berenz, 1997 citado por Mattos *et al.*, 2003).

Según Van Wik y Heyderich (1985) citado Martínez (2003), para obtener un ensilado estable debe alcanzar un pH menor o igual a 4.0 ya que en estas condiciones frena el crecimiento y la actividad de ciertos microorganismos que pueden dar origen a la descomposición del ensilado. Para ello el pescado es picado y mezclado con una concentración suficiente de carbohidratos. Las bacterias lácticas pueden producir suficiente ácido láctico para conservar el producto durante un tiempo prolongado.

Las bacterias lácticas son un grupo de bacterias relacionadas a la producción de ácido láctico. Estos organismos son heterotróficos y biosintetizadores (Reddy *et al.*, 2008).

Alais *et al.* (2003) reporta que las bacterias lácticas constituyen la parte más interesante de la microflora acidificante de los productos lácteos, pero es preciso insistir sobre el hecho de que no son ellas solas las que producen cantidades elevadas de ácidos diversos, incluido el ácido láctico. Los fermentos lácticos inhiben el desarrollo de los gérmenes que se desarrollan preferentemente en los medios neutros o pocos ácidos, constituyendo una protección contra numerosos gérmenes proteolíticos que digieren el medio y provocan la putrefacción.

El metabolismo de las bacterias lácticas (cocos y bacilos), y teniendo en cuenta los productos de su metabolismo se clasifican en homofermentativas y heterofermentativas. Las homofermentativas u homolácticas fermentan las hexosas en ácido láctico como un producto final, mientras que las heterolácticas lo hacen y producen además de ácido láctico otros productos químicos como son ácido acético y alcoholes (Wisman, 1986 citado por Cardoso, 2013).

Según Alais *et al.* (2003), la temperatura tiene un rol importante en las bacterias lácticas a temperaturas superiores a 40°C, se seleccionan las especies termófilas favoreciendo el desarrollo de lactobacilos hacia los 50°C.

Alejos (2013) reporta que las bacterias lácticas inhiben el desarrollo de levaduras, además de caracterizarse por:

1. Producción de ácido y descenso del pH que genera una protección de las sustancias alimenticias debido a la inhibición de las bacterias de la putrefacción en medio ácido.
2. Producción de enzimas que intervienen en la degradación de las proteínas al igual que de sustancias inhibidoras.

La mayoría de las bacterias ácido lácticas (B-Lac) tienen alta tolerancia a valores de pH menor a 5.00. Esta tolerancia ácida les da ventajas competitivas sobre otras bacterias, la temperatura óptima de crecimiento varía entre géneros y está en el rango de 20-45°C (Hot y Han, 2000 citados por Serna y Rodríguez, 2005).

Los lactobacilos forman la parte esencial de la flora bacteriana estimada en 10^9 gérmenes por gramo inhibiendo el desarrollo de los gérmenes nocivos, ya que producen proteinasas y peptidasas que le confieren un notable poder proteolítico (Alais *et al.*, 2003).

Existen diversos géneros de bacterias ácido lácticas; sin embargo, éstas son agrupadas como homofermentativas o heterofermentativas basado en el producto final de su fermentación. Las homofermentativas como *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pedococcus*, *Vagococcus* y algunos *Lactobacillus* poseen la enzima aldolasa y producen ácido láctico como el producto principal de la fermentación de la glucosa utilizando la vía de glucólisis (Axelsson, 1998 citado por Ramírez *et al.*, 2010).

Los lactobacilos crecen bien en medios ligeramente ácidos, con pH inicial de 6.4 – 4.5 y con uno óptimo de desarrollo entre 5.5 y 6.2. Su crecimiento cesa cuando el pH alcanza valores desde 4.0 hasta 3.6 en dependencia de especies y cepas y disminuye notablemente en medios neutros o ligeramente alcalinos. Los lactobacilos son capaces de disminuir el pH del sustrato donde se encuentran por debajo del valor 4.0 mediante la

formación de ácido láctico. De esta forma evitan o al menos disminuyen considerablemente el crecimiento de casi todos los otros microorganismos competidores, exceptuando el de otras bacterias lácticas y el de las levaduras (Bergey, 1992 citado por Samaniego *et al.*, 2008).

Los lactobacilos son considerados microorganismos probióticos que compiten con los patógenos, no sólo por los nutrientes, sino también por el espacio físico. (Chauviere *et al.*, 1992 citado por Cartes. 2005). Por otro lado, los probióticos producen numerosas sustancias anti-microbianas específicas, como las bacteriocinas, ácidos grasos volátiles de cadena corta, peróxido de hidrógeno y ácido láctico (*Bifido bacterium*, *Latobacillus*, *Streptococcus*), por lo que se reduce el pH; esto se considera el principal mecanismo por el cual las bacterias lácticas inhiben el crecimiento de diferentes bacterias patógenas, como *E.coli*, *Streptococcus* y *Salmonella* (Fons *et al.*, 2000).

La composición química y el valor nutricional del producto fermentado dependerá del tipo de residuos, azúcares añadidos y las características del inóculo bacteriano. La composición química proximal de algunos ensilados biológicos de diversos pescados y remanentes de pescado, se reportan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Composición química proximal del ensilado biológico con diversos pescados

| Especie | Proteína (%) | Lípidos (%) | Humedad (%) | Ceniza (%) | Fuente |
|----------------------------|--------------|-------------|-------------|------------|---------------------------|
| Jurel | 21.6 | 3.9 | 73 | 1.2 | Windsor y Barlow (1981) |
| Sardina | 14.6 | 9.6 | 72.1 | 2.5 | Chang (1993) |
| Desechos de arenque | 13.5 | 8.7 | 75.4 | 2.6 | Windsor y Barlow (1981) |
| Caballa | 16.9 | 12 | 70.2 | 2.1 | Windsor y Barlow (1981) |
| Desechos de pescado blanco | 15 | 0.5 | 78.9 | 4.2 | Windsor y Barlow (1981) |
| Espadín | 15.5 | 13 | 69.4 | 2.2 | Windsor y Barlow (1981) |
| Atún | 15.5 | 13.2 | 53.5 | 9.1 | Spanopoulos et al. (2010) |
| Tilapia | 10.3 | 13.8 | 67.5 | 3.3 | Spanopoulos et al. (2010) |
| Bujurqui y Mojara | 12.8 | 8.6 | 76.8 | 1.6 | Padilla et al. (2000) |

La temperatura óptima para la incubación de las bacterias de yogurt se encuentra entre los 40 y 45 °C, sin embargo, también puede desarrollarse a 30°C o menos, en estas

condiciones la fermentación es más lenta. (Areche *et al.*, 1992 citado por Mattos *et al.*, 2003).

En la Figura 4 se reporta las curvas de crecimiento y acidificación de una bacteria láctica, según Alais *et al.* (2003).

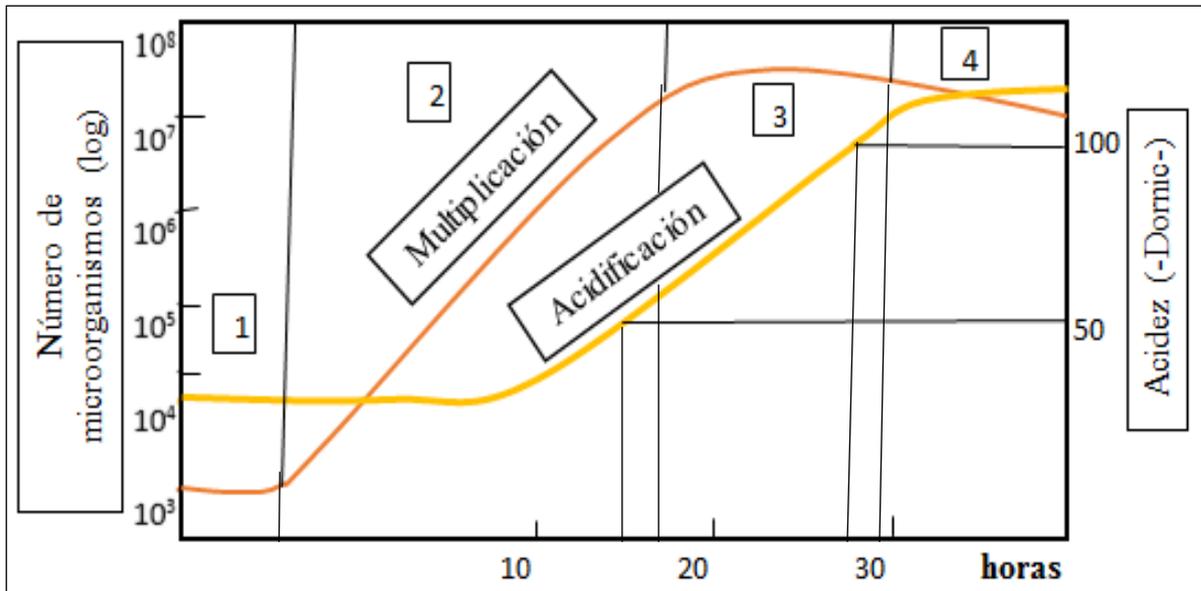


Figura 4. Curvas de crecimiento y acidificación de una bacteria láctica. (1) Fase de latencia o de adaptación. (2) Fase logarítmica (crecimiento activo). (3) fase máxima o estacionaria. (4) fase decreciente.

FUENTE: Tomado de Alais *et al.* (2003).

La incorporación de desechos de frutas en los ensilados da buenos resultados, induce a la licuefacción total del ensilado en menos de 24 horas pudiéndose definir como condiciones necesarias para la optimización del mismo la utilización de: melaza (15.0%), inóculo de bacterias, ácido láctico (1.0%), residuos de frutas (15.0%), pescado para completar el 100.0% y una temperatura de almacenamiento entre 36 y 45°C (Martínez, 2003).

El ácido producido, en el ensilado, favorece la acción de las enzimas proteolíticas del pescado e inhibe el desarrollo de las bacterias putrefactivas y patógenas. Para realizar la fermentación, el producto debe almacenarse a temperaturas comprendidas entre 20 y 30°C, rango en el cual se observa un crecimiento acelerado de las bacterias ácido-lácticas e inhibición de la flora competitiva de la materia prima. Otro factor

determinante para la producción de un producto estable mediante fermentación láctica es la temperatura a la que se va a realizar el proceso de fermentación. (Martínez, 2003).

Temperaturas de 25 – 30°C son las ideales, que es la temperatura óptima para el desarrollo de las bacterias lácticas, el pH alcanza valores de 4.5 en dos días a una temperatura de 30°C. Si se aumenta la temperatura a 40°C se obtiene una excelente fermentación en el caso que se usen las bacterias del yogurt (Berenz, 1997 citado por Mattos *et al.*, 2003). El incremento de la temperatura permite la aceleración de los procesos proteolíticos y fermentativos (Martínez, 2003).

Peña (2008) menciona que la estabilidad de los ensilados debe ser menor a 4.5 y si es menor o cercano a 4 entonces se considera un buen tratamiento.

La estabilidad de los ensilados biológicos de pescado se obtiene con valores de pH menores que 4.5. Dicho valor muestra la fase o fenómeno de acidificación por parte de los microorganismos, siendo su acción inhibida por escasez de azúcares solubles y la acumulación de ácido láctico. Cuando esto ocurre, el pescado queda estabilizado y se habrá convertido en ensilado (De la Roza, 2005).

García *et al.* (1998) citado por Alpízar (2014) mencionan que el ensilado biológico de residuos de pescado tiene una vida útil de hasta seis meses, almacenado a temperatura ambiente.

2.3.3 Proceso bioquímico del ensilado biológico

Para la producción de ensilado es necesaria la degradación por proteólisis y oxidación de lípidos. (Enes *et al.*, 2000). Las bacterias ácido láctica habilita la estabilización de proteínas (Van Wyk y Heydenrych, 1985 mencionado por Enes *et al.*, 2000).

Durante la fabricación del ensilado de residuos de cosecha, según Cardoso (2013), se pueden distinguir cuatro fases:

Fase 1: Fase aeróbica o enzimática

Fase 2: Fase anaeróbica o microbiológica

Fase 3: Formación de ácido acético

Fase 4: Producción de ácido láctico

Fase 1: Fase aeróbica o enzimática

Esta fase presenta una importancia vital, ya que condiciona lo que ocurrirá en la próxima fase. La primera reacción que ocurre es el cese de la síntesis de carbohidratos solubles para dar paso a la respiración, por efecto del oxígeno (Chalacán y Valencia, 1999). El oxígeno presente en el medio disminuye rápidamente debido a la respiración de microorganismos aerobios y aerobios facultativos como las levaduras y enterobacterias (Garcés *et al.*, 2011).

Las proteínas, constituyen el 70.0-80.0% del total de las materias nitrogenadas, son degradadas hasta aminoácidos por efecto de la hidrólisis de proteasas que dura entre las primeras 3 y 6 horas del proceso de ensilaje (Chalacán y Valencia, 1999). Esta proteólisis disminuye a medida que el medio se acidifica, y se detiene cuando el pH desciende por debajo de 4.0 (Cañete y Sancha, 1998 citado por Alejos, 2013).

La respiración celular ocasiona la reducción de los azúcares por efecto de la flora láctica que no podría encontrar suficiente cantidad de hidratos de carbono para garantizar una suficiente acumulación de ácido láctico (Cañete y Sancha, 1998 citado por Alejos, 2013).

En dicho proceso no interviene la cadena de transporte de electrones, de esta forma el receptor final de los electrones del NADH, que se produce en la glicólisis es un compuesto orgánico con poco poder oxidante, el cual se reduce para volver a oxidar el NADH^+ a NAD^+ . Las moléculas de ATP producidas son consumidas por los mismos microorganismos. El piruvato producido durante la glicólisis se transforma en ácido láctico mediante la enzima lactato - deshidrogenasa (Puerta, 2010).

Las enzimas actúan sobre procesos respiratorios y sobre la descomposición de glúcidos y proteínas. Estas enzimas presentan un pH de activación entre 5 y 6 (Cañete y Sancha, 1998 citado por Alejos, 2013).

Fase 2: Fase anaeróbica o microbiológica

La digestión anaerobia (DA) es una tecnología generalizada para el tratamiento de los flujos de residuos orgánicos (Romero *et al.*, 2016). Debido a la producción de ácido láctico y otros ácidos producidos, el pH bajará a valores de 5.0 a 3.8 (Garcés *et al.*, 2011).

El decrecimiento del pH hasta 4.5 y la poca concentración de oxígeno del medio hace que facilite la actividad de la descarboxilación de proteínas hasta aminoácidos como histamina, tyramina, putrescina y cadaverina son degradadas a una temperatura de 37 °C por la diamina oxidasa (DAO), según Haard *et al.* (1985) mencionada por Enes *et al.* (2000), con la ayuda de la bacteria ácido láctica (B-Lac). Dicha reacción catalizadora produce gas, ácido y NH₃ por efecto de la actividad catalítica ocurrida (Enes *et al.*, 2000).

Durante el ensilado, el nivel de histamina decrece a temperaturas entre 25 y 35°C durante tres días de ensilaje a un pH de 4.4. La producción de histamina en el ensilado de pescado podría ser relacionado esencialmente a la actividad de la *Enterobacterias* existentes en el pescado inicialmente. (Marrakchi *et al.*, 1993 citado por Zahar *et al.*, 2002). La fase de incremento en el nivel de histamina puede ser observado en el rango de pH entre 5.0 y 6.5, que corresponden al pH óptimo de actividad de descarboxilación bacteriana (Eitenmiller *et al.*, 1981 citado por Zahar *et al.*, 2002).

