

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN
ACUICULTURA



Efecto del ensilaje biológico en la digestibilidad aparente de la proteína en harina de *Prosopis pallida* “algarrobo” en alevines de *Oreochromis niloticus* “tilapia nilótica”

**AUTORES : Bach. Linda Alana Pimentel López
Bach. Blanca Emelly Rodríguez Beltrán**

Asesor: Dr. Guillermo Saldaña Rojas

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE BIÓLOGO ACUICULTOR

Nuevo Chimbote, Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN
ACUICULTURA



Efecto del ensilaje biológico en la digestibilidad aparente de la proteína en harina de *Prosopis pallida* “algarrobo” en alevines de *Oreochromis niloticus* “tilapia nilótica”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE BIÓLOGO ACUICULTOR

REVISADO Y APROBADO POR EL ASESOR DE TESIS

Dr. Guillermo Saldaña Rojas

Nuevo Chimbote, Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN
ACUICULTURA



Efecto del ensilaje biológico en la digestibilidad aparente de la proteína en harina de *Prosopis pallida* “algarrobo” en alevines de *Oreochromis niloticus* “tilapia nilótica”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE BIÓLOGO ACUICULTOR

JURADO EVALUADOR

Mg. Sabino Felipe Zavaleta Aguilar

PRESIDENTE

Dr. Guillermo Belisario Saldaña Rojas

INTEGRANTE

Mg. Juan Miguel Carhuapoma Garay

INTEGRANTE

Nuevo Chimbote, Perú
2017

DEDICATORIA

A Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad y de su infinita bondad y amor.

*A mis padres **SANTOS RODRIGUEZ Y MARIA BELTRAN** por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.*

*A mis hermanos, **JOSE, JHON, ELI**, por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria, los quiero mucho.*

*A mi amado esposo **Edie Inciso**, por su amor, apoyo, comprensión incondicional y por darme aliento en el día a día en la elaboración de mi tesis.*

Blanca Rodríguez Beltrán

DEDICATORIA

A Dios, quien me dió la vida y permitió que todo esto sea posible, con sus bendiciones.

A mi hija **Loana Nazhiell** y mi hijo **Ghadiel Eduardo**, por ser mi motor y motivo de salir adelante y llegar a ser una gran profesional, a mi esposo **Eduardo Vilela Díaz** por su amor y comprensión.

A mis padres **Carlos Pimentel Calle** y **Elizabeth López Puica** por su apoyo incondicional y mi hermana **Jahaira** por estar a mi lado en los buenos y malos momentos.

Linda Alana Pimentel López

AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor de tesis, Dr. Guillermo Saldaña Rojas por su aporte y apoyo en la realización de esta tesis, Dios lo bendiga siempre.

A los profesores que durante toda nuestra carrera profesional han aportado con nuestra formación, por sus consejos, sus enseñanzas y su amistad.

A nuestros amigos y compañeros por sus amistades y apoyos incondicionales en el transcurso de nuestra carrera universitaria, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarnos que siempre podremos contar con ellos.

Los Autores.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
II. MATERIALES Y MÉTODOS	5
2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	5
2.2 POBLACIÓN	5
2.3 MUESTRA	5
2.4 UNIDAD DE ANÁLISIS	5
2.5 MÉTODOS	6
2.5.1 Tipo de estudio	6
2.5.2 Diseño de investigación	6
2.6 TRANSPORTE DE ALEVINES DE <i>O.niloticus</i>	6
2.7 UNIDADES DE EXPERIMENTACIÓN	6
2.8 PREPARACIÓN DE HARINA DEL ENSILADO BIOLÓGICO “algarrobo”	7
2.8.1 Materia Prima	7
2.8.2 Fuente de carbono	7
2.8.3 Proceso de elaboración del ensilado de “Algarrobo”	7
2.8.4 Elaboración de la dieta para alevines de <i>O. niloticus</i>	9
2.8.5 Racionamiento del alimento y frecuencia de la alimentación	10

2.8.6 Recolección de las heces	10
2.9 DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD	11
2.9.1 Cuantificación de proteínas	11
2.9.2 Determinación de la Digestibilidad Aparente	11
2.10 OBTENCIÓN DE COSTOS DE LAS HARINAS DE <i>P. pallida</i>	11
2.11 REGISTRO DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA	12
2.12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	12
III. RESULTADOS	13
3.1 VALOR PROTEICO DE HARINA DE <i>P. pallida</i> ENSILADA Y SIN ENSILAR.	13
3.2 CUANTIFICACIÓN DEL EFECTO DEL ENSILAJE BIOLÓGICO EN LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA HARINA DE <i>P. pallida</i> “algarrobo” EN LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE SU PROTEÍNA, EN ALEVINES DE <i>Oreochromis niloticus</i> “tilapia nilótica”	13
3.2.1 Porcentaje de proteína de <i>P. pallida</i> “algarrobo” ensilada y sin ensilar en heces de alevines de <i>O. niloticus</i>	13
3.2.2 Digestibilidad Aparente de la proteína de la harinas de <i>P. pallida</i> “algarrobo” ensilada y sin ensilar en alevines de <i>O. niloticus</i>	14
3.3 COSTO DE ELABORACIÓN DE LA HARINA DE ENSILADO BIOLÓGICO DE <i>P. pallida</i> “algarrobo”	14
3.4 PARÁMETROS AMBIENTALES EN LAS UNIDADES EXPERIMENTALES	15
IV. DISCUSIÓN	16
V. CONCLUSIONES	18
VI. RECOMENDACIONES	18
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
VIII. ANEXOS	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulación de la dietas utilizadas para determinar el coeficiente de digestibilidad aparente de las proteínas de <i>P. pallida</i> con alevines de <i>O. niloticus</i>	10
Tabla 2: Porcentaje de proteína de <i>P. pallida</i> “algarrobo” ensilada y sin ensilar en heces de alevines de <i>O. niloticus</i>	13
Tabla 3: Coeficiente de Digestibilidad aparente de la proteína de la harina de <i>P. pallida</i> “algarrobo” ensilada y sin ensilar en alevines de <i>O. niloticus</i>	14
Tabla 4: Costo de insumos utilizados para en la elaboración de harina de ensilado biológico de <i>P. pallida</i> “algarrobo”	14