Las bacterias ácido láctica (B-Lac) son los responsables del metabolismo peptídico, la cual permite la producción simultánea de ácido láctico. (Vázquez *et al.*, 2008). El ácido láctico (C₃H₆O₃) es uno de los ácidos orgánicos más importante producido por las bacterias ácido láctica (B-Lac) y es usado como acidulante, agente de pH buffer o inhibidor de bacterias putrefactivas (Reddy *et al.*, 2008).

El ácido láctico tiene dos isómeros: L-láctico y D-Láctico. El ácido láctico está basado en la hidrólisis de lactonitrilo por la degradación base-catalizado de azúcares (Datta *et al.*, 1995 citado por Gao *et al.*, 2011). El ácido láctico producido por microorganismos usa ácido pirúvico como el precursor por la producción de ácido láctico. La conversión de ácido pirúvico a ácido láctico puede ser catalizada por dos tipos de enzimas: NAD-dependiente L-lactato deshidrogenasa y NAD- dependiente D-lactato deshidrogenasa

(Garvie, 1980 citado por Gao *et al.*, 2011), como se indica en la Figura 5 (Limatú, 2015).

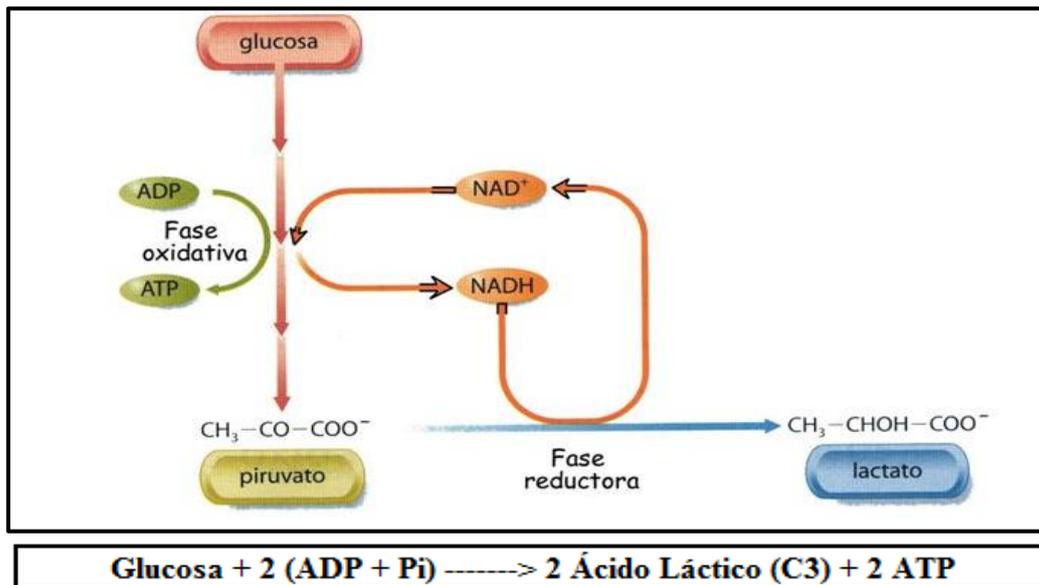


Figura 5. Fermentación ácido láctica.

FUENTE: Tomado de Limatú (2015)

La fermentación ácido láctica tiene un efecto beneficioso en los lípidos, durante el ensilado de pescado, ya que estabiliza los lípidos y mejora la aceptabilidad en la dieta animal (Raa y Gildberg, 1982 mencionado por Enes *et al.*, 2000).

Fase 3: Formación de ácido acético

Cuando las bacterias lácticas utilizan como fuente energética las pentosas, como la ribosa presente en las vitaminas B2, xilosa presente en el hígado y arabinosa presentes en el B-Lac, producen ácido acético (Cardoso, 2013).

Esta fase es conocida también como fase estable ya que ocurre pocos cambios mientras se mantenga en condiciones anaeróbicas. La mayoría de los microorganismos de la fase 2 lentamente reducen su presencia. Sólo algunas proteasas y carbohidratasas que toleran ambientes ácidos continúan activos, pero en menor ritmo (Elferink *et al.*, 2000).

Fase 4: Producción de ácido láctico

El ácido láctico (2- ácido hidroxipropionico o 2- ácido hidroxipropanoico), $\text{CH}_3\text{-CHOHCOOH}$, es producido por la fermentación de azúcares o hidrolizados de azúcares. Las células bacterianas dejan de producir ácido láctico cuando la concentración de azúcar es alta (John *et al.*, 2009).

La fase 4 conocida también como fase de deterioro aeróbico puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. Esto induce un aumento en el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se constata un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, como algunos bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aeróbicos, también facultativos, como mohos y enterobacterias. El deterioro aeróbico ocurre en casi todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire (Elferink, 2000).

Durante el ensilado, tiene lugar la autólisis y la licuefacción gradual del pescado como la solubilización parcial de la matriz proteica debido a la distribución por las enzimas endógenas. (Raa and Gildberg, 1982 mencionado por Enes *et al.*, 2000). La actividad autolítica ocurre durante el ensilado de pescado a un decrecimiento en la concentración de amonio, aminos, ácidos de amonio y péptidos (Haard *et al.*, 1985 citado por Enes *et al.*, 2000).

El cambio significativo que ocurre durante el proceso de ensilado es la autólisis de los tejidos y liberación de amonio (Fagbenro *et al.*, 1993).

2.3.4 Fuentes de carbohidrato

Berenz (1997) citado por Mattos *et al.* (2003) mencionan que el pescado al no presentar carbohidratos para lograr producir la fermentación láctica en los residuos de pescado, se requiere la adición de sustancias carbohidratadas como fuente de energía para el desarrollo de bacterias lácticas que se comprueba con el descenso del pH y el incremento de acidez en el producto, logrando así la conservación y estabilidad del mismo.

Los azúcares como glucosa, sacarosa y lactosa constituyen una fuente de carbohidrato. Estos azúcares producen un rápido descenso del pH al ser fermentados por las bacterias lácticas con la consiguiente producción de ácido (Enes *et al.*, 2000).

Reyes *et al.* (1991) citado por Rodríguez *et al.* (2014) afirman que la adición de desechos de frutas, como cítricos y plátanos, permiten la aceleración del proceso de hidrólisis del ensilado. La temperatura óptima del proceso está entre 35 y 45°C, temperatura que favorece la actividad enzimática sin afectar el crecimiento microbiano.

- Melaza de caña

Según Gilces y Veloz (2006), la miel final o melaza es un líquido denso y viscoso de color oscuro, dulce y olor más o menos agradable que queda como residuo de la fabricación o refinación de la sacarosa procedente de la caña de azúcar. La melaza contiene la mayor parte de los no azúcares presentes en el jugo, sacarosa y los azúcares reductores, además sustancias nitrogenadas, vitaminas y elementos traza como lo hace la composición del guarapo.

La sacarosa para poder ser transformada en alcohol tiene que ser primeramente hidrolizada con la ayuda de la invertasa que se localiza en la pared celular de las levaduras. El producto de la degradación de la sacarosa es la fructosa y la glucosa mediante el proceso de la inversión o invertasa, esto se realiza con facilidad en soluciones ácidas a velocidades que aumentan notablemente según el aumento de la temperatura y la disminución del pH, con la liberación de los monosacáridos constituyentes según la reacción de hidrólisis reportado por Vega *et al.* (2008) (Figura 6):

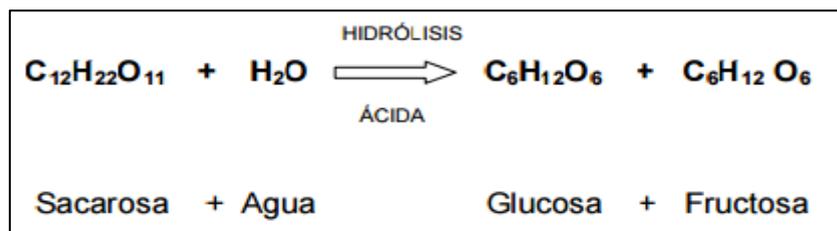


Figura 6. Hidrólisis de la glucosa.

FUENTE: Tomado de Vega *et al.* (2008)

La importancia se debe casi exclusivamente a los carbohidratos, ya que carece de materia grasa y de celulosa. Por otro lado, la melaza de caña se caracteriza por tener grados Brix de 8.5 y un pH de 5.0 - 6.1, según Castro (1993) citado por Fajardo y Sarmiento (2007).

El pH de las melazas cambia con la temperatura y depende también de la naturaleza y de la cantidad de material estabilizador del pH que posea, según Swan y Karalazos (1990) citados por Fajardo y Sarmiento (2007).

La melaza de caña de azúcar está conformada por: sacarosa (31.0% p/v), glucosa (9.5% p/v), fructosa (10.0 %) y nitrógeno (1.0%), y es un sustrato completo para la producción de ácido láctico (Dumbrepatil *et al.*, 2008; Patil *et al.*, 2006; Wee *et al.*, 2006b; Bhatta y Srivastava 2008; Pessôa de França *et al.*, 2009; citados por García *et al.*, 2010).

La melaza es portadora de energía de fácil aprovechamiento por el animal, la cual representa del 70.0 al 75.0 % del valor energético del maíz, según Olsen y Allermann (1991) citado por Fajardo y Sarmiento (2007). La composición química de la melaza se reporta en la Cuadro 6 (Vega *et al.*, 2008).

Cuadro 6. Composición química proximal de la melaza de caña

| Componente | (%) |
|--------------------------------------------|------------|
| Proteínas | 3.0 |
| Sacarosa | 35.0 |
| Azúcares reductores | 3.0-5.0 |
| Sustancias disueltas (diferentes azúcares) | 4.0-8.0 |
| Agua | 20.0 |
| Grasas | 0.4 |
| Cenizas | 12.0 |

FUENTE: Vega *et al.* (2008)

- **Papaya**

Según Feitó *et al.* (2013), la papaya es una fruta tropical que en los últimos cinco años ha sostenido mayor crecimiento en las zonas costeras. Posee sabor agradable, un alto valor nutritivo al ser una fuente excelente de vitamina C, alto contenido de fibra y

folato, que es una vitamina B requerida para la producción de glóbulos rojos normales, además de ser un gran auxiliar para la digestión, la papaya roja es rica en vitamina A.

Córdova *et al.* (1990) citado por Belli (2009), mencionan que, en el ensilado biológico a base de jugo de piña y papaya, melaza de caña e inóculos de *Lactobaccillus*; concluyeron que la melaza es fundamental para la preservación como fuente de carbohidratos, dando origen en la formación, en la cual hay formación de ácido – láctico y por ende, disminución de pH e incremento de la flora bacteriana.

Según Gúzman *et al.* (2012), los ensilados a base de papaya no parecen ser conveniente para ser suministrados por niveles muy bajos de proteína bruta, sin embargo, la utilización de los ensilados de frutas de desecho y residuos industriales permite una mayor aceptabilidad para la alimentación animal, particularmente de animales rumiantes.

La aceptabilidad por parte de los ensilados a base de residuos y frutas de desecho, según Chaverra (2008) citado por Triana *et al.* (2014), se podría atribuir a que los subproductos contienen mayor cantidad de azúcares digestibles que estimulan su palatabilidad en comparación a los forrajes, al poseer mayor carbohidratos, las bacterias ácido lácticas generan mayor cantidad de compuestos bioquímicos que enriquecen el sustrato mejorando las condiciones de sabor y estimulando sensorialmente a través de su olor característico a ácido láctico los órganos sensitivos del olfato animal.

- **Plátano**

Ly (2004) menciona que la característica fundamental de los plátanos es que son una fuente importante de carbohidratos que en condiciones de inmadurez están en forma de almidón, que se transforma en sacarosa cuando las frutas maduran. También cuando avanza la maduración disminuye el contenido de taninos.

La cáscara de plátano transforma alrededor del 90.0% de su almidón en azúcares aproximadamente doce días después de su cosecha un contenido de hasta 14.6% de azúcares en base seca. El contenido en la cáscara es del 13.0% en base seca. Los principales componentes de la cáscara son celulosa (25.0%), hemicelulosa (15.0%) y

lignina (60.0%) (Clavijo y Maner, 1974; Bolivar y Rojas, 1970; Von Loesecke, 1950 citado por Intriago y Paz, 2000).

La respiración celular cumple una función importante durante el ensilaje ya que promueve la absorción del oxígeno y disminuye el contenido de anhídrido carbónico con la producción de calor. Esta condición anaeróbica promueve la multiplicación de bacterias lácticas anaeróbicas, causando una liberación de su contenido celular, el cual es usado por los microorganismos (Cañeque, *et al.*, 1987 citado por Intriago y Paz, 2000). A medida que maduran se tornan más susceptibles de sufrir daños mecánicos durante el manejo poscosecha debido a la disminución en la firmeza por efecto de la hidrólisis de almidones y pectinas, por el proceso degradativo de la lámina media y las paredes celulares, produciendo sacarosa y ácido galacturónico, generando una mayor flexibilidad en la fruta (Beltrán *et al.*, 2010).

El plátano en estado maduro es un fruto rico en carbohidratos (Ruijter *et al.*, 1997). La característica fundamental de bananas y plátanos es que son una fuente importante de carbohidratos que en condiciones de inmadurez están en forma de almidón, que se transforma en sacarosa cuando las frutas maduran.

El pH de la fruta varía de 5.2 a 5.6 en plátanos verde y de 4.2 a 4.8 en la fruta madura, según lo reportado por Von Loesecke (1950) citado por Peláez (1998).

Stratton y von Loesecke (1930) citados por Portillo *et al.* (2006), han demostrado que no hay un cambio significativo en el contenido proteico de los plátanos durante la maduración. Sin embargo, un ensilaje puede conservar su calidad cuando su pH es inferior a 4.2 siempre y cuando exista una proporción elevada de materia prima, caso contrario además de acentuar la proteólisis, transforman el ácido láctico en ácido butírico y presentan putrefacción. (Jiménez *et al.*, 2000). La composición química del plátano se reporta en la Cuadro 7 (Collazos *et al.*, 1996).

Cuadro 7. Composición química del plátano

| TIPOS | Energía | Agua | Proteína | Grasa | CHO'S | Fibra |
|----------------------------|----------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| Plátano de Isla (%) | 91.0 | 74.0 | 0.9 | 0.4 | 23.6 | 0.5 |
| Plátano de seda (%) | 83.0 | 76.2 | 1.5 | 0.3 | 21.0 | 0.4 |
| Plátano maduro (%) | 112.0 | 68.1 | 1.2 | 0.2 | 29.6 | 0.3 |
| Plátano verde (%) | 152.0 | 57.0 | 1.0 | 0.2 | 40.9 | 0.8 |

FUENTE: Collazos *et al.* (1996)

El plátano verde – inmaduro y verde – maduro, está constituido principalmente por almidones y taninos. Cuando madura, la pulpa contiene aproximadamente 70.0 % de agua, es rica en carbohidratos fácilmente digeribles, contiene bajo porcentaje de proteínas y grasas pero es buena fuente de vitaminas A, B₁, B₂ y C (Arias y Toledo, 2000).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

Los ensayos experimentales se realizaron en los laboratorios de Procesos Pesqueros y Microbiología de la Facultad de Pesquería y el laboratorio de Bioremediación de la Facultad de Ciencias, de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM).

3.2 MATERIA PRIMA

Las unidades de paiche fueron proporcionados por la empresa Silver Corporation S.A.C., ubicada en Satipo – Junín. El paiche entero se recibió, en los laboratorios de la UNALM, en estado refrigerado y se mantuvo en esa condición hasta su proceso.

3.3 MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1 Insumos

Los insumos utilizados fueron: melaza de caña, proporcionado por la Planta de Alimentos de la Facultad de Zootecnia de la UNALM y plátano maduro adquirido en mercado de MERPRO Lima del distrito de los Olivos. Se utilizó como agente fermentador el consorcio microbiano B – Lac, proporcionado por el Laboratorio de Bioremediación de la UNALM

3.3.2 Reactivos químicos y medios de cultivo

- Hidróxido de sodio 0.01N marca Merck, ácido sulfúrico concentrado marca J. T. Backer 95-99.5% ACS, catalizador (mezcla de $K_2SO_4 + CuSO_4$, 9:1 y una pequeña cantidad de selenio). Fenolftaleína marca J. T. Backer, Indicador de

Tashiro, éter etílico marca J. T. Backer 98-100% ACS, sulfato de sodio anhidro marca J. T. Backer.

- Agar MRS y Agar Plate Count

3.3.3 Materiales

- De trabajo: Baldes de plásticos, cuchara de palo, olla de acero inoxidable, cuchillos, chaira, bolsas de polietileno grueso
- De Laboratorio: Equipo Soxhlet. placas Petri, pipetas volumétricas de 10 y 25 ml., probetas, matraces Erlenmeyer, balones, embudos, vaso de precipitado, crisoles de porcelana con tapa, balón de digestión Kjeldahl, cápsula de porcelana, baguetas,

3.3.4 Equipos

- Moledora de carne de acero inoxidable marca TOR REY de 250 Kg/h de capacidad.
- Cocina a gas industrial marca CORIAT
- pH-metro portátil marca HANNA modelo 98160
- Balanza digital de precisión marca AND modelo SK-5001WP.
- Selladora manual de bolsas plásticas marca SAMWIN modelo FS-400.
- Estufa marca BOREL modelo BLN-300.
- Horno de incineración (Mufla) marca THERMO SCIENTIFIC modelo FB1410M.
- Equipo de destilación Kjeldahl marca BLC modelo GL-44.
- Termómetro digital espeto marca RIESTER modelo TP-101.
- Baño maría marca MEMMERT modelo WNB 45, temperatura de 20-95 °C.
- Bomba de vacío marca ROCKER modelo 300.

3.4 PARTE EXPERIMENTAL

En la Figura 7, se presenta el diagrama de flujo general para el desarrollo del estudio. A continuación, se describen las operaciones realizadas en el proceso.

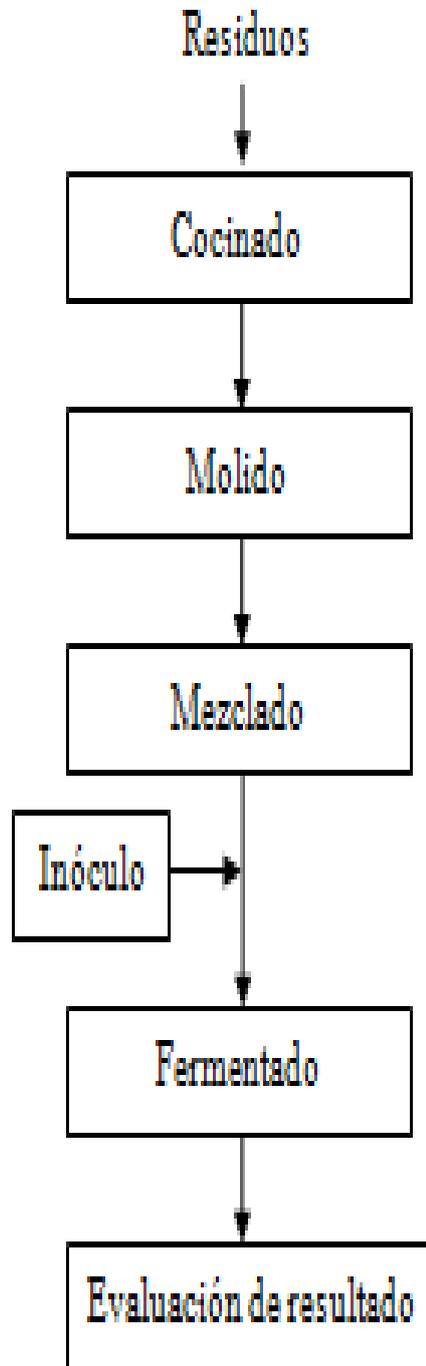


Figura 7. Diagrama de flujo experimental para elaborar ensilado biológico de paiche.

- **Cocinado y escurrido**

Los residuos fueron cocinados con agua a 100°C durante 20 min. Posteriormente fueron escurridos para facilitar la molienda.

- **Molido**

Se utilizó un molino de carne con criba de 0.5 cm con la finalidad de obtener los residuos totalmente homogenizados.

- **Mezclado**

De forma manual, previamente se determinó el peso de los residuos cocinados y molidos de paiche y se colocaron en recipientes de plástico junto con melaza de caña, posteriormente se adicionó B-Lac como inóculo. La mezcla obtenida fue incubada por un período de 72 h.

- **Fermentado**

Realizado en una estufa controlada a 40°C de temperatura por 72 h., representado en la Figura 8.



Figura 8. Fermentación en estufa a 40°C por 72 horas

- **Envasado**

El ensilado obtenido fue envasado en bolsas polipropileno de 5 kg de capacidad.

- **Almacenado**

En condiciones ambientales (20°C).

En el trabajo de investigación se realizó tres ensayos experimentales, los cuales se describen a continuación.

3.4.1 Determinación del porcentaje de plátano como fuente de carbohidrato

El objetivo del ensayo experimental fue determinar la concentración adecuada del plátano como fuente de carbohidrato en la fermentación homoláctica del ensilado. Para ello se utilizó plátano maduro como fuentes de carbohidratos complementario a la melaza de caña. Los tratamientos estudiados fueron:

T₁: Mezcla para fermentación con 100% de melaza de caña

T₂: Mezcla para fermentación con 25% de plátano maduro y 75% de melaza de caña

T₃: Mezcla para fermentación con 50% de plátano maduro y 50% de melaza de caña

T₄: Mezcla para fermentación con 75% de plátano maduro y 25% de melaza de caña

Como agente fermentador se utilizó en todos los tratamientos, 15% del consorcio B – Lac, porcentaje reportado por Peña (2008). La temperatura de fermentación fue 40 °C por 72 h., según recomendación de Berenz (1997). Durante la fermentación se determinó el valor pH, índice de acidez, evaluación de olor y evaluación sensorial de los diferentes tratamientos utilizando la Tabla de evaluación propuesta por Bertullo (1994).

La Figura 9 muestra el diagrama de flujo seguido en el primer ensayo.

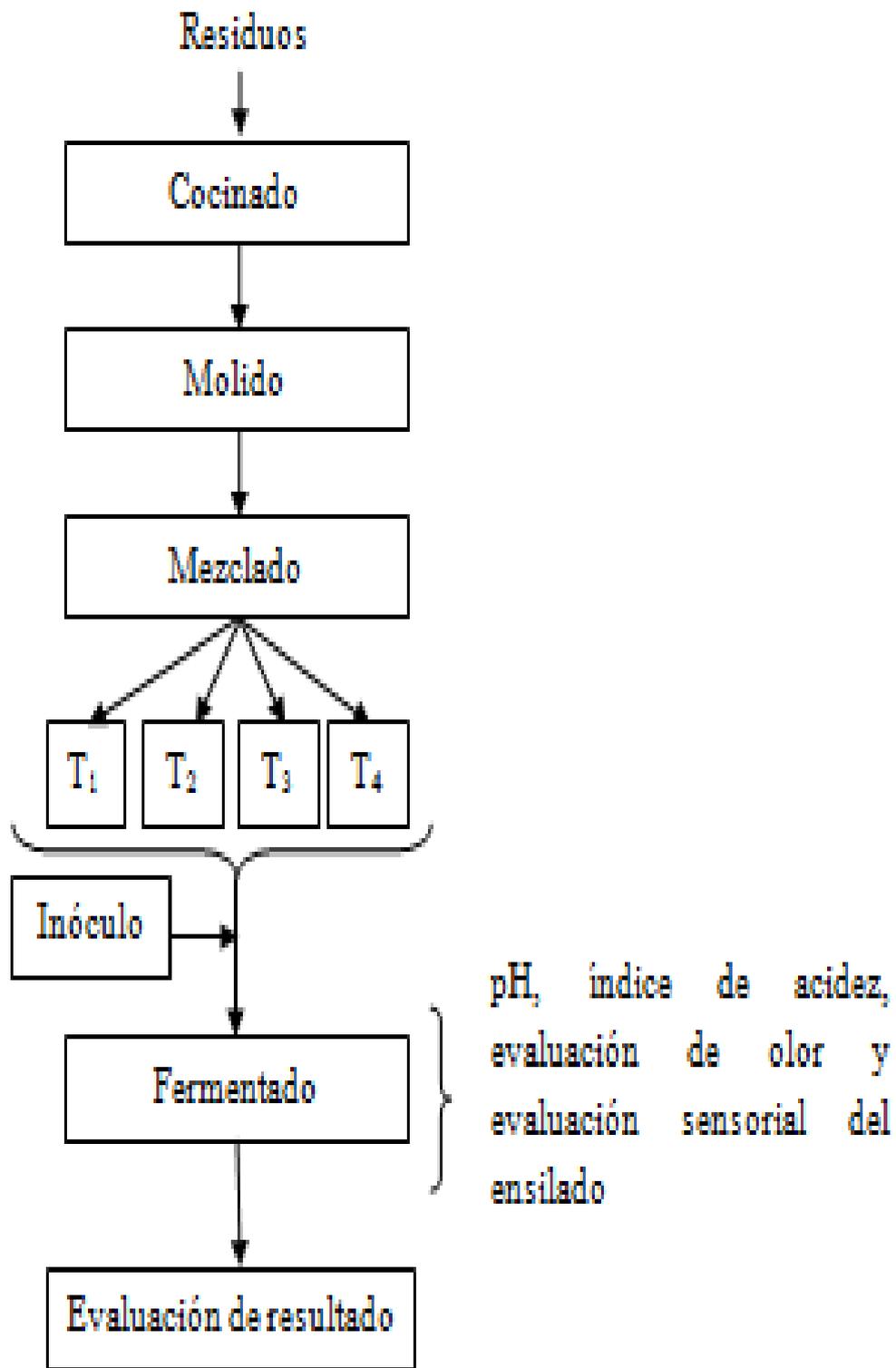


Figura 9. Diagrama de flujo experimental del primer ensayo para elaborar ensilado biológico de residuos de paiche.

3.4.2 Determinación del porcentaje de residuos de paiche y B-Lac

El ensayo experimental tuvo como objetivo determinar la cantidad de residuos de paiche y el porcentaje del consorcio B-Lac para alcanzar el pH óptimo del ensilado (4.20), en el menor tiempo de fermentación. Para ello, se trabajó con la mejor fuente de carbohidratos de los tratamientos del primer experimento. La fermentación fue por 72 horas, según reporte de Berenz (1997) y Martínez (2003). Durante la fermentación se determinó el valor pH, índice de acidez, evaluación de olor y evaluación sensorial de los tratamientos. Los tratamientos del segundo ensayo fueron:

T₅: Mejor fuente de carbohidratos del primer ensayo con 5% B-Lac y 80 % de residuos

T₆: Mejor fuente de carbohidratos del primer ensayo con 10% B-Lac y 75 % de residuos

T₇: Mejor fuente de carbohidratos del primer ensayo con 15% B-Lac y 70 % de residuos

La Figura 10 muestra el procedimiento seguido en el segundo ensayo.

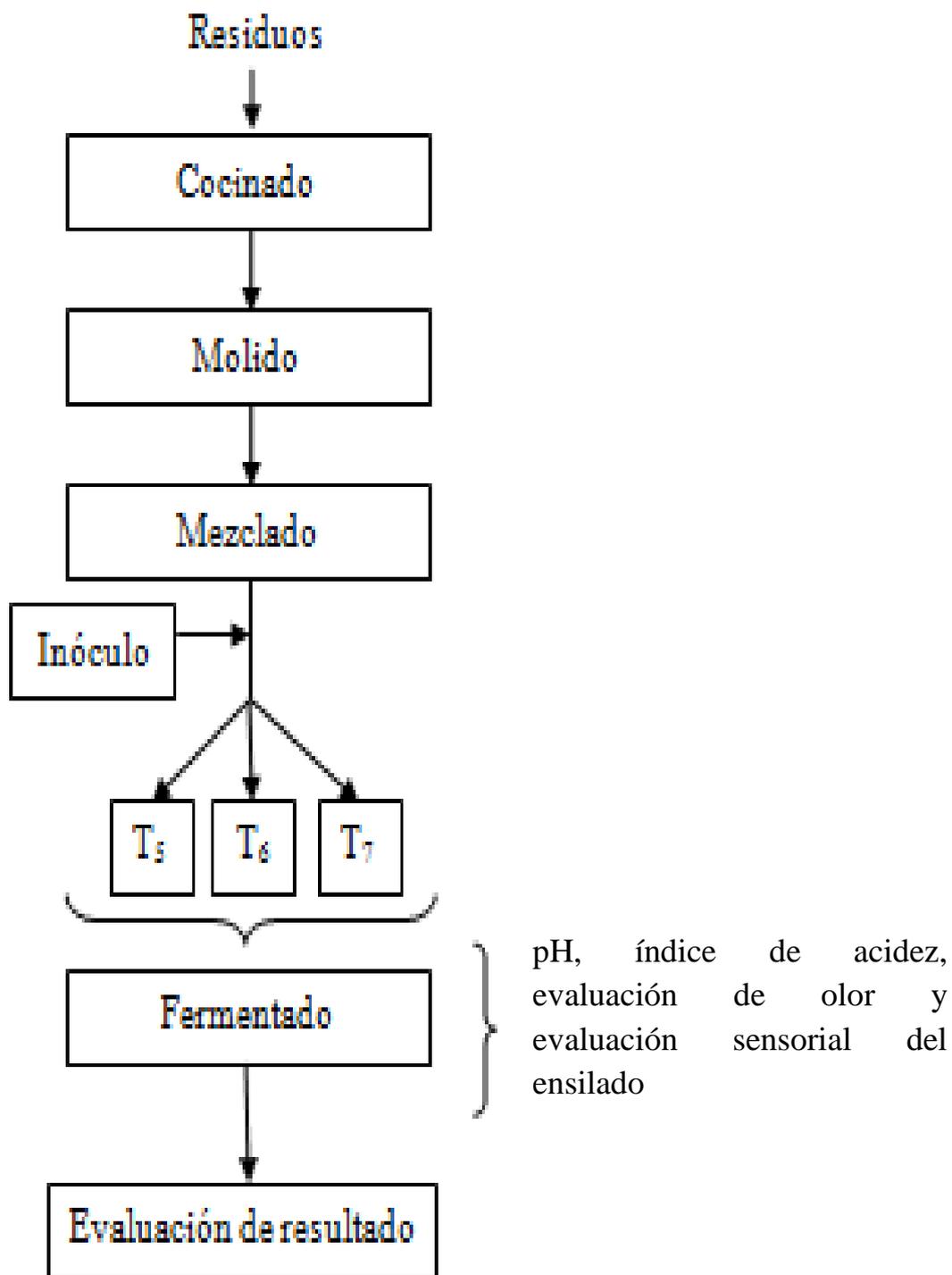


Figura 10. Diagrama de flujo experimental del segundo ensayo para elaborar el ensilado biológico de residuos de paiche.

3.4.3 Determinación de la temperatura de fermentación

El ensayo experimental tuvo por objetivo determinar la temperatura más adecuada para alcanzar el pH óptimo del ensilado (4.2), en el menor tiempo de fermentación. Para ello, se trabajó con el mejor tratamiento del segundo ensayo experimental. Los indicadores de evaluación fueron temperatura de fermentación (°C), pH, índice de acidez, evaluación de olor y evaluación sensorial del ensilado elaborado. Los tratamientos del tercer ensayo experimental fueron los siguientes:

T₈: Mejor tratamiento del segundo ensayo incubado a temperatura ambiente (20 °C)

T₉: Mejor tratamiento del segundo ensayo incubado a 30 °C

T₁₀: Mejor tratamiento del segundo ensayo incubado a 40 °C

La Figura 11 muestra el procedimiento seguido en el tercer ensayo.