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXOS

Anexo 1. Frutos de <i>Prosopis pallida</i> “algarrobo”.	26
Anexo 2. Unidades de experimentación empleadas en la experiencia. Laboratorio de Acuicultura Continental y Nutrición Nutrición-UNS.	26
Anexo 3. Análisis de varianza del porcentaje de proteína de <i>P. pallida</i> “algarrobo” ensilada y sin ensilar en heces de alevines de <i>O. niloticus</i>	27
Anexo 4. Análisis de varianza del Coeficiente de Digestibilidad Aparente en porcentaje de la proteína de la harina de <i>P. pallida</i> “algarrobo” ensilada y sin ensilar en alevines de <i>O. niloticus</i> .	27
Anexo 5. Temperatura del agua (°C) por día, y promedio de los acuarios utilizados en el experimento con alevines de <i>O. niloticus</i> “tilapia nilótica”.	28
Anexo 6. Oxígeno disuelto (mg O ₂ L ⁻¹) del agua y promedio en los acuarios utilizados en el experimento con alevines de <i>O. niloticus</i> “tilapia nilótica”.	29

RESUMEN

El objetivo fue determinar el efecto del ensilaje biológico sobre la digestibilidad aparente de la proteína de la harina de *Prossopis pallida* "algarrobo" en alevines de *Oreochromis niloticus* "tilapia nilotica". El estudio se realizó en la Universidad Nacional de Santa Facultad de Ciencias de la Escuela Profesional de Biología Académica en Acuicultura por un periodo de 21 días. Se utilizaron 150 alevines de *O. niloticus* con un peso y talla promedio de 2.21 ± 0.5 g, y $3.5, \pm 0.5$ cm. El análisis estuvo compuesto por 25 alevines por acuario, distribuidas en el tratamiento experimental y un grupo testigo para la siembra. En nuestro estudio empleamos al ensilaje para incrementar el mismo, habiéndose encontrado diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la digestibilidad de la harina ensilada de *P. pallida* (10,64%) y la digestibilidad de la harina sin ensilar de *P. pallida* (5.57 %), esto es corroborado en el análisis de las proteínas de *P. pallida* ensilada y sin ensilar en las heces de *O. niloticus*, donde encontramos que las heces provenientes del consumo de harina sin ensilar de *P. pallida*, son mayores (10,60%) que las provenientes de la harina ensilada (8,51%) ($p < 0,05$).

Palabras Clave: *Prosopis pallida*, algarrobo, *Oreochromis niloticus*, tilapia ensilado, digestibilidad, proteínas.

ABSTRACT

The objective of determining the effect of biological silage on the apparent digestibility of the protein of the flour of *Prosopeis pallida* "algarrobo" in fingerlings of *Oreochromis niloticus* "tilapia nilotica". The study was carried out in the National University of Santa Faculty of Sciences of the Professional School of Academic Biology in Aquaculture for a period of 21 days. A total of 150 *O. niloticus* fry were used, with a mean weight and height of 2.21 ± 0.5 g, and 3.5 ± 0.5 cm. The analysis consisted of 25 fish fry per aquarium, distributed in the experimental treatment and one control group for the sowing. In our study, we used silage to increase it, with significant differences ($p < 0.05$) between the digestibility of *P. pallida* ensiled flour (10.64%) and the digestibility of the unattached flour of *P. Pallida* (5.57%), this is corroborated in the analysis of the ensiled and unassembled *P. pallida* proteins in the feces of *O. niloticus*, where we find that the feces from the uninsulated meal of *P. pallida* are higher (10,60%) than those from the ensiled flour (8.51%) ($p < 0.05$).

Key words: *Prosopeis pallida*, algarrobo, *Oreochromis niloticus*, silage tilapia, digestibility, proteins.

I. INTRODUCCIÓN

La alimentación de los organismos en crianza representa más del 50% de los costos operativos, lo que ha generado la búsqueda de fuentes alternativas de alto valor proteico y bajo costo (FAO, 2010); para el caso de tilapia, las fuentes han sido de origen local a partir de subproductos de animales, oleaginosas, plantas acuáticas, proteínas unicelulares, leguminosas de grano, concentrados de plantas y subproductos de cereales (Sayed, 1999). Tal como prevenía Hardy (1999) la oferta 6.5 millones de TM de harina de pescado, principal insumo para la industria pecuaria, difícilmente crecería en los próximos años, debido a problemas de contaminación ambiental, fenómenos naturales y la sobreexplotación pesquera que hacen que este recurso marino sea finito.

Debido al aumento del interés en el cultivo de la tilapia en el país, existe una tendencia a intensificar los sistemas de cultivo, lo que lleva a la búsqueda de nuevos insumos de alimentación y su forma de procesarlos. El empleo del ensilado en la elaboración de dietas tiene cada vez más importancia por ser un producto de apreciable digestibilidad y fácil preservación, siendo un producto líquido pastoso obtenido a partir de la acción de las enzimas principalmente sobre el pescado entero, partes o residuos y es comúnmente usado como componente de raciones alimenticias para animales (Balsinde *et al.*, 2003); este puede ser producido a partir de todo tipo de residuos de pescado de bajo valor comercial y de los subproductos agrícolas y pecuarios; siendo utilizados casi exclusivamente para la alimentación animal (Rustad, 2003).

Las leguminosas son cada vez más utilizadas en la industria de alimentos balanceados; la principal semilla utilizada es la soya, que se ha constituido en una importante alternativa a la harina de pescado. Según Olvera y Olivera (2000) los resultados de sustitución en tilapia han sido favorables, probablemente por sus hábitos alimenticios que le permiten aprovechar mejor los insumos vegetales, de acuerdo con (Furuya *et al.*, 2004) una dieta con harina de soya, suplementada con

aminoácidos esenciales, puede reemplazar totalmente la harina de pescado en una dieta de tilapia del Nilo, sin efectos adversos en el crecimiento, producción de carne y composición.

La alimentación de tilapia con lupino, Olvera y Olivera (2000) reportan el efecto de sustituir 30 y 45% de la proteína animal con semilla de lupino dulce (*L. angustifolius*) en sus dietas, en ambos niveles los animales crecieron igual o mejor que un control, lo cual es atribuido a que posiblemente los carbohidratos de la semilla son más digeribles que los de soya, además de la capacidad de la tilapia para digerir carbohidratos, lo cual aparentemente permitió destinar mayor proporción de la proteína al crecimiento.

Una alternativa de insumo para dietas es el fruto de *Prosopis pallida* “algarrobo” el género *prosopis* está representado en la costa norte del Perú por 3 especies: *P. affinis*, *P. juliflora* y *P. pallida*, siendo estas dos últimas las predominantes (Ferreira, 1983). *P. pallida* (Humboldt & Bonpland ex Willdenow) es conocido como: algarrobo, huarango, guarango, tacco (en quechua), ong (en yunga) (Cruz, 2013). Es una leguminosa arbórea de zonas áridas y semiáridas de Perú, muy rústica; crece de modo silvestre en suelos pobres formando bosques de 30 a 70 árboles por Ha, con hasta 10 m de alto, puede producir de 5 a 100 kg de frutos (algarroba) por año, siendo el periodo de fructificación dos veces al año de diciembre a febrero, y junio a julio (Prokopiuk *et al.*, 2000). Los frutos de “algarrobo” presentan valores de proteínas de 8,11 %, lípidos de 0,77 %, carbohidratos totales de 82,6 %, con un valor energético aproximado de 3622,9 Kcal (Prokopiuk *et al.*, 2000).