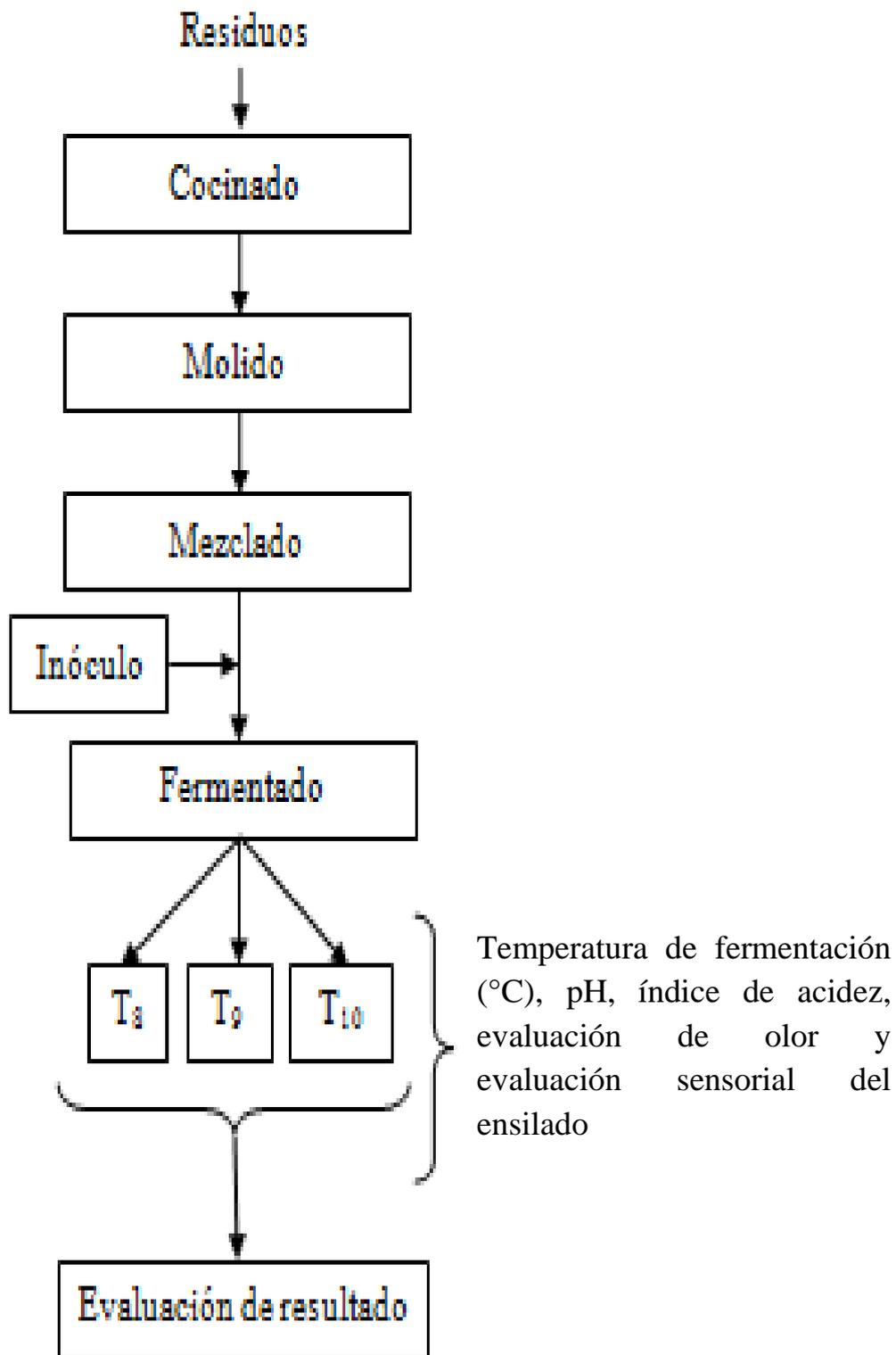


Figura 11. Diagrama de flujo experimental del tercer ensayo para elaborar ensilado biológico de residuos de paiche

3.5 MÉTODOS ANALÍTICOS

3.5.1 Análisis sensorial

- Materia prima e insumos

Los residuos de paiche fueron evaluados sensorialmente según las características de olor, color, textura y apariencia general de acuerdo a la Tabla de evaluación sensorial (Anexo 1) propuesto por Alcántara *et al.* (2006). Para la evaluación del plátano maduro se utilizó lo propuesto por Ramírez *et al.* (2010) (Anexo 2).

- Producto final

El ensilado de residuos de paiche fue evaluado sensorialmente utilizando la referencia propuesta por Bertullo (1994) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Índice de evaluación sensorial de la maduración de los ensilados biológicos

| Atributo | Bueno | Regular | Inaceptable |
|--------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------|
| Olor | Ácido suave | Picante penetrante | Pútrido rechazable |
| Color | Amarronado o grisáceo claro | Amarronado o grisáceo claro-oscuro | Gris oscuro negruzco |
| Consistencia | Líquido | Líquido pastoso o licuado | Pastoso |

La determinación del valor pH se realizó según método NTP-ISO 2917-2005.

3.5.2 Análisis químico proximal del producto final

Realizado en el ensilado de residuos de paiche, utilizando los siguientes métodos:

- Humedad: Por el método de evaporación por estufa (AOAC 925.23, 1990)
- Grasa total: Por el método de Soxhlet (AOAC 948.15, 1990)

- Proteína bruta: Por el método de Microkjeldahl (AOAC 977.02 1990)
- Ceniza: Por el método de ignición (AOAC 942.05, 1990)
- Fibra Cruda, por el método de digestión (AOAC 930.10, 1990)

3.5.3 Acidez titulable total del producto final

- Método volumétrico con un factor de conversión de 0.09 que corresponde a la acidez de la leche según García (2008)

3.5.4 Análisis microbiológico del producto final

- Recuento de Lactobacilos (UFC/ml), según método ICMSF (2000)
- Recuento de aerobios mesófilos viables, según método ICMSF (2000)

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar los mejores tratamientos de los ensayos experimentales se utilizaron los resultados del valor pH, el índice de acidez y el tiempo de fermentación. Dichos resultados fueron sometidos al Análisis de Varianza ($p > 0.05$) para un diseño completamente al azar (DCA). Para determinar diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey según modelo de Fisher. Los cálculos se encuentran en los Anexos 4, 5 y 6. El procesamiento de datos se hizo con ayuda del programa estadístico Infostat.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS SENSORIAL DE RESIDUOS Y PLÁTANO

Según los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de los residuos de paiche utilizados en los ensayos experimentales (cabeza, agallas, vísceras, espinazo, piel y aletas) (Figura 12), utilizando la Tabla propuesta por Alcántara *et al.* (2006) (Anexo 1), la materia prima fue calificada como muy bueno. Las unidades de paiche presentaron en promedio 1.1 m de longitud total y 11 Kg de peso; según García (2010), corresponderían a ejemplares de paiche de un año de edad, aproximadamente.

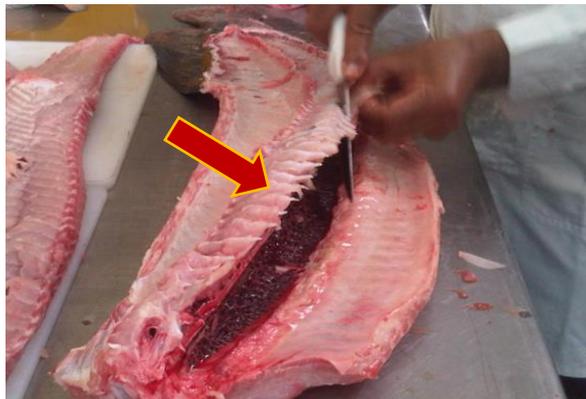


Figura 12. Residuos de paiche

En promedio, la parte comestible del paiche fue 51.3%, los residuos o remanentes de paiche fueron 48.8% distribuidos en cabeza y agallas (9.9%), vísceras (6.8%), piel con escamas (20.8%) y espinazo (11.2%). Los porcentajes de la parte comestible y residuos del paiche encontrados en los ensayos experimentales fueron similares a los reportados en el Compendio Tecnológico Pesquero IMARPE/ITP (1996) (51.7% y 48.3%, respectivamente).

El plátano (Figura 13) utilizado se encontró en estado maduro, según los resultados de la evaluación sensorial realizada utilizando la Tabla propuesta por Ramírez *et al.* (2010) (Anexo 2). Ruijter *et al.* (1997) menciona que dicho fruto es considerado rico en carbohidratos.



Figura 13. Plátano maduro (*Musa sp.*)

Se consideró al plátano maduro (*Musa sp.*) como fuente alterna a la melaza de caña de azúcar, fuente de carbohidrato tradicional; ya que existe en la zona próxima al cultivo de paiche. En la condición de maduro esta fruta se descarta y podría generar un valor comercial a los productores de plátano.

4.2 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PLÁTANO COMO FUENTE DE CARBOHIDRATO

Para determinar el porcentaje de plátano maduro como fuente de carbohidratos, más adecuado para elaborar ensilado de residuos de paiche, se utilizaron cuatro mezclas de insumos tomando como referencia inicial la mezcla de insumos reportada por Peña (2008).

Las mezclas de insumos utilizadas para elaborar el ensilado de residuos de paiche, se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Mezclas utilizadas en el proceso de ensilado de residuos de paiche

| Insumo | T ₁ | T ₂ | T ₃ | T ₄ |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Residuos de paiche (%) | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 |
| Consortio B-Lac (%) | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| Melaza de caña (%) | 15.0 | 11.3 | 7.5 | 3.8 |
| Plátano maduro (%) | 0.0 | 3.8 | 7.5 | 11.3 |
| TOTAL | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

Los resultados de la evaluación sensorial realizados en los cuatro tratamientos elaborados indicaron que los tratamientos T₁, T₂ y T₃, presentaron olor ácido suave, similar a los productos fermentados ácidos descritos por Bertullo (1994).

La consistencia del tratamiento T₃ fue líquido pastoso en comparación con el tratamiento T₂ que presentó consistencia no tan líquida. Según Bertullo (1994), la consistencia líquido pastoso corresponde a un ensilado de buena calidad; por ello sensorialmente el tratamiento T₃ fue el más adecuado.

El tratamiento T₄ presentó olor a pútrido al término del proceso de fermentación que fue de 72 horas, siendo por ello descartado; es posible que las bacterias lácticas del consorcio B-Lac no se hayan adaptado a las cantidades de plátano (11.3%) y melaza de caña (3.8%) como fuentes de carbohidratos, ocasionando el crecimiento de bacterias putrefactivas. El bajo pH, según Jiménez *et al.* (2000), podría ser atribuida a la

transformación del ácido láctico en ácido butírico, pues menciona que ello se presenta en la putrefacción.

Los valores de pH de los cuatro tratamientos durante los tres días de fermentación a 40°C se muestran en el Cuadro 10 y Figura 14.

Cuadro 10. Valores pH de los tratamientos con diferentes concentraciones de plátano y melaza de caña en el ensilado de paiche a 40°C.

| Tratamientos | Día 0 | Día 1 | Día 2 | Día 3 |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| T₁ | 5.8 | 4.4 | 4.1 | 4.0 |
| T₂ | 5.7 | 4.2 | 4.0 | 3.7 |
| T₃ | 6.1 | 4.1 | 3.9 | 3.7 |
| T₄ | 6.0 | 4.0 | 3.5 | 3.5 |

La Cuadro 10 permite observar que el valor pH de los tratamientos T₃ y T₄ presentó una mayor rapidez en el descenso desde el día cero, en comparación a los valores pH de los tratamientos T₁ y T₂. Sin embargo, el tratamiento T₃ presentó un olor ácido más suave en comparación con los demás tratamientos. Según Martínez (2003), el valor pH adecuado para el ensilado es cercano o menor a 4.5, dichos valor se presentó en todos los tratamientos ensayados.

En la Figura 14 se observó que el comportamiento de los valores pH de los tratamientos T₁, T₂ y T₃ son muy similares. El tratamiento T₂ presentó fuerte variación del valor pH durante los días 0 y 1; esto puede atribuirse, según lo mencionado por Alejos (2013), al efecto de la proteólisis que permite que el medio se acidifique ocasionando la reducción de los azúcares y la acumulación de ácido láctico.

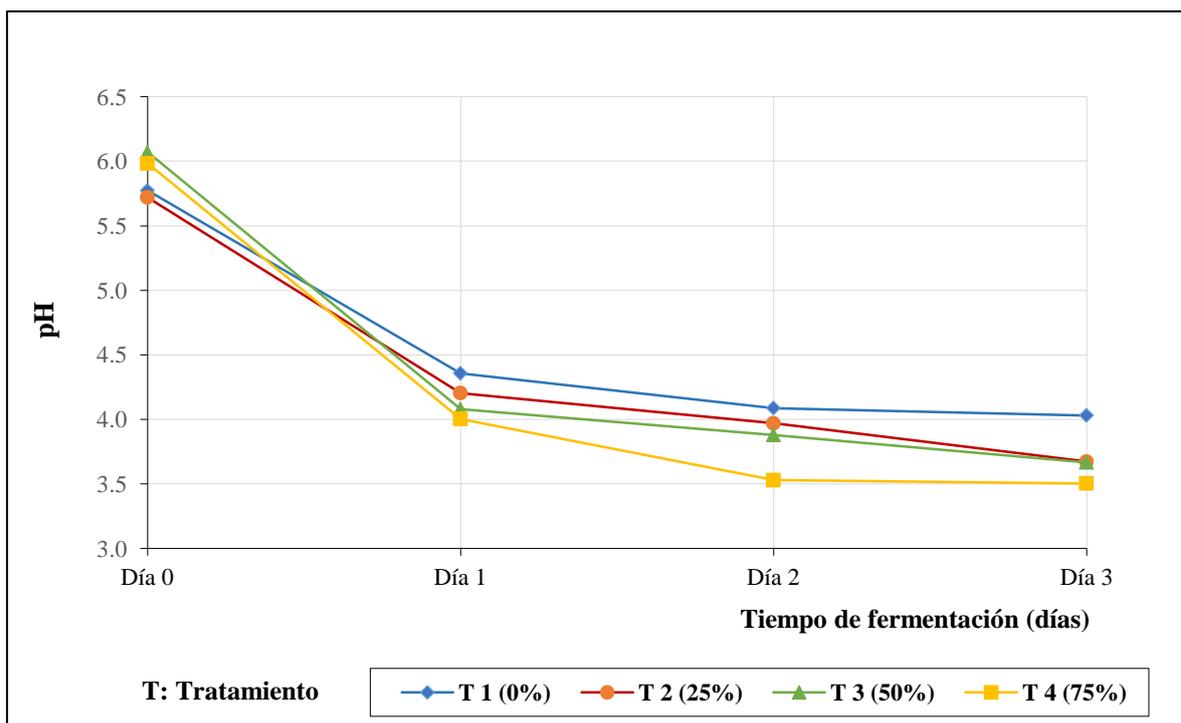


Figura 14. Variación de pH a diferentes concentraciones de plátano maduro y melaza de caña, durante el proceso de ensilado a 40°C

La cantidad de melaza en los tratamientos ensayados varió de 0 a 15.0%; por los resultados obtenidos se pudo confirmar que el B-Lac se adapta muy bien a la melaza de caña y en forma parcial al plátano, como fuente de carbohidrato. El 15.0% del consorcio B-Lac impidió el crecimiento de bacterias putrefactivas en las mezclas que tenían hasta un 50.0% de plátano, sin embargo, en el tratamiento T₄ presentó alteraciones de putrefacción debido a que la cantidad de B-Lac (15.0%) no fue la apropiada para la concentración de plátano de dicho tratamiento.

La disminución del valor pH de los cuatro tratamientos fue comprobada mediante el índice de acidez titulable. Los resultados se muestran en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Índice de acidez (%) a diferentes concentraciones de plátano y melaza de caña, durante el proceso de ensilado de residuos de paiche a 40 °C

| Tratamientos | Día 0 | Día 1 | Día 2 | Día 3 |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| T₁ | 1.0 | 2.7 | 4.2 | 5.0 |
| T₂ | 0.9 | 2.9 | 4.1 | 4.2 |
| T₃ | 1.0 | 3.0 | 3.8 | 4.8 |
| T₄ | 1.0 | 3.1 | 3.7 | 6.1 |

Peña (2008) reporta que la utilización de 10.0% de melaza de caña, 15.0% de B-Lac y 75.0% de hidrolizado de residuos de pota fue la mezcla apropiada para la fermentación y elaboración del fertilizante orgánico líquido a 40 °C por cuatro días con un valor pH final de 4.30.

La variación del valor pH y la acidez titulable de los diferentes tratamientos estudiados, durante el proceso de ensilado a 40°C, se muestra en la Figura 14.

La Figura 15 muestra la variación de pH y la acidez titulable de los cuatro tratamientos ensayados donde se pudo observar una relación inversa entre el valor pH y el índice de acidez. La acidez del tratamiento T₃ fue la más aceptable y se incrementó hasta 4.8, dicho valor corresponde a un valor pH de 3.7, valores considerados apropiados para el ensilado, según lo mencionado por Martínez (2003).

Según la prueba ANVA, se encontró que a un nivel de significación de 0.05 existe evidencia estadística para afirmar que hay diferencia significativa entre los tratamientos. Comparando los tratamientos entre ellos, resultó que los tratamientos T₂ y T₃ alcanzaron mejores resultados en la variación de pH a diferentes concentraciones de plátano durante el ensilado a 40°C. Sin embargo, el tratamiento T₃ fue considerado más apropiado por la mejor característica sensorial encontrada.

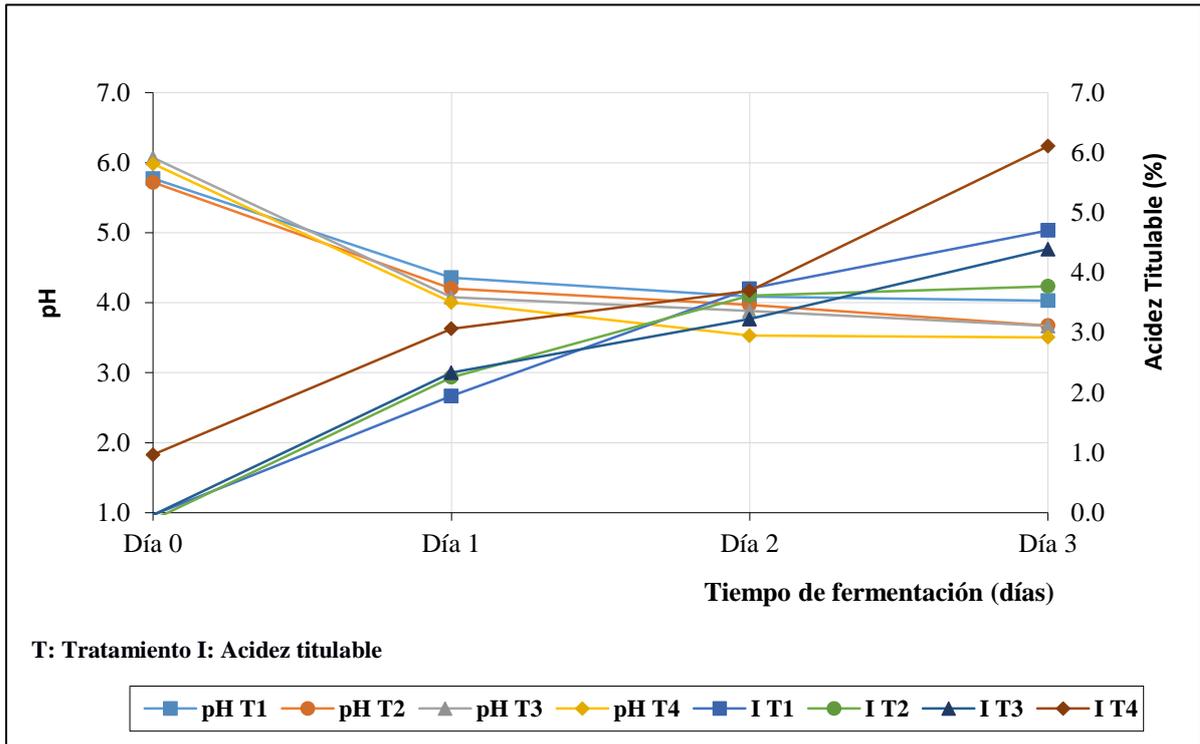


Figura 15. Variación de pH y acidez del ensilado de paiche a diferentes concentraciones de plátano y melaza de caña 40°C

4.3 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RESIDUOS DE PAICHE Y B-LAC EN LA FERMENTACIÓN

Definido el porcentaje de plátano maduro como fuente de carbohidrato, las mezclas utilizadas para la determinación del porcentaje de residuos de paiche y del consorcio B-Lac en el ensilado, se muestran en el Cuadro 12.

La molienda de los residuos del paiche y el mezclado se muestran en las Figuras 16 y 17.



Figura 16. Molienda de residuos cocidos



Figura 17. Mezclado de los residuos con la fuente de carbohidrato e inóculo

Cuadro 12. Mezclas con diferentes porcentajes de residuos de paiche y B-Lac, utilizadas en el proceso de ensilado a 40 °C

| Insumo | T₅ | T₆ | T₇ |
|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Residuos de paiche (%) | 80.0 | 75.0 | 70.0 |
| Consortio B-Lac (%) | 5.0 | 10.0 | 15.0 |
| Melaza de caña (%) | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| Plátano maduro (%) | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| TOTAL | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

Los resultados de la evaluación sensorial realizados en el tratamiento T₅ indicaron olor a pútrido, a las 72 horas de fermentación, a diferencia de los tratamientos T₆ y T₇ en el que se percibió olor ácido suave similar a los productos fermentados ácidos. Dicho olor a pútrido se debe a que la concentración, plátano + melaza, en el tratamiento T₅ no se encuentra en la proporción adecuada con respecto al consorcio de B-Lac y los residuos de paiche, transformándose el ácido láctico en ácido butírico y presentando así la putrefacción, según lo mencionado por Jiménez *et al.* (2000). Por otro lado, la consistencia del tratamiento T₇ fue líquida con mínima presencia de restos sólidos, en comparación de los otros dos tratamientos; esta característica corresponde a un ensilado adecuado por lo que sensorialmente el tratamiento con 70.0% de remanentes de paiche y 15.0% del consorcio B-Lac fue el más adecuado.

Los resultados del valor pH de los tratamientos ensayados durante el tiempo de fermentación, se muestran en el Cuadro 13 y Figura 17.

En el Cuadro 13 se puede apreciar el valor pH del tratamiento T₇ desciende con mayor rapidez que en los tratamientos T₅ y T₆, alcanzando un pH de estabilización de 3.8 al tercer día de fermentación. Este descenso puede ser atribuido a que el 15.0% del consorcio B-Lac se adaptó mejor con 70.0% de residuos de paiche en comparación con los otros dos tratamientos que utilizaron más residuos de paiche (75.0% y 80.0%) y menos cantidad de B-Lac (5.0% y 10.0%). El estado putrefactivo del tratamiento T₅, se debería al elevado porcentaje de residuos de paiche y al poco B-Lac utilizado, es de

suponer que el crecimiento de los lactobacilos del B-Lac fue menor al crecimiento de bacterias putrefactivas que generaron los cambios negativos en el ensilado.

Cuadro 13. Valor pH a diferentes concentraciones de B- Lac y restos de paiche, durante el proceso de ensilado a 40 °C

| Tratamientos | B - Lac | Día 0 | Día 1 | Día 2 | Día 3 |
|----------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| T₅ | 5% | 5.0 | 4.1 | 4.0 | 4.2 |
| T₆ | 10% | 4.8 | 3.9 | 3.9 | 4.1 |
| T₇ | 15% | 4.7 | 3.9 | 3.9 | 3.8 |

El descenso del valor pH al tercer día de fermentación del tratamiento T₇ hasta 3.8, se puede justificar según lo reportado por De la Roza (2005), quien menciona que por efecto de las enzimas proteolíticas de las bacterias lácticas se consumen los azúcares solubles presentes acidificando así el medio por la producción de ácido láctico, las cuales hacen que inhiban el desarrollo de las bacterias putrefactivas y entren en una etapa de estabilidad fermentativa.

En la Figura 18 se puede observar que durante los primeros dos días de fermentación los tratamientos T₆ y T₇ presentaron el mismo descenso en el valor pH, respecto al tratamiento T₅; sin embargo, en el día 3 hubo un aumento progresivo en el valor pH en los tratamientos T₅ y T₆. Este incremento del valor pH puede favorecer el crecimiento de bacterias putrefactivas y alterar el ensilado. El aumento progresivo de pH en el día 3 en los tratamientos T₅ y T₆, según Elferink (2000), se debe a que luego de alcanzar el pH de estabilización de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje se comienzan a degradar, por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético; si no están en proporción adecuada con respecto a la fuente de carbono y los residuos de paiche, comenzando así la acidificación por parte del ácido butírico aumentando la temperatura y el pH que hacen que deterioren el ensilaje, según lo mencionado por Jiménez *et al.* (2000).

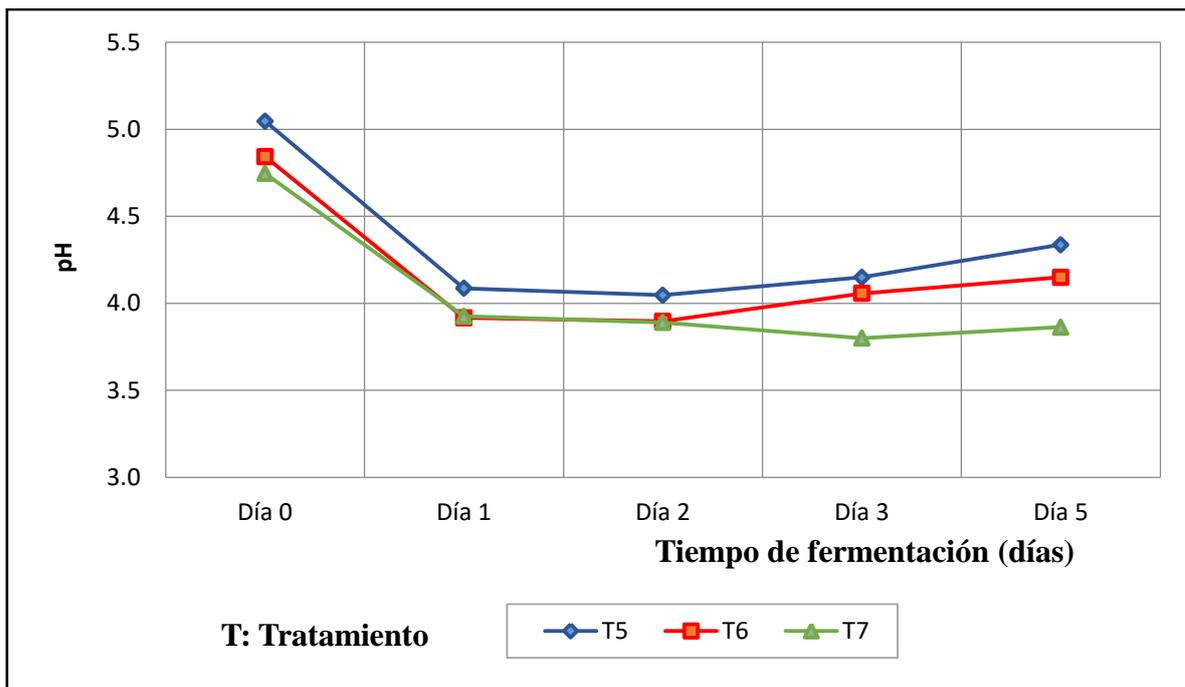


Figura 18. Variación del valor pH a diferentes concentraciones de B-Lac y restos de paiche durante el proceso de ensilado a 40°C

La cantidad de ácido láctico generado por las bacterias lácticas del consorcio B-Lac en los tratamientos T₅, T₆ y T₇ se evaluó mediante el índice de acidez titulable, las cuales se observa en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Índice de acidez titulable (%) a distintas concentraciones de B – Lac y residuos de paiche, durante el proceso de ensilado a 40°C

| Tratamientos | Día 0 | Día 1 | Día 2 | Día 3 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|
| T ₅ | 2.9 | 5.2 | 5.4 | 6.7 |
| T ₆ | 2.1 | 3.9 | 5.4 | 5.6 |
| T ₇ | 1.7 | 3.1 | 3.4 | 3.9 |

La Figura 19 muestra la variación del valor pH y la acidez titulable de los tratamientos durante el proceso de fermentación. En ella se puede apreciar que el tratamiento T₇ presentó un pH de 3.8, valor que coincide con lo reportado por Peña (2008) quien trabajó con remanentes de pota y reportó que el pH de estabilidad para ese ensilado fue menor a 4.5; es de suponer que el ensilado elaborado con la variable T₇ presente mayor estabilidad en comparación con las otras variables. Asimismo, el índice de acidez

titulable con el tratamiento T₇ presentó valores muy cercanos al óptimo de fermentación, la cual es similar a lo citado por Alpízar (2014) quien reportó que el índice de acidez titulable óptimo es de 3.2%

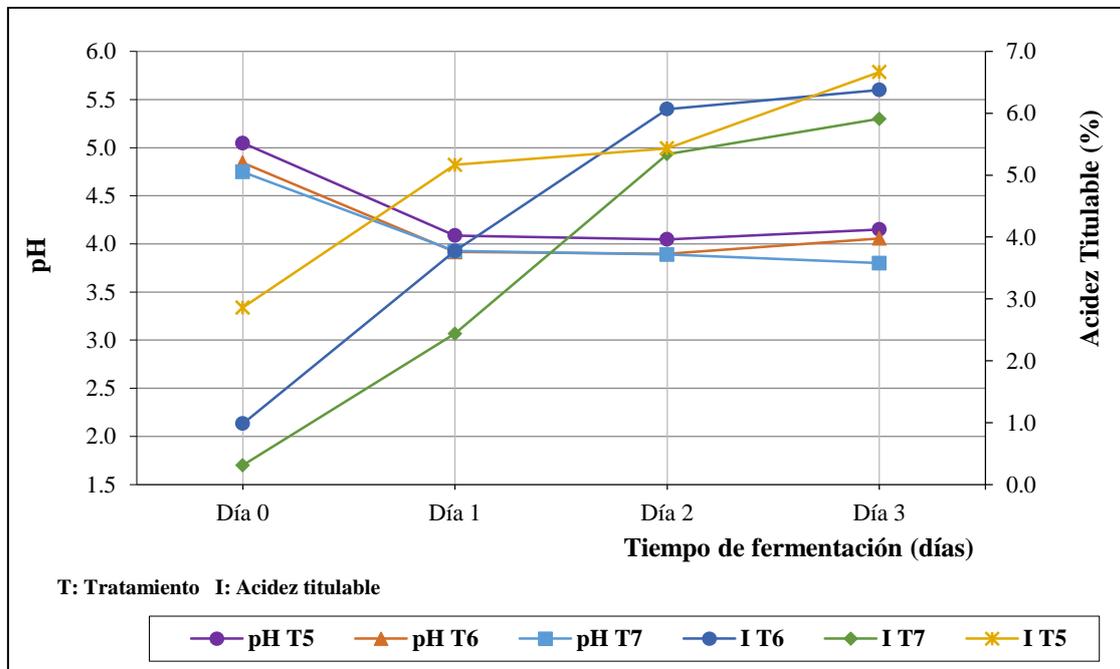


Figura 19. Variación de pH y acidez titulable a diferentes concentraciones de B – Lac y residuos de paiche, durante el ensilado a 40°C

Los resultados de la prueba ANVA, que se muestra en el Anexo 5, indicaron que no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos T₆ y T₇ con un nivel de significación de 0.05. Sin embargo, se eligió el tratamiento T₇ debido a que presenta una mayor estabilidad en comparación con los tratamientos T₅ y T₆, y posee una consistencia líquida característica de un ensilado de buena calidad, según Bertullo (1994).