Los frutos de “algarrobo” son vainas rectas o algo curvadas, de 16 a 28 cm de largo, 1,4 a 1,8 cm de ancho y 0,6 a 1 cm de espesor, de color amarillo paja, semi comprimidas, de bordes paralelos, y pulpa dulce (Prokopiuk *et al.*, 2000). Estos se consumen directamente o permiten la elaboración del patay (una pasta dulce preparada con harina de los mismos) y bebidas como la añapa (dulce, no alcohólica) y la aloja (fermentada, alcohólica) y también constituyen un buen

forraje para el ganado (Biloni, 1990), siendo la principal producción la elaboración de “algarrobina” un jarabe que proporciona un dulce sabor ligeramente amargo y se utiliza como endulzante en licuados de leche o frutas y en la elaboración de postres, siendo apreciado como tónico, proporcionando minerales como hierro y calcio, así como vitaminas y azúcares de alto valor fisiológico (Briones *et al.*, 2010).

El valor nutricional de los insumos y de las dietas empleadas en la alimentación acuícola es, entre otros, la composición química del ingrediente, las necesidades de la especie y la digestibilidad (Pezzato *et al.*, 2002). La digestibilidad puede variar en función del nivel de inclusión del ingrediente en la dieta y generalmente tiende a disminuir en la medida en que aumenta su concentración en la dieta (Furuichi y Yone, 1980; Henken *et al.*, 1985 y Gonçalves y Carneiro, 2003). Otros factores también pueden influir como la especie, edad de los peces, las condiciones fisiológicas, la temperatura del agua, la composición de la dieta, la frecuencia de la alimentación y el origen de la materia prima (Hepher 1988; Abimorad y Carneiro, 2004). La digestibilidad es considerada como uno de los aspectos más importantes en la evaluación eficiente de los ingredientes y requisito para formulación de dietas biológica y económicamente óptimas (Pezzato *et al.*, 2004).

No encontrándose antecedentes relacionados al empleo de frutos de *P. pallida* en la alimentación de tilapia, se planteó el siguiente problema de investigación **¿Cuál es el efecto del ensilaje biológico en la digestibilidad aparente de la proteína de la harina *Prosopis pallida* “algarrobo” en alevines de *Oreochromis niloticus* “tilapia nilótica”?**

Como hipótesis de trabajo se planteó que la harina del fruto de *P.pallida* ayuda su digestibilidad en alevines de Tilapia nilótica empleando el proceso de ensilaje.

Como Objetivo General se planteó.

- Evaluar el efecto del ensilaje biológico en la digestibilidad aparente de la proteína de la harina *Prosopis pallida* “algarrobo” en alevines de *Oreochromis niloticus* “tilapia nilótica”.

Objetivos Específicos:

- Determinar el valor proteico de harina de *P. pallida* obtenida por ensilaje biológico de la harina sin ensilar.
- Cuantificar el efecto del ensilaje biológico en la digestibilidad aparente de la harina de *P. pallida* “algarrobo”, en alevines de *Oreochromis niloticus* “tilapia nilótica”
- Establecer los costos de elaboración del ensilado biológico de harina de *P. pallida* en relación con los costos de la harina de pescado.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

EL proyecto fue desarrollado en el Laboratorio de Acuicultura Continental y Nutrición del Departamento de Biología, Microbiología y Biotecnología de la Universidad Nacional del Santa ubicado en el campus de Bellamar, Nuevo Chimbote.

2.2. POBLACIÓN

La población estuvo constituida por alevines de *O. niloticus* “tilapia nilótica”, de un mes de edad, procedentes de la Universidad Nacional Agraria de La Molina, en Lima - Perú.

2.3. MUESTRA

Se utilizaron 150 alevines de *O. niloticus* con un peso y talla promedio de 2.21 ± 0.5 g, y $3.5, \pm 0.5$ cm. respectivamente, con la finalidad de tener una muestra homogénea.

2.4 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis estuvo compuesta por 25 alevines por acuario, distribuidas en el tratamiento experimental y un grupo testigo para la siembra se cuidó la homogeneidad de la muestra para lo cual se aplicó el Test de Normalidad de datos de Kolmogorof y Smirnof, resultando los datos de peso normales (Anexo 1).

2.5. MÉTODOS

2.5.1. Tipo de estudio

La Investigación es del tipo experimental.

2.5.2. Diseño de investigación

Se empleó el diseño clásico que constó de un tratamiento experimental dieta con ensilado biológico de harina de *P. pallida* y un grupo testigo dieta con harina de *P. pallida* sin ensilar para evaluar el coeficiente de digestibilidad aparente de proteína en alevines de *O. niloticus* “tilapia nilótica”. Cada tratamiento tuvo dos repeticiones.

2.6. TRANSPORTE DE ALEVINES DE *O. niloticus*

Los alevines fueron transportados en bolsas de polietileno conteniendo agua con oxígeno puro, se acondicionaron en baldes plásticos de 20 litros y fueron trasladados desde la Universidad Nacional Agraria de La Molina, en Lima – Perú por vía terrestre al Laboratorio de Acuicultura Continental y Nutrición de la Escuela de Biología en Acuicultura de la Universidad Nacional del Santa en Nuevo Chimbote, el transporte tuvo una duración de 12 horas.

2.7. UNIDADES DE EXPERIMENTACIÓN

Se utilizaron 06 acuarios de vidrio de 60x40x50 cm. con 80 litros de capacidad útil. Los acuarios fueron lavados y desinfectados con hipoclorito de sodio al 5% en la superficie interna y externa, dejándose actuar por 5 minutos, después se enjuagaron con abundante agua y se dejaron secar a temperatura ambiente. En cada acuario se instalaron mangueras de 0,5 cm de diámetro con sus respectivas llaves y piedras difusoras los que permitieron airear el agua en forma continua, siendo abastecidos mediante un blower 1 HP.

2.8. PREPARACIÓN DE HARINA DEL ENSILADO BIOLÓGICO DE “Algarrobo”

La harina de ensilado biológico de *P. pallida* fue preparado en el Laboratorio de Acuicultura Continental y Nutrición de la Escuela de Biología en Acuicultura de la Universidad Nacional del Santa, procediéndose de la siguiente manera:

2.8.1. Materia prima

Los frutos de *P. pallida* fueron obtenidos de árboles que se encuentran en el interior del campus de Bellamar de la Universidad Nacional del Santa, considerándose su selección su buena presentación e integridad (Anexo 1).