4.4 DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE FERMENTACIÓN

Definido el porcentaje de plátano maduro, la cantidad de residuos de paiche y la cantidad de B-Lac utilizados en el proceso de ensilado, se realizó el ensayo para determinar la temperatura adecuada de fermentación. La mezcla utilizada se muestra en la Cuadro 18.

Los resultados del valor pH de los tratamientos ensayados a diferentes temperaturas de fermentación, se muestran en el Cuadro 15 y Figura 20.

Cuadro 15. Mezclas utilizadas para determinar la temperatura adecuada de fermentación para elaborar ensilado de residuos de paiche

| Insumo | T₈ | T₉ | T₁₀ |
|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Residuos paiche (%) | 70.0 | 70.0 | 70.0 |
| Consorcio B – Lac (%) | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| Melaza de caña (%) | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| Plátano maduro (%) | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| Temperatura (°C) | 20.0 | 30.0 | 40.0 |

Los resultados de la evaluación sensorial realizados en los tratamientos T₈, T₉ y T₁₀ indicaron que en el tratamiento T₁₀ se percibió olor ácido suave similar a los productos fermentados ácidos, a las 72 h de fermentación, a diferencia de los tratamientos T₈ y T₉. Por otro lado, el tratamiento T₁₀ presentó una consistencia líquida con mínima presencia de restos sólidos y color marrón característico en comparación de los otros dos tratamientos; esta característica de color corresponde a un ensilado adecuado por lo que sensorialmente el tratamiento T₁₀ fue el más adecuado.

Cuadro 16. Valor pH del ensilado de residuos de paiche a diferentes temperaturas de fermentación

| Tratamientos | T (°C) | Día 0 | Día 1 | Día 2 | Día 3 |
|-----------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| T₈ | Ambiente (20°C) | 6.1 | 4.5 | 4.6 | 4.1 |
| T₉ | 30 °C | 5.1 | 5.1 | 4.4 | 4.3 |
| T₁₀ | 40 °C | 4.7 | 3.9 | 3.9 | 3.8 |

En el Cuadro 16 y Figura 20 se puede apreciar que el valor pH del tratamiento T₁₀ desciende con mayor rapidez en comparación con los tratamientos T₈ y T₉, alcanzando su menor valor a las 72 horas de fermentación (3.8).

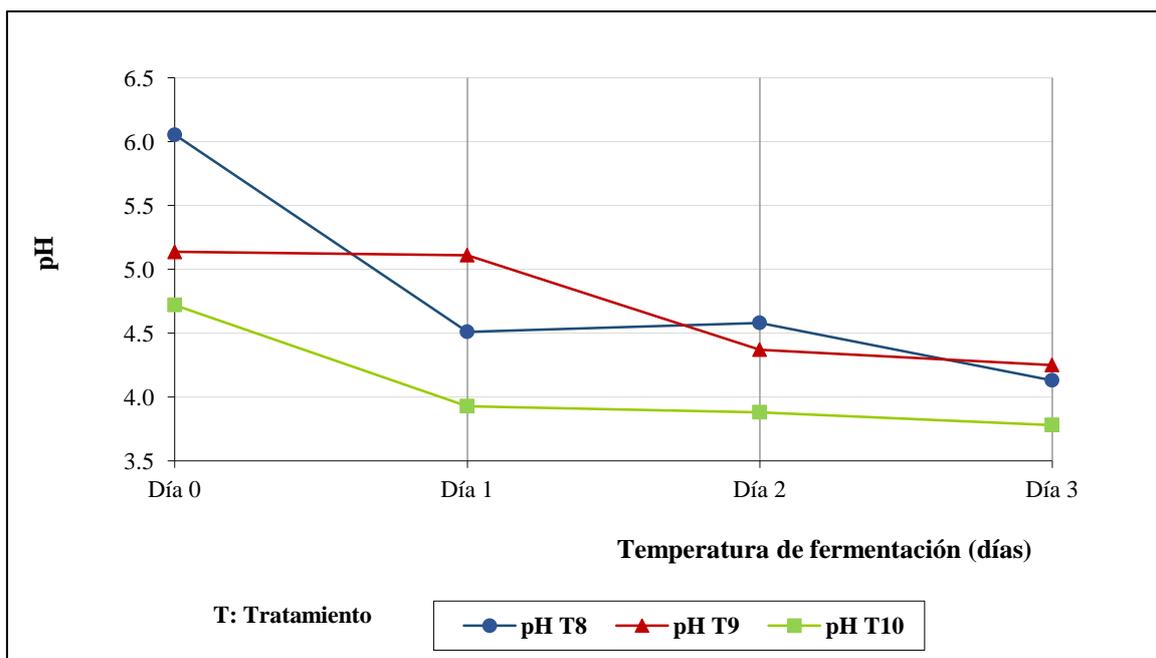


Figura 20. Variación del valor pH del ensilado de residuos de paiche a diferentes temperaturas de fermentación.

Este descenso del valor pH puede ser atribuido a que las temperaturas de incubación mayores a 30 °C permiten una rápida fermentación en los remanentes del paiche, por efecto del crecimiento de los lactobacilos del B-Lac. Al respecto, Martínez (2003) y Mattos *et al.* (2003) afirman que cuando la temperatura de fermentación es mayor a 30°C permite la aceleración de los procesos proteolíticos y fermentativos, lo que no sucede en tratamientos expuestos a temperaturas de menores a 30°C donde la fermentación es más lenta.

La cantidad de ácido láctico generado por las bacterias lácticas del B-Lac en los tratamientos T₈, T₉ y T₁₀ se evaluó mediante el índice de acidez titulable, las cuales se observa en el Cuadro 17. La Figura 21 muestra la variación del valor pH y la acidez titulable de los tratamientos durante el proceso de fermentación a diferentes temperaturas.

En el Cuadro 17 y Figura 21 se aprecia que los tratamientos T₉ y T₁₀ alcanzaron valores de acidez cercanos al índice de acidez titulable óptimo que es de 3.2%, según lo citado por Alpizar (2014). Dichos valores guardan relación con el pH de fermentación de tal forma que a menor valor de pH de fermentación mayor es el valor de la acidez titulable.

Sin embargo, se eligió el tratamiento T₁₀ debido a que alcanzó el pH óptimo de fermentación en menos tiempo que los tratamientos T₈ y T₉.

Cuadro 17. Índice de acidez titulable (%) del ensilado de residuos de paiche a diferentes temperaturas de fermentación

| Tratamientos | T (°C) | Día 0 | Día 1 | Día 2 | Día 3 |
|-----------------|----------|-------|-------|-------|-------|
| T ₈ | Ambiente | 0.7 | 1.2 | 1.4 | 1.9 |
| T ₉ | 30°C | 1.0 | 2.3 | 2.7 | 3.1 |
| T ₁₀ | 40°C | 1.9 | 3.1 | 3.5 | 4.1 |

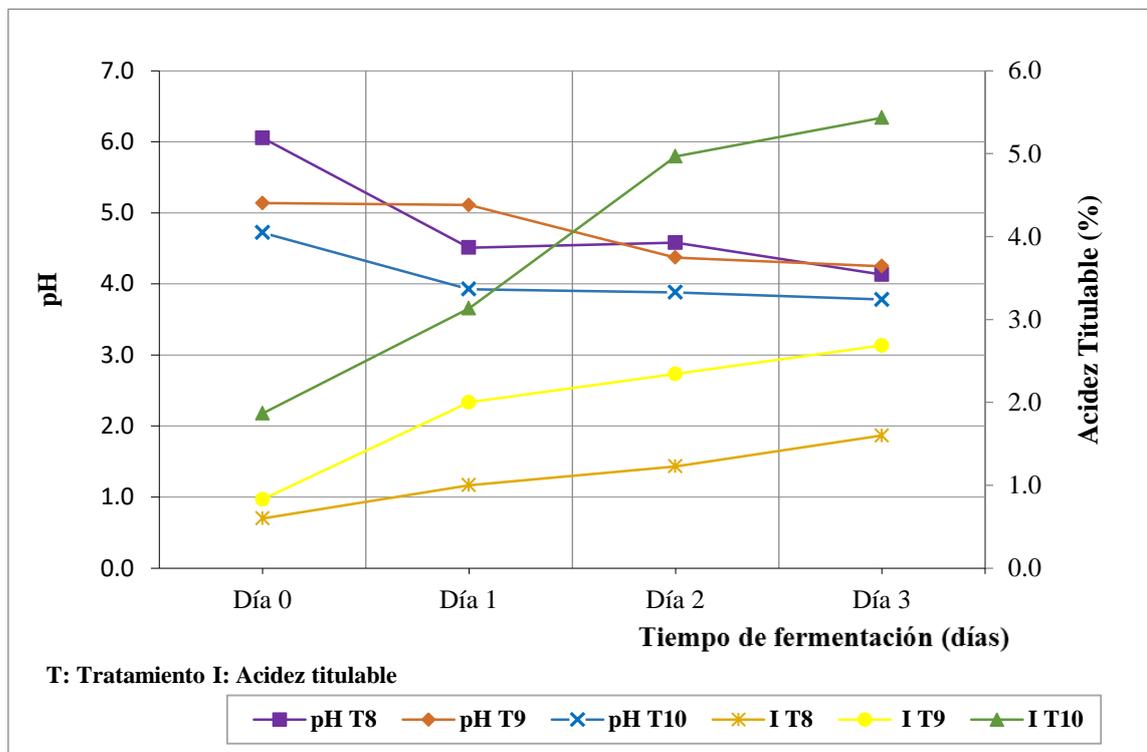


Figura 21. Índice de acidez titulable del ensilado de residuos de paiche a diferentes temperaturas de fermentación

Los resultados de la prueba ANVA, mostrada en el Anexo 6, mostraron que no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos T₈, T₉ y T₁₀ con un nivel de significación de 0.05. Sin embargo, se eligió el tratamiento T₁₀ debido a que presentaba

una consistencia marrón similar a los ensilados de buena calidad en comparación con los tratamientos T₈ y T₉.

4.5 ANÁLISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO FINAL

El ensilado biológico de residuos de paiche obtenido (Figura 22), de acuerdo a la formulación seleccionada, presentó un olor ácido suave, color marrón y consistencia líquida, características que se asemeja a lo citado por Bertullo (1994), para productos fermentados de buena calidad.

La evaluación sensorial después de 7 días de almacenamiento en condiciones ambientales reportó similares características al producto recién obtenido, cabe destacar el olor ácido suave presentado, es característico de los productos fermentados, según Bertullo (1994).

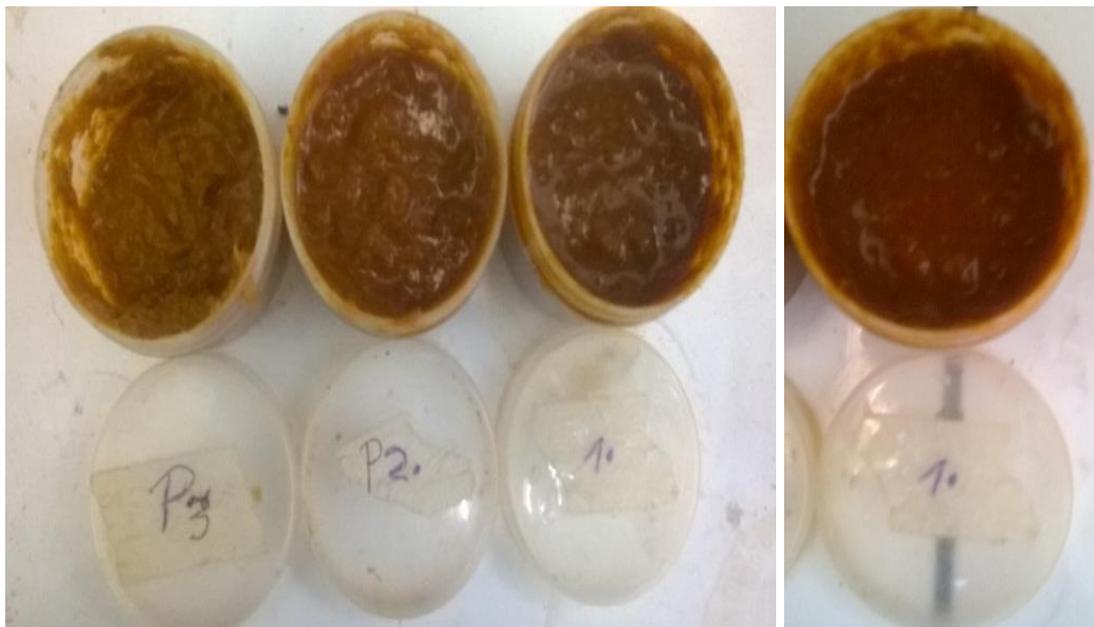


Figura 22. Ensilado biológico de residuos de paiche.

4.6 COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DEL PRODUCTO FINAL

El cuadro 18 muestra los resultados de la composición química proximal (%) del ensilado biológico obtenido.

El porcentaje de humedad del ensilado de residuos de paiche (66.3%) fue similar al ensilado biológico de tilapia y espadín, según reportes de Spanopoulos, *et al.* (2010) y Windsor y Barlow (1981). El contenido de proteínas (10.8%) fue muy similar al ensilado de tilapia y el contenido de grasa (5.7%) fue similar al ensilado de arenque, bujurqui y mojara, reportados por Windsor y Barlow (1981) y Padilla, *et al.* (2000).

Cuadro 18. Composición química proximal del ensilado biológico de residuos de paiche.

| Ensayo | Resultado |
|----------------------------------|------------------|
| Humedad (%) | 66.3 |
| Proteína Bruta (%) (Factor 6.25) | 10.8 |
| Grasa Total (%) | 5.7 |
| Ceniza (%) | 6.1 |
| Carbohidratos (%) | 11.1 |
| Fibra Cruda (%) | 0.0 |
| Energía Total (Kcal) | 138.9 |
| pH | 3.8 |
| Índice de Acidez Titulable (%) | 4.1 |

Por los resultados encontrados, el ensilado biológico de residuos de paiche, puede ser destinado como insumo para la alimentación de ganado vacuno y avícola, de acuerdo con lo citado por García (2008) y la FAO (Anexo 3). Sin embargo, se debe tener en cuenta que a pesar de que el ensilado biológico de paiche posee un porcentaje de proteínas y grasa similares a lo que se requiere nutricionalmente para el ganado vacuno y avícola, sus componentes no se encuentran nutricionalmente balanceados por lo que debe combinarse con otros insumos que aporten nutrientes para obtener un alimento balanceado completo.