2.8.2. Fuente de carbono

Como fuente de carbono para los microorganismos fermentadores, se empleó melaza de caña de azúcar de 73 °Brix, obtenida de la Empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.C.

2.8.3. Proceso de elaboración del ensilado de “algarrobo”

Los frutos de “algarrobo” que se utilizaron para preparar el ensilado biológico fueron lavados y secados hasta convertirlos en harina y fue realizado en el Laboratorio Biología y Ecología de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional del Santa. El ensilado biológico de “algarrobo” fue elaborado siguiendo como base el método propuesto por Berenz (1996), y utilizado por Encomendero & Saldaña (2002) realizados en el Laboratorio Biología y Ecología de la Facultad de Ciencias, y de Acuicultura Continental y Nutrición de la Escuela Profesional de Biología en Acuicultura, de la Universidad Nacional del Santa.

La elaboración del ensilado biológico de “algarrobo” comprendió las siguientes operaciones:

A. Lavado

Los frutos de “algarrobo” fueron lavados con agua potable y puestos en una rejilla para su escurrido.

B. Secado

Se pesó 3 kg de frutos, previamente secados en estufa a 50°C por 24 h, para predisponerlos para una adecuada molienda.

C. Molienda

Luego del secado, los frutos fueron sometidos con un molino de martillos, provisto de una zaranda de 0,5 mm y se almacenó temporalmente en envases de plástico con tapa.

D. Activación y preparación de los inóculos de *Lactobacillus* sp.

La activación de las bacterias se efectuó según el método empleado por Saldaña (2011), para lo cual se empleó *Lactobacillus* sp. Proporcionado por el Laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional Agraria La Molina- Lima cuya concentración aproximada fue 10^8 UFC g^{-1} . Las bacterias fueron activadas tomando 50 ml de inóculo bacteriano y mezclándola con 50 ml de melaza de caña de azúcar diluida, a esta mezcla se agregó 100 gr. de pulpa de *Carica* papaya “papaya” verde batida, se aforó a 1 litro con agua destilada y se selló en un frasco de vidrio previamente forrado para evitar la proliferación de otras bacterias. De manera paralela se realizó mediciones del pH y la temperatura cada 6 horas con un pH-metro OAKTON doble función ($\pm 0,01$ unidades). Esta mezcla se llevó a incubar a 40 °C para el proceso de activación y culminó a las 72 horas cuando se consiguió un pH constante de 3.8. Esta se mantuvo en refrigeración a 4 °C hasta su utilización.

E. Mezclado y homogenizado: Añadido del inóculo bacteriano y la melaza

En el laboratorio, se procedió al mezclado de un 1kg de harina con un 5 % de peso de melaza y un 10 % del inóculo de *Lactobacillus* sp. activado, hasta obtener un homogenizado.

F. Fermentación

El homogenizado, fue distribuido en 2 frascos de vidrio estériles de 1 L de capacidad con tapa y cubiertos con papel aluminio. Estos fueron llevados a una estufa a 40 °C por 48 h. en el Laboratorio de Biología y Ecología y se observó que permanezca los frascos cerrados hasta 48 h hasta asegurar un valor de pH igual o menor a 4 unidades, que es el punto de culminación en la elaboración del ensilado biológico.

G. Preparación de la harina del ensilado biológico

Se secó el ensilado en bandejas forradas con papel aluminio utilizando una estufa a 60 °C por 24 h, hasta asegurar un buen secado. Luego fue molido utilizando un molino manual hasta obtener harina de este ensilado. Esta harina se almacenó en envases plásticos con tapa hasta su utilización en la elaboración de pellets.

2.8.4. Elaboración de la dieta para alevines de *O. niloticus*

Dieta para los alevines de *O. niloticus* La dieta empleada para los alevines fue formulada teniendo en cuenta como ingrediente principal a la harina de *P. pallida*, descrita en la Tabla 1.

Tabla 1. Formulación de la dietas utilizadas para determinar el coeficiente de digestibilidad aparente de las proteínas de *P. pallida* con alevines de *O. niloticus*.

Insumos	Dieta experimental (%)	Dieta Control (%)
Harina de <i>P. pallida</i> ensilada	92,5	
Harina de <i>P. pallida</i> sin ensilar		92,5
Aceite de pescado	5,0	5,0
Colapez	2,0	2,0
Premix	0,5	0,5
Total	100,0	100,0

Estos insumos fueron mezclados con agua tibia a 45 °C hasta hacer una masa y mediante una jeringa de 10 mL sin aguja se obtuvo pellets menores a 1 mm de diámetro, los que fueron secados a temperatura ambiente y envasados en bolsas de papel para evitar la proliferación de hongos a corto plazo hasta ser utilizados en el experimento.

2.8.5. Racionamiento del alimento y frecuencia de la alimentación

Las dietas fueron suministradas *ad libitum* dos veces al día (8:00 y 16:00) durante 21 días. Los restos de alimento fueron recolectados con un tubo sifón antes de la primera alimentación del día y al finalizar la tarde. Los recambios de agua en el acuario fue al 10 % respecto al volumen total cada día durante 21 días del experimento.

2.8.6. Recolección de las heces

Para recolectar las heces del fondo del acuario, se sifoneó utilizando una manguera plástica de 0,5 cm de diámetro. Las heces fueron recolectadas 2 h después de cada alimentación (mañana y tarde) y colocadas en vasos de precipitación de 500 mL, luego se filtró con un tamiz de 250 μ m y se colocaron en placas Petri para ser secadas en una estufa a 60 °C durante 6 h. Secas fueron almacenadas en bolsas ziploc a 5 °C en una refrigeradora hasta obtener 10 g de muestra por cada unidad experimental (acuuario), cantidad necesaria para realizar el análisis proximal en laboratorio.

2.9. DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD

2.9.1. Cuantificación de proteínas

Para conocer el porcentaje de proteínas de las dietas y las heces, fueron analizadas en el laboratorio acreditado ACUILAB S.A.C., siguiendo el método de micro Kjeldhal con el factor 6,25 descrito por la AOAC (1995),

2.9.2. Determinación de la Digestibilidad Aparente

La digestibilidad aparente de la proteína en peso seco, fue determinada por el método indirecto en base a la cantidad de nutrientes en el alimento y en las heces.