4.7 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO FINAL

Los resultados de los ensayos microbiológicos se muestran en la Cuadro 19. En ella se puede apreciar que los *Lactobacillus* son los microorganismos que se encuentran en mayor cantidad en el ensilado biológico de residuos de paiche. El predominio de las

bacterias lácticas y la ausencia de microorganismos patógenos se deben a la digestión anaerobia producida durante el proceso de fermentación, facilitando así la actividad de descarboxilación de proteínas hasta aminoácidos haciendo que se acidifique el medio mediante la producción de ácido láctico y los ácidos producidos, según lo citado por Garcés *et al.* (2011).

Cuadro 19. Análisis microbiológico del ensilado de paiche

| Ensayo | Resultado |
|-------------------------------------------------------|--------------------|
| N. Anaerobios mesófilos formadores de esporas (UFC/g) | <10 |
| N. Lactobacillus sp. (UFC/g) | 96x10 ⁵ |

Los resultados de la Cuadro 19 muestran que el ensilado biológico de residuos de paiche obtenido cumplió con los criterios microbiológicos de alimento inocuo, que puede ser utilizado para alimentación animal. También confirmó las condiciones higiénicas de los procesos de elaboración

4.8 RENDIMIENTO DEL PROCESO

Los rendimientos del proceso realizado se pueden observar en la Cuadro 20.

Cuadro 20. Rendimientos del ensilado biológico de residuos de paiche

| Parámetros | Promedio (Kg) | Rendimiento (%) |
|----------------------------|----------------------|------------------------|
| Residuos de paiche inicial | 38.5 | 100.0 |
| Residuos de paiche cocido | 33.9 | 88.0 |
| Residuos de paiche molido | 25.9 | 67.4 |
| Residuos de paiche molido | 25.9 | 70.0 |
| Melaza de caña de azúcar | 2.8 | 7.50 |
| Plátano maduro | 2.8 | 7.50 |
| Consorcio B-Lac | 5.6 | 15.0 |
| Ensilado de paiche final | 37.0 | 100.0 |

El porcentaje de residuos de paiche molido fue 67.4%, a partir de residuos crudos, dicho resultado al ser comparado con el rendimiento de los residuos cocidos presentó una merma de 20.7%, ello se debió a la pérdida de líquido en el proceso de molido de los residuos de paiche cocidos obtenidos.

De la Cuadro 20 se puede deducir que se pudo elaborar 37.0 kg de ensilado biológico de residuos de paiche a partir de 38.5 Kg de residuos frescos de paiche

Esta relación es muy útil, ya que permite calcular cuánto ensilado líquido se puede obtener a partir de una cantidad determinada de residuos de paiche frescos. Con dichos cálculos se puede formular e implementar una pequeña línea de producción del ensilado elaborado.

V. CONCLUSIONES

1. Los residuos (cabeza, agallas, vísceras, espinazo, piel y aletas) de paiche (*Arapaima gigas*), representan el 48.3% de su peso total y pueden ser utilizados para elaborar ensilado con características físico- químicas, microbiológicas y sensoriales similares a los productos fermentados de buena calidad destinados para consumo animal.
2. El flujo de procesamiento para elaborar ensilado de residuos de paiche fue: recepción refrigerado (0°C) → cocinado con agua a 100 °C por 20 min → molido → mezclado de insumos (residuos cocinados de paiche 70%, melaza de caña 7.5%, plátano maduro 7.50% y consorcio B-Lac 15%) → fermentado a 40°C durante 72 h → envasado y almacenado al medio ambiente.
3. El plátano maduro (7.5%) en mezcla con melaza de caña (7.5%), permitieron durante la fermentación de los residuos de paiche a 40°C, el descenso del valor pH hasta 3.7 en 72 horas.
4. El porcentaje del consorcio B-Lac que mejor se adaptó a la mezcla de residuos de paiche y mezcla de plátano maduro y melaza de caña fue al 15.0%.
5. El ensilado biológico de residuos de paiche presentó 11.1% de carbohidratos, 10.8% proteína y 138.9 kcal, valores similares a los que presentan los alimentos requeridos nutricionalmente para el ganado vacuno y avícola.
6. Los resultados microbiológicos del ensilado biológico de residuos de paiche cumplieron con los criterios microbiológicos de alimento inocuo, que puede ser utilizado para alimentación animal. También confirmó las condiciones higiénicas de los procesos de elaboración.
7. Se elaboró 37.0 kg de ensilado biológico de residuos de paiche a partir de 38.5 Kg de residuos frescos de paiche, y se obtuvo un rendimiento de 96.1%.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de formulación y evaluación de alimentos para consumo animal utilizando el ensilado biológico de residuos de paiche en mezcla con otros insumos que permita un alimento balanceado completo.
2. Evaluar la mezcla de malaza de caña con otras frutas maduras de descarte, como fuente de carbohidratos en el proceso de fermentación de los residuos de paiche, utilizando el consorcio B-Lac como fuente de bacterias lácticas
3. Realizar un estudio técnico económico sobre la posibilidad de utilizar el ensilado de residuos de paiche para alimentación animal

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alais, Ch. y Lacasa, A. 2003. Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. España. Editorial Reverté S.A. 2003(4): 267-302.
- Alcántara, F.; Aldea, M.; Ramírez, P.; Chávez, C.; Del Castillo, D. y Tello, S. 2006. Cultivo de paiche, *Arapaima gigas*, en estanques de productores. Iquitos - Perú. p.163 – 168.
- Alejos de la Fuente, J. 2013. Ensilaje de pencas de nopal tunero con excretas pecuarias. Tesis Dr. Ciencias. Texcoco, México. 110 p.
- Alpízar, A.; Camacho, M.; Sáenz, C.; Campos, M.; Arece, J. y Esperance, M. 2014. Efecto de la inclusión de diferentes niveles de morera (*Morus alba*) en la calidad nutricional de ensilajes de sorgo (*Sorghum almum*). Costa Rica. Pastos y Forrajes 37(1): 55-60.
- Arias, C y Toledo, J. 2000. Manual de manejo postcosecha de papaya, piña, mango y plátano. FAO. Foro Virtual (en línea). Consultado 10 noviembre 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>
- Belli, J. 2009. Estabilidad aeróbica y día óptimo de uso del ensilado biológico de pescado para la alimentación animal. Tesis para optar el título de médico veterinario zootecnista. Universidad Veracruzana. México. 92 p.
- Beltrán, D.; Velásquez, J. y Giraldo, G. 2010. Caracterización Físicoquímica de la Maduración del Plátano Dominicano – Hartón (*Musa AAB Simmonds*). Revista de Investigación de la Universidad de Quindío 20: 166-170.
- Berenz, Z. 1997. Utilización del ensilado de residuos de pescado en pollos. La Habana. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal 134: 15-28.

- Bertullo E. 1994. Desarrollo del ensilado de pescado en América Latina. 3ra. Consulta de Expertos sobre Tecnología de Productos Pesqueros en América Latina. Isla de Margarita. FI/RLAC/06. 18 p.
- Campos, L. 2001. Historia Biológica del Paiche o Pirarucú *Arapaima gigas*(Cuvier) y Bases para su Cultivo en la Amazonía. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Programa de Biodiversidad. Iquitos - Perú. 27 p.
- Cardoso, E. 2013. Evaluación y validación de la tecnología de producción de bioensilaje a partir de los residuos de cosecha de maíz para la alimentación de vacas productoras de leche en la serranía ecuatoriana. Tesis para la obtención del título de ingeniero zootecnista. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Ecuador. 111p.
- Cartes, P. 2005. Viabilidad de las cepas de *Lactobacillus casei shirota* y *Bifidobacterium lactis* en un postre de leche con salsa de Canberry. Tesis para optar el grado de licenciado en ciencia de los alimentos. Universidad Austral de Chile. Chile. 88 p.
- Cavieres, C. L. 2010. Determinación de la pérdida de calidad funcional, química, sensorial y microbiológica del Belly de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) durante su conservación en refrigeración. Tesis para optar el título en ingeniería de alimentos. Universidad de Chile. Santiago - Chile. 393 p.
- Chalacán, A. y Valencia, A. 1999. Ensilaje de residuos de cosecha de la zona de cultivos del cantón Espejo mediante el proceso biotecnológico. Editorial el Ángel. 62 p.
- Chang, M. 1993. Evaluación de tres niveles del ensilado de sardina en la alimentación artificial de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Tesis para optar el título en ingeniería pesquera. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú. 96 p.
- Chu-Koo, F. y Alcántara, F. 2009. Cultivo de paiche doméstico: Perspectivas económicas. Revista Pesca Responsable (57): 32-33.
- Collazos, C.; Robles, N.; Roca, A.; Alvistur, E.; Arias, M.; Adela, V.; Vásquez, J.; Viñas, E.; Hernández E.; Quiroz, A.; Urquieta, R.; Herrera, N.; Díaz, C.; White, P.;

- Bradfield, R.; White, H. y Hegsted, M. 1996. Tablas peruanas de composición de alimentos. Séptima edición. Ministerio de salud. 72 p.
- De la Roza, B. 2005. El ensilado en zonas húmedas y sus indicadores de calidad. IV Jornadas de Alimentación Animal. Laboratorio de Mouriscade. Lalín (Pontevedra). p. 1-20.
- Del Águila Chávez, J. 2010. Programa de Manejo Pesquero en la cocha Jacinto – ORMARENA “Los Tigres Negros” – Comunidad de San Jacinto – Zona de Amortiguamiento de la RNPS. Programa de Cooperación Hispano Peruano – Proyecto Araucaria XXI. Ministerio del Ambiente. Iquitos - Perú. 64 p.
- Del Águila Chávez, J. 2011. Caracterización de la productividad pesquera desarrollada en la cocha Jacinto, Reserva Nacional Pacaya Samiria. Iquitos – Perú 1 (2): 114 – 118.
- Enes, M.; Robert, M.; Rombouts, F.; Houben, J. y Wymenga, W. 2000. Biogenic amine formation and degradation by potential fish silage starter microorganisms. *International Journal of Food Microbiology* (57): 107-114.
- Elferink, S. y Driehuis, F. 2000. The impact of the quality of silage on animal health and food safety: A review. *The Veterinary Quarterly* 22 (4): 212-216.
- Fagbenro, O. y Jauncey, K. 1993. Chemical and nutritional quality of stored fermented fish (*Tilapia*) silage. *Bioresource Technology* (46): 207-211.
- Fajardo, E. y Sarmiento, S. 2007. Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae*. Tesis para optar el título de microbiólogo industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. 120 p.
- FAO. Visión actual del sector acuícola nacional – Perú. Foro Virtual (en línea). Consultado 15 Octubre 2016. Disponible en: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_peru/es.
- Feitó, D. y Portal, M. 2013. La competitividad en las exportaciones de papaya de México: un análisis cuantitativo. *Revista de análisis de economía, comercio y negocios internacionales* 7(2): 27-54.

- Franco, H. y Peláez, M. 2007. Cría y producción de Pirarucú en cautiverio. Universidad de la Amazonia. Colombia. 50 p.
- Fons, M.; Gómez, A.; Karjalainen, T. 2000. Mecanismos de colonización y resistencia de colonización del tracto digestivo parte 2: bacteria/ interacción bacteriana. *Microb Ecol Health Dis* 12(2): 240-246.
- Gao, C.; Ma, C. y Xu, P. 2011. Biotechnological routes based on lactic acid production from biomass. *Biotechnology Advances* (29): 930-939.
- Garcés, A.; Berrio, L.; Ruíz, S.; Serna, J.; Builes, A. 2011. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista Investigación* 1(001): 66 - 71.
- García – Pinchi, R. y Silva L. 2008. Corte y empacado al vacío de productos mínimamente procesados de cinco especies de peces amazónicos. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 20 p.
- García, C. A., Arrázola, G. A. y Durango, A. M. 2010. Producción de ácido láctico por vía biotecnológica. *Temas Agrarios* 15(2): 9-26 p.
- Gestión. 2016. Foro Virtual (en línea). Consultado 15 Noviembre 2016. Disponible en: <http://gestion.pe/economia/50-produccion-acuicola-peruana-fue-consumo-interno-2159354>
- Gilces, P. y Veloz, P. (2006). Estudio de uso de los nutrientes para la levadura en fermentación con el propósito de mejorar la producción del alcohol etílico. Ecuador. 60 p.
- Goulding, M. 1980. The fishes and the forest. Explorations in Amazonian Natural History. Universidad de California Press. Estados Unidos. 280 p.
- Guzmán, O.; Lemus, C.; Martínez, S.; Bonilla, J.; Plasencia, A. y Ly, J. 2012. Chemical characteristics of silages of mango (*Mangifera indica L.*) by products for animal feeding. Cuba. *Revista científica agrícola* 46: 369.
- Herbek, T.; Farias, I.; Crossa, M.; Sampaio, I.; Porto, J. y Meyer, A. 2005. Population genetic analysis of *Arapaima gigas*, one of the largest freshwater fishes of the

- Amazon basin: implications for its conservation. Brazil. *Animal Conservation* 8 (3): 297-308.
- IMARPE/ ITP. 1996. Compendio biológico tecnológico de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú. 146 p.
- Intriago, F. y Paz, S. 2000. Ensilaje de cáscara de banano maduro con microorganismos eficaces como alternativa de suplemento para ganado bovino. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. Universidad Earth. Costa Rica. 63 p.
- Jiménez F. y Moreno J. 2000. El ensilaje una alternativa para la conservación de forrajes. Colombia. Foro Virtual (en línea). Consultado 08 de octubre 2016. Disponible en: Http://www.gobant.gov.co/organismos/sagricultura/documentos_cl.htm
- John, R.; Anisha, G.; Nampoothiri, K. y Pandey, A. 2009. Direct lactic acid fermentation: focus on simultaneous saccharification and lactic acid production. *Revista biotecnológica* (27): 145-152.
- Limatú. 2015. Fermentación. Foro Virtual (en línea). Consultado 10 de Octubre 2015. Disponible en: http://lafermentacion2015.blogspot.pe/2015/08/la-fermentacion-es-un-proceso_12.html .
- Luján, N.; Hidalgo, M. y Stewart, D. 2010. Revision of Panaque (Panaque), with Descriptions of Three New Species from the Amazon Basin (Siluriformes, Loricariidae). *Copeia* (4): 676-704.
- Ly, J. 2004. Bananas y plátanos para alimentar cerdos: Aspectos de la composición química y de su palatabilidad. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 11(3): 5-25.
- Martinez, R. 2003. Producción de un ensilado biológico a partir de vísceras de pescado de las especies *Prochilodus mariae* (coporo), *Pseudoplatystoma fasciatum* (bagre rayado) y *Phractocephalus hemiliopterus* (cajaro). Tesis para optar el título de ingeniero ambiental. Universidad Nacional de Colombia - Sede Arauca. Colombia. 80 p.

- Mattos, C.; Chauca, L.; San Martín, F.; Carcelén, F. y Arbaiza, T. 2003. Uso del ensilado biológico de pescado en la alimentación de cuyes mejorados. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 14 (2): 89-96.
- Mendoza, D. 2011. Panorama de la Acuicultura Mundial en América Latina, el Caribe y el Perú. Ministerio de la Producción. Lima – Perú. 66 p.
- Padilla, P.; Alcántara, F. y García, J. 2000. Sustitución de la harina de pescado por ensilado biológico de pescado en raciones para juveniles de gamitana, *Colossoma macropomum*. Folia amazónica 10 (1-2): 225-240.
- Peláez, P. 1998. Estudio del tratamiento enzimático y viscosidad de la pulpa de banano (*Musa sp.*) tipo seda, en la obtención de jarabe. Lima – Perú.
- Peña, N. 2008. Utilización de residuos de pota (*Dosidicus gigas*) para la elaboración de un fertilizante orgánico. Tesis de postgrado en tecnología de alimentos. Lima–Perú.
- Pezo, R. y Ushiñahua, E.; 2014. Efecto de tres niveles de inclusión de torta de girasol *Helianthus annuus* (Asteraceae) en la dieta en el crecimiento de juveniles de paiche *Arapaima gigas* (Arapaimidae) cultivados en corrales, estación pesquera de Marona, Moyobamba – San Martín. Tesis para optar el título de biólogo acuicultor. Universidad nacional de la amazonia peruana. Yurimaguas – Perú. 36 p.
- Pinchi, R. y Silva, L. 2008. Corte y empacado al vacío, de productos mínimamente procesados, de cinco especies de peces amazónicos. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos-Perú. 20 p.
- Portillo, F.; Hernández, Y.; Portillo, M.; Navarro, C.; Rodríguez, M. y Velazco, J. 2006. Densidad estomática en materiales de plátano (*Musa* AAB, AAAB y ABB) susceptibles y resistentes a *Sigatoka* negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). Revista de la Facultad de Agronomía 23(3): 292-297.
- PROMPEX – BIOCOMERCIO. 2005. Estado de la demanda del pescado y la acuicultura. Foro Virtual (en línea). Consultado 15 Setiembre 2016. Disponible en: http://www.biotrade.org/ResourcesNewsAssess/DIAGNOSTICO_Paiche_Peces_ornamentales.pdf.

- PROMPERÚ. 2014. Exportación del producto paiche según sus principales mercados en kg. (2012 – 2017). Foro Virtual (en línea). Consultado 10 Abril 2016. Disponible en: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/apb/ReporteProducto.aspx?psector=1025&preporte=prodmercvolu&pvalor=1940>.
- Pronaturaleza. 16-30 Nov. 2016. Foro Virtual (en línea). Consultado 20 Noviembre 2016. Disponible en: <http://www.pronaturaleza.org/>
- Puerta, G. 2010. Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café. Programa de investigación científica. Fondo nacional del café. Foro Virtual (en línea). Consultado 20 Julio 2016. Disponible en: <http://www.cenicafe.org/es/publications/avt0402.pdf>
- Ramírez, C.; Tapia, A. y Calvo, P. 2010. Evaluación de la calidad de fruta de banano de altura que se produce en el cantón de Turrialba, Costa Rica. Revista de las sedes regionales 11 (20): 107-127.
- Rebaza, M.; Alcántara, F.; Hurtado, W.; Tello, S.; Del Castillo, D. 2006. Paiche. El gigante del Amazonas. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Iquitos - Perú. 70 p.
- Rebaza, M.; Rebaza, C. y Deza, S. 2010. Densidad de siembra para cultivos de Paiche en jaulas flotantes. Sexta Edición. Aquavision. p. 26-27.
- Reddy, G.; Altaf, M.; Naveena, B.; Venkateshwar,M. y Vijay, E. 2008. Amylolytic bacterial lactic and fermentation – A review. Biotechnology Advances 26: 22-34.
- Rodríguez, S.; López, M.; WingChing, R.; Rojas, A. 2014. Adición de melaza deshidratada y urea en ensilados de rastrojos de piña. Agronomía Mesoamericana 25 (2): 313-321.
- Ruijter, J. G., Panneman, H. y Visser, J. (1997). Overexpression of phosphofructokinase and pyruvate kinase in citric acid producing *Aspergillus niger*. Biochimica et Biophysica. p. 317-326.
- Samaniego, L.; Rondón, A.; Bocourt, R.; Rodríguez, S.; Milián, G.; Ranilla, M.; Laurencio, M.; Pérez, M. 2008. Aislamiento, identificación y caracterización parcial de las propiedades probióticas de cepas de *Lactobacillus sp.* procedentes del tracto

- gastrointestinal de pollos de ceba. México. Ciencia y Tecnología Alimentaria. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos 6(1):56-63.
- Serna, L. y Rodríguez, A. 2005. Producción biotecnológica de ácido láctico: estado del arte. Ciencia y Tecnología Alimentaria 5 (1): 54-65.
- Sierra exportadora. 11 de Junio 2016. Paiche cultura. Foro Virtual (en línea). Consultado 10 Julio 2016. Disponible en: <http://www.sierraexportadora.gob.pe/2016/06/11/paichecultura-es-una-oportunidad-de-desarrollo-para-la-selva-peruana/>
- Spanopoulos, M.; Ponce, J.; Barba, G.; Ruelas, J.; Tiznado, M.; Hernández, C. y Shirai, K. 2010. Producción de ensilados biológicos a partir de desechos de pescado, del ahumado de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y del fileteado de tilapia (*Oreochromis sp.*), para la alimentación de especies acuícolas. Revista Mexicana de Ingeniería Química 9 (2): 167-178.
- Toledo, J.; Llanes, J. y Lazo, J. 2006. Evaluación del ensilado biológico de pescado como inóculo de bacterias lácticas en la conservación de desechos pesqueros. ACUACUBA 8 (1): 13-20.
- Tomé, E.; Levy, A, Bello, A. 1995. Proteolytic activity control in fish silage. Revista nutricional latinoamericana. 45(4): 317-21.
- Triana, E.; Leal, F.; Campo, Y. y Lizcano, H. 2014. Evaluación de ensilaje a partir dos subproductos agroindustriales (cáscara de naranja y plátano de rechazo) para alimentación de ganado bovino. Universidad Francisco de Paula Santander. Revista Alimentos Hoy 22 (31): 33-45.
- UNCTAD. 2007. Comercio sostenible de *Arapaima gigas* en la región amazónica. Informe taller Naciones Unidas. Nueva York y Ginebra. 21 p.
- Vázquez, J.; Docasal, S.; Prieto, M.; González, M. y Murado, M. 2008. Growth and metabolic features of lactic acid bacteria in media with hydrolysed fish viscera. An approach to bio-silage of fishing by-products. Bioresource Technology 99: 6246-6257.

- Vega, J.; Delgado, K.; Sibaja, M.; Alvarado, P. y Barrientos, S. 2008. Empleo de melaza de caña de azúcar para la obtención y caracterización de poliuretanos potencialmente biodegradables. *Revista Iberoamericana de Polímeros* 9(4): 14 p.
- Verástegui Tello, M. y Del Castillo Macedo, J. 2013. Influencia de dietas comerciales en el crecimiento y en la composición corporal de alevinos de paiche, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) criados en ambientes controlados. Tesis para optar el título de biólogo acuicultor. Universidad nacional de la amazonia peruana. Iquitos-Perú. 69 p.
- Windsor, M. y Barlow, S. (1984). Introducción a los subproductos de pesquería. Editorial Acribia, Zaragoza. España. 204 p.
- Zahar, M.; Benkerroum, N.; Guerouali, A.; Laraki, Y. y Yakoubi, E. 2002. Effect of temperature, anaerobiosis, stirring and salt addition on natural fermentation silage of sardine and sardine wastes in sugarcane molasses. *Bioresource Technology* 82: 171-176.

ANEXOS

ANEXO 1

TABLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL PARA PESCADOS TROPICALES

| | Muy Bueno | Bueno | Regular | Malo | Muy Malo |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Piel | Bastante mucus transparente, escamas muy adheridas | Mucus transparente, escamas adheridas | Poco mucus, poco denso, no existe mucha adhesión de las escamas | Piel seca, escamas salen con facilidad al intentar extraerlas | Piel muy seca, escamas se desprenden con facilidad |
| Olor Exterior | Típico de la especie | Ligeramente a fermentado | A fermentado | A fermentado | Pronunciado a pútrido |
| Branquias | Rojo brillante, lameles perfectamente separados, sin olor | Rojo brillante, lameles inician la separación en grupos. Leve olor a pescado | Ligeramente decolorado, lameles adheridos en grupos, ligero olor desagradable | Color decolorado, lameles totalmente separados, olor amoniacal | Color decolorado o marrón, lameles totalmente separados, olor intenso amoniacal |
| Opérculos | Ausencia de coloración rojiza | Bordes inferiores con ligeros rasgos rojos | Bordes inferiores rojizos | Bordes inferiores muy rojizos | En su mayor parte rojiza |
| Consistencia del Músculo | Presencia o parcial desaparición del rigor mortis | Firme y elástico | Poco firme y elástico | Poco firme y poco elástico | Blando |
| Olor de músculo | Ausencia de olor | Característico de la especie | Característico de la especie | Fermentado, pútrido | Pronunciado a fermentado y pútrido |
| Vísceras | Vísceras intactas y firmes, poro anal cerrado | Vísceras intactas y firmes, poro anal abierto | Vísceras enteras blandas, poro anal abierto | Vísceras salen por el poro anal | Licuadas |

FUENTE: Alcántara *et al.* (2006)

ANEXO 2

TABLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PLÁTANO MADURO

| ESTADO DE MADUREZ | COLOR CÁSCARA | COLOR PULPA | AROMA | SABOR |
|--------------------------|----------------------|--------------------|--------------|------------------|
| MUY VERDE | Verde hoja | Marfil | Sin olor | Astríngrate |
| VERDE | Verde | Hueso | Menos fuerte | Poco astríngrate |
| PINTÓN | Verde amarillento | Crema | Poco fuerte | Poco dulce |
| MADURO | Amarillo | Crema amarillento | Fuerte | Dulce |
| SOBREMADURO | Amarillo negruzco | Amarillo | Muy fuerte | Muy dulce |

FUENTE: Ramírez *et al.* (2010)

ANEXO 3

REQUERIMIENTO NUTRICIONAL PARA ANIMALES DOMÉSTICOS Y PECES

| Componentes | Pollos (*) | Cerdos (*) | Vacas (*) | Conejos (*) | Carpa (*) | Trucha alevines (**) | Trucha engorde (**) | Trucha reproductor (**) |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|
| Proteína (%) | 18 | 16 | 17 | 13.5 | 43 | 50 | 46 | 48 |
| Lípidos (%) | 6 | 10 | 2 | 2 | 4 | 7 | 7 | 8 |
| Fibra (%) | 4 | 6 | 7 | 17 | 5 | 4 | 5 | 3.5 |
| Humedad (%) | 12.5 | 12 | 10 | 12 | 12.5 | 10 | 10 | 10 |
| Carbohidratos (%) | 55 | 60 | 55 | 45.5 | | | | |
| Energía (kcal/100g) | 346 | 394 | 306 | 254 | | | | |

(*) García (2008)

(**) FAO

ANEXO 4

CARACTERÍSTICAS DEL CONSORCIO DE BACTERIA LÁCTICAS HOMOFERMENTATIVA (B-Lac)

| | |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre Comercial | Biolac |
| Descripción | Consortio de microorganismos benéficos o GRAS (Generalmente Reconocidos como Seguros) de amplio uso en el sector agropecuario. Dichas bacterias bacterias benéficas cuyos metabolitos mejoran el pH del suelo, acelerando el proceso de descomposición de la materia orgánica e incrementando la población microbiana benéfica del suelo, optimiza la solubilidad de los nutrientes y activa y estimula los procesos fisiológicos de las plantas. |
| Composición | <ul style="list-style-type: none"> • pH de 3,5 a 3,8 • Bacterias probióticas (<i>Lactobacillus</i>, <i>Lactococcus</i>, <i>Streptococcus</i>). • Ácidos orgánicos como ácido láctico. • Bacteriocinas (nisina, lactocina) • Vitaminas del complejo B. • Microorganismos aerobios viables • Además de sustancias precursoras de compuestos asimilables por las plantas. |
| Recomendaciones de uso | <ul style="list-style-type: none"> • No necesita condiciones especiales de aplicación y manejo. • No necesita adherente ni acidificante adicional. • Agítelo antes de usar. • Una vez preparada la solución nutritiva usarlo inmediatamente. • Después de usar Biolac tápelo herméticamente. • Almacenar en ambientes ventilados y evitar la exposición directa al sol |

ANEXO 5

PRUEBA ESTADÍSTICA DEL pH PARA LA EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE PLÁTANO COMO FUENTE DE CARBONO

Análisis de la Varianza Simple:

H₀: No existen diferencias en el porcentaje de plátano, como fuente de carbono, en el proceso de fermentación a 40°C por 72 h de tratamiento

| Variable | N | R ² | R ² Aj. | CV |
|-----------|----|----------------|--------------------|------|
| pH | 16 | 0.52 | 0.4 | 4.91 |

Cuadro de Análisis de Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|----------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo | 0.48 | 3 | 0.16 | 4.28 | 0.0285 |
| Plátano | 0.48 | 3 | 0.16 | 4.28 | 0.0285 |
| Error | 0.44 | 12 | 0.04 | | |
| Total | 0.92 | 15 | | | |

$$F_c > F_{t,0.05(3,3)}$$

$$4.28 > 0.0285$$

Por lo tanto la H₀ es falsa.

Test: Tukey (Alfa=0.05 DMS=0.40401)

Error: 0.0370 gl: 12

| Plátano | Medias | n | E.E. | | |
|------------|--------|---|------|----------|----------|
| 0% | 4.16 | 4 | 0.1 | A | |
| 25% | 3.95 | 4 | 0.1 | A | B |
| 50% | 3.88 | 4 | 0.1 | A | B |
| 75% | 3.68 | 4 | 0.1 | | B |

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (p>0.05)

ANEXO 6

PRUEBA ESTADÍSTICA DEL pH PARA LA EVALUACIÓN DEL PORCENTAJE DE RESTOS DE PAICHE Y B-LAC EN LA FERMENTACIÓN

Análisis de la Varianza Simple:

H₀: No existen diferencias en los porcentajes de B-Lac usados en el proceso de fermentación a 40°C por 72 h de tratamiento

| Variable | N | R ² | R ² Aj. | CV |
|----------|----|----------------|--------------------|-------|
| pH | 12 | 0.07 | 0.0 | 10.38 |

Cuadro de Análisis de Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------|------|----|------|------|---------|
| Modelo | 0.13 | 2 | 0.06 | 0.33 | 0.7240 |
| B-Lac | 0.13 | 2 | 0.06 | 0.33 | 0.7240 |
| Error | 1.70 | 9 | 0.19 | | |
| Total | 1.83 | 11 | | | |

$$F_c > F_{t,0.05(2,2)}$$

$$0.33 < 0.7240$$

Por lo tanto la H₀ es cierta.

Test: Tukey (Alfa=0.05 DMS=0.85866)

Error: 0.1892 gl: 9

| B-Lac | Medias | n | E.E. | |
|-------|--------|---|------|---|
| 5% | 4.33 | 4 | 0.22 | A |
| 10% | 4.18 | 4 | 0.22 | A |
| 15% | 4.08 | 4 | 0.22 | A |

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (p>0.05)

ANEXO 7

PRUEBA ESTADÍSTICA DEL pH PARA LA EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA DE FERMENTACIÓN

Análisis de la Varianza Simple:

H₀: No existen diferencias de los tratamientos aplicados a distintos grados de fermentación por 72 h de tratamiento

| Variable | N | R ² | R ² Aj. | CV |
|----------|----|----------------|--------------------|-------|
| pH | 12 | 0.28 | 0.12 | 13.50 |

Cuadro de Análisis de Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------|------|----|------|------|---------|
| Modelo | 1.29 | 2 | 0.64 | 1.72 | 0.2333 |
| T (°C) | 1.29 | 2 | 0.64 | 1.72 | 0.2333 |
| Error | 3.38 | 9 | 0.38 | | |
| Total | 4.67 | 11 | | | |

$$F_c > F_{t,0.05(2,2)}$$

$$1.72 > 0.2333$$

Por lo tanto la H₀ es falsa.

Test: Tukey (Alfa=0.05 DMS=1.20926)

Error: 0.3752 gl: 9

| T (°C) | Medias | n | E.E. | |
|----------|--------|---|------|---|
| Ambiente | 4.82 | 4 | 0.31 | A |
| 30 | 4.72 | 4 | 0.31 | A |
| 40 | 4.08 | 4 | 0.31 | A |

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (p>0.05)