El cálculo del Coeficiente de Digestibilidad Aparente de la proteína fue calculado mediante la fórmula descrita por Zamora y Cruz en Sanz (2009):

Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CDA)

$$\text{CDA (\%)} = \frac{\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutriente en heces}}{\text{Nutriente ingerido}} \times 100$$

2.10. OBTENCIÓN DE COSTOS DE LAS HARINAS DE *P. pallida*

En la determinación de costos de elaboración del ensilado biológico de harina de *P. pallida*. Se tomó en cuenta el costo actualizado de los insumos empleados: bayas de “algarrobo”, costo de su preparación como harina, inóculo de bacterias, melaza y costos generales por empleo de equipos y personal. Los costos fueron comparados con los de la harina de *P. pallida* sin ensilar.

2.11. REGISTRO DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA

Se registraron los parámetros del agua de los acuarios como la temperatura, que se midió diariamente a las 16:00 horas (°C), con un termómetro digital ($\pm 0,1$ °C); el oxígeno disuelto y pH fueron medidos cada dos días con un oxímetro digital YSI ($\pm 0,01$ mg L⁻¹) y pH con un pHmetro digital Hanna ($\pm 0,01$ unid.) respectivamente.

2.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar las diferencias entre los tratamientos, se empleó el diseño experimental completamente al azar ($p < 0,05$) y el análisis de medias mediante la prueba de t de Student de muestras independientes, para ello se usó el programa SPSS 19 con un nivel de significancia del 0.05.

III. RESULTADOS

3.1. VALOR PROTEICO DE HARINA DE *P. pallida* ENSILADA Y SIN ENSILAR.

El valor proteico de la harina ensilada de *P. pallida* fue de 9,57% y de la harina sin ensilar fue el 11.3% valores que pueden ser considerado como moderados.

3.2. CUANTIFICACIÓN DEL EFECTO DEL ENSILAJE BIOLÓGICO EN LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA PROTEÍNA DE LA HARINA DE *P. pallida* “algarrobo”, EN ALEVINES DE *Oreochromis niloticus* “tilapia nilótica”

3.2.1. Porcentaje de proteína de *P. pallida* “algarrobo” ensilada y sin ensilar en heces de alevines de *O. niloticus*

Los valores de proteína encontrados tanto en harina ensilada como en harina sin ensilar se muestran en la Tabla 2, observándose que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) para ambos valores (Anexo 3).

Tabla 2: Porcentaje de proteína de *P. pallida* “algarrobo” ensilada y sin ensilar en heces de alevines de *O. niloticus*

Insumos	Harina de <i>P. pallida</i> ensilada	Harina de <i>P. pallida</i> sin ensilar
	8,77	10,59
Porcentaje de proteína	8,41	10,72
	8,36	10,50
Promedio	8,51 ±0,18^(a)	10,60 ±0,09^(b)

Los valores con letras diferentes difieren estadísticamente para $p < 0,05$, según Prueba t de Student.

3.2.2. Digestibilidad Aparente de la proteína de la harinas de *P. pallida* “algarrobo” ensilada y sin ensilar en alevines de *O. niloticus*

Los valores de Coeficiente de Digestibilidad Aparente de la proteína de *P. pallida* “algarrobo” ensilada y sin ensilar en alevines de *O. niloticus* (Tabla 4) se observa que no existen diferencias significativas ($p>0,05$) para ambos valores (Anexo 4).

Tabla 3: Coeficiente de Digestibilidad aparente de la proteína de la harina de *P. pallida* “algarrobo” ensilada y sin ensilar en alevines de *O. niloticus*

Insumos	Harina de <i>P. pallida</i> ensilada	Harina de <i>P. pallida</i> sin ensilar
Coeficiente de Digestibilidad Aparente (%)	8,36 12,12 12,64	6,28 5,13 7,08
Promedio	10.64 $\pm 1,90^{(a)}$	5,57 $\pm 0,80^{(b)}$

Los valores con letras diferentes difieren estadísticamente para $p<0,05$, según Prueba t de Student.

3.3. COSTO DE ELABORACIÓN DE LA HARINA DE ENSILADO BIOLÓGICO DE *P. pallida* “algarrobo”

Los costos efectuados en la preparación de harina de ensilado biológico de *P. pallida* se detallan en la tabla 4

Tabla 4: Costo de insumos utilizados en la elaboración de harina de ensilado biológico de *P. pallida* “algarrobo”

Insumos/operaciones	Precio (kg)
Colecta y selección de materia prima	0,50
Melaza	0,30
Procesamiento/uso incubadora	0,50
Ensilaje	0,60
Secado/molienda	0,20
Costo por Kg	2,10

3.4. PARÁMETROS AMBIENTALES EN LAS UNIDADES EXPERIMENTALES

Durante todo el experimento la calidad del agua permaneció estable. No se presentó mortalidad en ninguna de las unidades experimentales durante el estudio. La temperatura en el agua de los acuarios fue de 23,03 °C y la mínima de 22,73 °C (Anexo 5). El oxígeno disuelto fue de 7,47 y la mínima de 7,42 mg l-1 (Anexo 6).

IV. DISCUSIÓN

El valor proteico de un insumo orientado a la elaboración de una dieta para organismos acuáticos es muy importante. (Gillaume, *et al.*, 2004). Los resultados arrojarán 9.57% de proteína para la harina del ensilado biológico de *P. pallida* y 11.3% para la proteína de la harina de *P. pallida* sin ensilar, si bien valores que pueden ser consideradas como moderados y semejantes a los insumos como moyuelo de trigo, harina de maíz, polvillo de arroz, muy utilizados en la formulación de dietas para organismos acuáticos (Tacon, 1987), puede ser empleado como un insumo complementario y energético en dietas para tilapias.

Guzmán, (2003) establece que los peces omnívoros tienen un requerimiento proteico de 30 a 40 % de proteína por lo que la cantidad y calidad de las proteínas cumplen un papel importante en la dieta. *O. niloticus* al ser omnívora, puede emplear ensilado biológico de harina de algarrobo con los niveles de proteína encontradas en dietas, en reemplazo de otros insumos con niveles de proteínas como el polvillo de arroz, harina de trigo y harina de maíz (Tacon, 1987).

Resendez, (2014) señala que los contenidos de proteína de “algarrobo” son similares a los porcentajes de maíz y trigo; el contenido de fibra es más alto en el “algarrobo” comparado con los contenidos en el maíz y frijol lo que explica los porcentajes bajos en digestibilidad si los comparecen con los insumos antes señalados; pero el contenido de grasas es menor en la vaina de “algarrobo” comparado con el contenido de maíz y de trigo. La vaina de “algarrobo” es un alimento altamente proteico, con buena cantidad de calcio, magnesio, potasio, hierro, y zinc, y rico en el aminoácido lisina. La vaina tierna es dulce, es alta en fibra, moderada en azúcar, y con 8% de proteína y vaina tierna en polvo 13-16 % de proteína (Arnero, 2015).

La digestibilidad de los alimentos, es un requisito básico para determinar requerimientos nutricionales y para evaluar la calidad de los ingredientes empleados en las dietas para peces. La primera fase a abordar a la hora de

valorar el potencial de un alimento para considerar su inclusión en una dieta es medir su digestibilidad. Conocer la digestibilidad de las materias primas, permite la formulación precisa de dietas completas, (Arnero. 2015).

La harina de vaina de ***P. pallida*** presenta propiedades químicas y nutricionales interesantes: alto contenido de azúcares solubles, fibra dietaria, polifenoles y actividad antioxidante, como también de minerales, especialmente calcio, hierro y zinc. Todas estas propiedades la convierten en un ingrediente adecuado para la elaboración de alimentos (Roig, F. 1993). Si bien no cuenta con alto contenido de proteínas este insumo, sobre todo ensilado puede servir como complemento proteico que remplace a otros insumos más caros empleados comúnmente en la elaboración de dietas para peces.

El concepto de calidad – cantidad de una proteína está estrechamente unido a la digestibilidad (Gillaume, *et al.*, 2004), en nuestro estudio empleamos al ensilaje para incrementar el mismo, habiéndose encontrado diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la digestibilidad de la harina ensilada de ***P. pallida*** (10,64%) y la digestibilidad de la harina sin ensilar de ***P. pallida*** (5.57 %).(tabla 3), esto es corroborado en el análisis de las proteínas de ***P. pallida*** ensilada y sin ensilar en las heces de ***O. niloticus***, donde encontramos que las heces provenientes del consumo de harina sin ensilar de ***P. pallida***, son mayores (10,60%) que las provenientes de la harina ensilada (8,51%) ($p < 0,05$). (tabla 2).

El uso de bacterias lácticas en seres vivos, es el mejoramiento de la tasa de conversión alimenticia, hecho confirmado por (Naidu *et al.*, 1999) señalan que peces a los cuales se les administró bacterias ácido láctico mejoraron su tasa de conversión alimenticia. A esto se aúna las investigaciones de Chabrillón *et al.*, (2007) afirmando que, una bacteria probiótica estimula la degradación de las proteínas en el tracto intestinal y mejora la digestibilidad aparente de la misma, dándose aportes benéficos al proceso digestivo del hospedero, mediante el aporte de macro y micronutrientes o aporte de enzimas digestivas complementarias a las que el organismo.

Sanz,(2009) refiere que el valor nutritivo de los alimentos no solo depende de su contenido nutricional, sino que también depende de la capacidad que tenga el animal para digerirlos y absorberlos; además la digestibilidad constituye un indicador de la calidad de la materia prima que varía notablemente de una especie a otra. Esto hace destacar a ***O. niloticus***, como un organismo con capacidades adecuadas para el aprovechamiento de dietas con insumos vegetales como la harina ensilada de frutos de ***P. pallida*** que superó en digestibilidad ($p < 0,05$) a la harina de ***P. pallida*** sin ensilar.

Se obtuvo un costo de S. / 2,10 soles por Kg de harina de ensilado biológico de ***P. pallida***, lo que hace como insumo asequible por su bajo costo y considerable valor nutricional, sustituyendo a la harina de pescado por su alto costo, por ello ***P.pallida*** puede ser utilizado disminuyendo de ese modo los costos de producción además de ser un insumo presente todo el año y en cantidades que garantizan su suministro como complemento proteico en dietas para pec

V. CONCLUSIONES

- El valor de la proteína de la harina ensilada de *P. pallida*, fue de 9.57% y la proteína de la harina sin ensilar fue de 11.3%.
- Se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los Coeficientes de Digestibilidad Aparente de la proteína de la harina de ensilado biológico obteniendo un porcentaje de (10,64 %) y la harina sin ensilar (5,57 %) de *P. pallida*, en alevines de *Oreochromis niloticus*.
- Se obtuvo un costo de S/ 2,10 soles por kg de harina de ensilado biológico de *P. pallida*, haciéndolo asequible como complemento proteico en dietas para peces.

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar diferentes proporciones del ensilado biológico de *Prosopis pallida* “algarrobo” como insumo de dietas balanceadas, en el crecimiento de alevines, juveniles y adultos de *O. niloticus*, “*Tilapia*” en laboratorio.
- Evaluar el ensilado biológico de la harina de *Prosopis pallida* como dieta para diversas especies de peces por su alto valor nutricional.
- Evaluar la factibilidad económica de la utilización del ensilado biológico de *Prosopis pallida* como insumo de dietas para *O. niloticus*.
- Evaluar el insumo desde el punto de vista energético.

La información generada en la presente investigación puede servir como referencia para trabajos posteriores relacionados en el aspecto nutricional de ***P. pallida*** “algarrobo” así como su empleo en la formulación de dietas para diferentes especies de peces.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abimorad, E.G.; Squassoni, G.H.; Carneiro, D.J. (2008). Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Aquaculture Nutrition*, v.14, p.374 - 380, DOI: 10.1111/j.1365-2095.2007.00544.x.
- Arnero C., A., (2015). “La vaina de mezquite (*Prosopis spp.*) En la alimentación de Ganado”. Tesis de Titulo Facultad de Ingeniería. Universidad de Torreón, Coahuila. Pp. 9-20.
- Aksnes, A. y J. Opstvedt. (1998). Content of digestible energy in fish feed ingredients determined by the ingredient-substitution method. *Aquaculture* 161, 45– 53.
- Balsinde M., Fraga, LL. & Galindo, J. (2003). Inclusión de ensilado de pescado como alternativa en la elaboración de alimento extruido para el camarón de cultivo (*Litopenaeuss chmitti*). Centro de Investigaciones Pesqueras (Cuba). CIVA, 303-309.
- Cruz, G.S. (2013). Regeneración asexual de mezquite (*prosopis glandulosa torr.*) Por rebrotes de tocón en poblaciones naturales de norte de Coahuila. Tesis. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Saltillo. Coahuila. Mexico
- Dabrowski, K. (1999). “The effects of maca meal on growth and sex differentiation of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*” Ohio - USA. 4 - 26
- FAO. (2010). Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Roma. 3-29p.
- Fernández, J. (2004). Apparent Digestible Energy and Nutrient Digestibility Coefficientsof Diet Ingredients for Pacu *Piaractus brachyomus*. *Aquaculture* (35) 2: 237-244.
- Furuya W. M., (2004). Apparent digestibility coefficient of energy and nutrient of some ingredients of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.)(linhagem tailandesa). *Acta Scientiarum* 23:465-469.

- Galway, N.W., (1990). Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa. *Food Science and Nutrition*. 4: 245-261.
- Guzmán, (2003) Cultivo comercial de la tilapia. Oportunidad productiva para el Perú. Lima, Perú. 13p.
- Gonçalves GE, Carneiro DJ. (2003). Coeficientes de Digestibilidad Aparente da Proteína e Energia de Algunos Ingredientes Utilizados en Dietas para o Pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). *R Bras Zootec.*; 32: 779-786
- Guillaume, J., S. Kaushik, P. Bergot & R, Metailler. (2004). Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Edic. Mundi-Prensa de España, S.A. 475 p.
- Prokopiuk, D.B. (2004). Sucedaneo del café de algarroba (*Prosopis alba* Griseb) Tesis Facultad de Doctorado. Universidad de Valencia. Pp. 9-10
- Hardy, R. W. (1999). Collaborative opportunities between fish nutrition and other disciplines in aquaculture: an overview. *Aquaculture* 177: 217-230.
- Hepher, B. (1993). Nutrición de Peces Comerciales en Estanques. Edit. Limusa S.A. México
- Houser, R.H., y D.M. Akiyama. (1997). Feed Formulation Principles. In: *Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture*, volume 6. pp. 493.
- Lin H, Liu Y, Tian L, Wang J, Zheng W, Huang J, Chen P. (2004). Apparent digestibility coefficients of various feed ingredients for grouper *Epinephelus coioides*. *Journal of the World Aquaculture Society*; 25: 134-142.
- Llanes, J., J. Toledo & J.Lazo. (2007). Tecnología de producción de alimento semihumedo a base de ensilados de residuos pesqueros en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Rev. Electrónica vet* 9:1-6
- Llanes, J., A. Bórquez, J. Toledo & J.M. Lazo de la Vega. (2010). Digestibilidad aparente de los ensilajes de residuos pesqueros en tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Zootec. Trop.*, 28(4): 499-505.
- Mente, E. (2002). Protein turnover, amino acid profile and amino acid flux in juvenile shrimp *Colossoma macropomum*: Effects of dietary protein source. *Journal of Experimental Biology*. 205: 3107- 3122.

- Meyer, D., R. Becker, M.R. Gumbmann, P. Vohra, H. Neukom & R.M. Saunders. (1986). Processing, composition, nutritional evaluation, and utilization of mesquite (*Prosopis* spp.) pods as a raw material for the food industry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 34: 914-919.
- Naidu, A. S., W. R., Bidlack and R. A. Clemens. (1999). *Probiotic spectra of lactic acid bacteria (LAB)*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 38(1), 13-126
- Nwanna, L.C. (2003). Nutritional Value and Digestibility of Fermented Shrimp Head Waste Meal by African Catfish *Clarias gariepinus*. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(6), 339-345.
- Olvera, M., & Olivera, L. (2000). Potencialidad del Uso de las Leguminosas como Fuente Proteica en alimentos para peces. Mérida, Yucatán, México. 73p.
- Paredes T. C. (2010). Efecto de dos concentraciones de esporas de *Bacillus subtilis* solo y combinado con microorganismos eficientes, en dietas, en el crecimiento y cambios morfo-anatómicos del intestino de alevines de *Piaractus brachypomus* "paco", bajo condiciones de laboratorio. (Tesis de grado). Facultad de Ciencias. Escuela de Biología en Acuicultura. Perú. Universidad Nacional del Santa. 72p.
- Pereyra, G. (2013). Guía Técnica de Piscicultura – Madre de Dios. 26 p.
- Pezzato, L., E., Miranda, E. C., Barros, M. M., Quintero-Pinto, L. G., Furuya, W. M. & Pezzato, A.C. (2002). Digestibilidad Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira Zootecnia*, 31, 1595-1604
- Plascencia-Jatomea, M., M. Olvera-Novoa, J.L. Arredondo-Figueroa, G. Hall & K. G. Shirai. (2002). Feasibility of fishmeal replacement by shrimp head silage protein hydrolysate in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) diets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 753-759.
- Ramos, A., Braga, L.Tavares, J. Oliveira & S. Oliveira. (2012). Digestibility of agro-industrial byproducts in 200 and 300-g Nile tilapia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(2),462-466.<https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012000200032>
- Raja, K.; Saravanakumar, A.; Vijayakumar, R. (2012). Efficient synthesis of silver nanoparticles from *Prosopis juliflora* leaf extract and its antimicrobial

activity using sewage. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, v.97, p.490-494,. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.saa.2012.06.038>>.

Richter, N., & Siddhuraju, P. B. (2003). Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, 217, 599-611.

Resendez, V. K. (2014). Evaluación del daño por insectos en la vaina de *Prosopis laevigata* (Wild) M.c. Johnston) en una zona mezquitera del estado de Durango. Tesis Maestría en ciencias de gestión ambiental. Instituto Politécnico Nacional, victoria de Durango, Dgo.

Rustad, T. (2003). Utilization of Marine By- Products. Department of Biotechnology, Norwegian University of Science and Technology. Trondheim, Norway. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry* (4): 458-463.

Roig, F. (1993). Aportes a la Etnobotánica del Género *Prosopis*. En: Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (Eds.). *Conservación y Mejoramiento de Especies del Género Prosopis*. Quinta Reunión Regional para América Latina y el Caribe de la Red de Forestación del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Mendoza, Argentina, 99-119.

Saavedra, M. (2006). Manual de cultivo de tilapia. Departamento de ciencias Ambientales y Agrarias. Universidad Centro americana. Managua, Nicaragua. 24p

Sanz F. (2002). La alimentación en piscicultura. Trouw España S.A. Burgos. XVII curso de especialización FEDNA. http://www.produccionbovina.com.ar/produccion_pe-ces/piscicultura/49-alimentacion.pdf (citado 2016-08-26)

Saldaña, G. (2011). Efecto de dietas con diferentes concentraciones de *Lactobacillus* sp enriquecido con proteína hidrolizada de vísceras de *Argopecten purpuratus*, sobre el crecimiento y supervivencia de alevines de *Oreochromis niloticus* en laboratorio. Tesis para optar el Grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 72p.

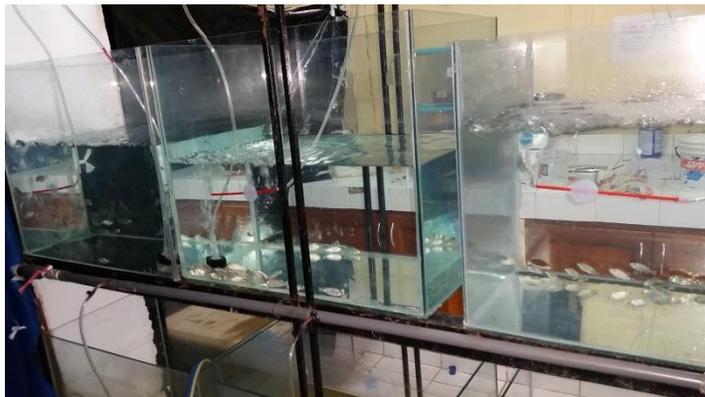
- Sayed, A.M. (2006) Tilapia culture. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK. 277.
- Sklan, D., T. Prag and I. Lupatsch. (2004). Apparent digestibility coefficients of feed ingredients and their prediction in diets for tilapia *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus* (Teleostei, Cichlidae). *Aquaculture Research* 35: 358-364
- Silva, T.R.M., Chung, S., De Araújo, T.A.T., De Azevedo, K.S.P., Dos Santos, M.C., De Almeida Bicudo, Á.J., (2015). Substituição do milho pelo farelo de algaroba (*Prosopis juliflora*) em dietas para juvenis de tilápia do Nilo cultivados em baixa temperatura. *Rev. Bras. Ciências Agrar.* 10, 460–465. doi:10.5039/agraria.v10i3a4168
- Tacon, A.G. (1987) Nutrición Y Alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de Capacitación. Brasilia: FAO- Italia, 1987. 572 p.
- Silva, T.R.M., Chung, S., De Araújo, T.A.T., De Azevedo, K.S.P., Dos Santos, M.C., De Almeida Bicudo, Á.J., (2015). Substituição do milho pelo farelo de algaroba (*Prosopis juliflora*) em dietas para juvenis de tilápia do Nilo cultivados em baixa temperatura. *Rev. Bras. Ciências Agrar.* 10, 460–465. doi:10.5039/agraria.v10i3a4168
- Vasconcelos Mendes, B. (1985). “*Prosopis pallida* at the Semi-arid Brazilian Northeast”. The Current State of Knowledge on Tamarugo- FAO- (pag 217–218)
- Vásquez-Torres W, Yossa M, Hernández G, Gutiérrez MC. (2010). Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (*Oreochromis* sp) *Rev Colomb Cienc Pecu*; 23: 207-216.
- Zamora Salvador y Rubi Vera Cruz. (2009). La digestión en peces. *In* La Nutrición y Alimentación en piscicultura. F.Sanz (Coordinador).Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura.Madrid.41-44p.

ANEXOS

Anexo 1. Frutos de *Prosopis pallida* “algarrobo”



Anexo 2. Unidades de experimentación empleadas en la experiencia. Laboratorio de Acuicultura Continental y Nutrición Nutrición-UNS



Anexo 3. Análisis de varianza del porcentaje de proteína de *P. pallida* “algarrobo” ensilada y sin ensilar en heces de alevines de *O. niloticus*

Fuentes de Variación	SC	GL	CM	Fc
Tratamientos	6,55	1	6,55	327,5(*)
Error	0,09	4	0,025	
TOTAL	6,64	5		

Fc > Ft se rechaza Ho, la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales es rechazada

Anexo 4. Análisis de varianza del Coeficiente de Digestibilidad Aparente en porcentaje de la proteína de la harina de *P. pallida* “algarrobo” ensilada y sin ensilar en alevines de *O. niloticus*

Fuentes de Variación	SC	GL	CM	Fc
Tratamientos	34,81	1	34,81	10,20(*)
Error	13,65	4	3,41	
TOTAL	48,46	5		

Fc > Ft se rechaza Ho, la hipótesis nula de que los tratamientos son iguales es rechazada

Anexo 5. Temperatura del agua (°C) por día y promedio de los acuarios utilizados en el experimento con alevines de *O. niloticus* “tilapia nilótica”.

DIETAS

Día	Harina de Algarrobo			Ensilado de Algarrobo		
	TC1	TC2	TC3	TR1	TR2	TR3
1	23.00	23.01	22.8	22.74	22.78	23.00
2	23.01	22.73	23.0	22.78	23.03	23.01
3	23.02	22.80	23.02	23.03	23.01	23.02
4	22.73	23.00	23.02	23.01	22.79	22.73
5	23.02	23.02	23.00	22.79	22.80	23.02
6	22.74	23.02	22.70	22.80	23.00	22.74
7	22.78	23.00	23.00	23.00	23.02	22.78
8	23.03	22.70	23.01	23.02	23.02	23.03
9	23.01	23.00	23.02	23.02	23.00	23.01
10	22.73	23.01	22.80	23.00	22.70	22.79
11	22.80	23.02	22.90	22.70	23.00	22.80
12	23.00	22.73	23.02	23.00	23.01	23.00
13	23.02	22.90	23.02	23.01	23.02	23.02
14	23.02	23.02	23.00	23.02	22.80	23.02
15	23.00	23.02	23.00	22.80	22.90	23.00
16	22.73	23.00	22.90	22.90	23.02	22.70
17	23.00	23.00	22.80	23.02	23.02	23.00
18	23.01	22.90	22.90	23.02	23.00	23.01
19	23.02	22.73	22.90	23.00	23.00	23.02
20	22.80	22.70	22.70	23.00	22.90	22.80
21	22.90	22.70	22.70	22.90	22.80	22.90
Promedio	22.92	22.91	22.93	22.93	22.93	22.92

Anexo 6. Oxígeno disuelto (mg O₂ L⁻¹) del agua y promedio en los acuarios utilizados en el experimento con alevines de *O. niloticus* “tilapia nilótica”.

DIETAS

Día	Harina de Algarrobo			Ensilado de Algarrobo		
	TC1	TC2	TC3	TR1	TR2	TR3
1	7.45	7.47	7.47	7.46	7.43	7.45
2	7.47	7.43	7.43	7.47	7.44	7.47
3	7.44	7.42	7.47	7.42	7.46	7.44
4	7.46	7.41	7.46	7.42	7.47	7.46
5	7.42	7.45	7.46	7.46	7.42	7.42
6	7.47	7.45	7.44	7.45	7.42	7.47
7	7.43	7.43	7.45	7.46	7.46	7.43
8	7.47	7.43	7.47	7.45	7.45	7.47
9	7.46	7.44	7.46	7.45	7.46	7.46
10	7.46	7.46	7.41	7.43	7.42	7.46
11	7.44	7.47	7.45	7.43	7.47	7.44
12	7.45	7.42	7.43	7.44	7.43	7.45
13	7.47	7.42	7.43	7.46	7.47	7.47
14	7.46	7.46	7.44	7.47	7.46	7.46
15	7.47	7.45	7.46	7.42	7.46	7.47
16	7.43	7.46	7.47	7.42	7.44	7.43
17	7.42	7.47	7.42	7.46	7.45	7.47
18	7.41	7.46	7.42	7.45	7.47	7.46
19	7.45	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
20	7.45	7.44	7.45	7.46	7.41	7.44
21	7.43	7.45	7.46	7.47	7.45	7.45
Promedio	7.44	7.45	7.45	7.45	7.45	7.45