

Evaluación de energía digestible y digestibilidad aparente de tres dietas comerciales y dieta a base de torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

por Cristian Jhoao Vela Apagüeño

Fecha de entrega: 23-oct-2023 11:40a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2200771878

Nombre del archivo: Tesis_Digestibilidad_Cristian_Jhoao_Vela_Apag_e_o_6.docx (4.14M)

Total de palabras: 19234

Total de caracteres: 103308



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución -
4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



Obra publicada con autorización del autor



FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Tesis

Evaluación de energía digestible y digestibilidad aparente de tres dietas comerciales y dieta a base de torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Cristian Jhoao Vela Apagüeño
<https://orcid.org/0000-0002-5393-7951>

Asesor:

Dra. Mari Luz Medina Vivanco
<https://orcid.org/0000-0002-3969-9694>

Coasesor:

Blo.M.Sc. Gilberto Ascon Dionicio
<https://orcid.org/0000-0002-5554-4262>

Tarapoto, Perú

2023



FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Tesis

Evaluación de energía digestible y digestibilidad aparente de tres dietas comerciales y dieta a base de torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

Presentado por

Cristian Jhoao Vela Apagüeño

Sustentado y aprobado el 16 de marzo del 2023, ante el honorable jurado:

Presidente de Jurado

Dr. Oscar Wilfredo Mendieta Taboada

Secretario de Jurado

Dr. Euler Navarro Pinedo

Vocal de Jurado

Ing. Nelson García Garay

Asesor

Dra. Mari Luz Medina Vivanco

Coasesor

M.Sc. Gilberto Ascon Dionicio

Tarapoto, Perú

2023

Declaratoria de autenticidad

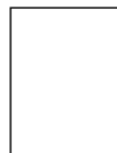
Yo, **Cristian Jhoao Vela Apagüeño**, con DNI N° 70691419, bachiller de la Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Evaluación de energía digestible y digestibilidad aparente de tres dietas comerciales y dieta a base de torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*).**

Declaro bajo juramento que:

- ✓ Esta tesis es un trabajo original de mi autoría.
- ✓ Se ha seguido la normativa actual de las normas APA para la redacción, incluyendo las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
- ✓ No se ha incurrido en el auto plagio en ningún momento.
- ✓ Los datos presentados en los resultados son verídicos, no han sido modificados ni duplicados, por lo tanto, esta investigación se considera como una contribución a la realidad investigada.

Dado lo que he mencionado anteriormente, acepto plenamente las posibles repercusiones de nuestras acciones y nos comprometemos a cumplir con las leyes de nuestro país y las regulaciones actuales de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 16 de marzo del 2023



.....
Cristian Jhoao Vela Apagüeño

DNI N.º: 70691419

Ficha de identificación

| | |
|--|--|
| <p>Título del proyecto</p> <p>Evaluación de energía digestible y digestibilidad aparente de tres dietas comerciales y dieta a base de torta de Sacha Inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.) en juveniles de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).</p> | <p>6</p> <p>Área de investigación: Gestión integral y sostenible de los recursos naturales</p> <p>Línea de investigación: Procesos Agroindustriales de la producción acuícola en la Región de San Martín</p> <p>Sublínea de investigación: Digestibilidad aparente y energía digestible.</p> <p>Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input checked="" type="checkbox"/></p> |
| <p>Autor:</p> <p>Cristian Jhoao Vela Apagüño.</p> | <p>4</p> <p>Facultad de Ingeniería Agroindustrial Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial https://orcid.org/0000-0002-5393-7951</p> |
| <p>Asesor:</p> <p>Dra. Mari Luz Medina Vivanco.</p> | <p>Dependencia local de soporte:</p> <p>Facultad de Ingeniería Agroindustrial Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial Unidad o Laboratorio Ingeniería Agroindustrial https://orcid.org/0000-0002-3969-9694</p> |
| <p>Coasesor:</p> <p>Blgo. M.Sc. Gilberto Ascon Dionicio.</p> | <p>4</p> <p>Contraparte científica:</p> <p>Facultad o Institución: Ingeniería Agroindustrial Unidad o Laboratorio: Ingeniería Agroindustrial País: Perú https://orcid.org/0000-0002-5554-4262</p> |

Dedicatoria

Dedico mi tesis a Dios, quien ha sido mi guía, fuente de inspiración y fortaleza constante.

Expreso mi profundo agradecimiento a mis padres, Jorge Arnaldo Vela López y Marilín Apagüeño Vela, por su apoyo inquebrantable, motivación y constante apoyo en mi trayectoria académica.

También, quiero reconocer a mis hermanas, Dorcas Keren, Naomi Anabel y Samanta Michael, por su incondicional respaldo en el desarrollo de mi tesis.

Finalmente, mi sincero agradecimiento a mis asesores, amigos y familiares por su invaluable apoyo a lo largo de este proceso.

Agradecimientos

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a Dios por todas las bendiciones recibidas, así como a mis padres, quienes me han brindado un valioso ejemplo de laboriosidad, motivación y honestidad.

De manera especial, quiero mostrar mi reconocimiento al equipo de investigación técnica que me ha acompañado en cada etapa de esta tesis, desde su inicio hasta su conclusión.

Por último, deseo expresar mi más sincera gratitud a mis asesores, la Dra. Mari Luz Medina Vivanco y el Blgo. M.Sc. Gilberto Ascón Dionicio, así como a mi presidente de jurado, el Dr. Oscar Wilfredo Mendieta Taboada, por su inestimable apoyo.

Índice general

| | |
|--|----|
| Ficha de identificación..... | 6 |
| Dedicatoria | 7 |
| Agradecimientos | 8 |
| Índice general..... | 9 |
| Índice de tablas..... | 11 |
| Índice de figuras..... | 12 |
| RESUMEN | 13 |
| ABSTRACT | 14 |
| CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN | 15 |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO | 16 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación | 16 |
| 2.2. Fundamentos teóricos | 18 |
| 2.2.1. Generalidades de la Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) | 18 |
| 2.2.2. Requerimientos nutricionales de la Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) | 19 |
| 2.2.2. Generalidades del Sacha Inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>) | 22 |
| 2.2.2. Generalidades de la Torta de Sacha Inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>)..... | 23 |
| 2.2.3. Digestibilidad..... | 25 |
| 2.2.3. Digestión y absorción de nutrientes..... | 25 |
| 2.2.4. Métodos para la determinación de la digestibilidad | 27 |
| 2.2.5. Características del marcador | 28 |
| 2.2.6. Factores que afectan la digestibilidad | 29 |
| 2.2.7. Energía digestible | 31 |
| 2.2.8. Condiciones de calidad del agua | 33 |
| CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS | 35 |
| 3.1. Ámbito y condiciones de la investigación | 35 |
| 3.2. Sistema de variables | 35 |
| 3.2.1. Variables principales | 35 |
| 3.2.2. Variables secundarias..... | 35 |
| 3.3. Procedimientos de la investigación | 35 |

| | |
|--|----|
| | 10 |
| 3.3.1. Materiales, equipos y reactivos de laboratorio..... | 35 |
| 3.3.2. Sistema de Recirculación de agua (RAS)..... | 37 |
| 3.3.3. Elaboración del alimento..... | 38 |
| 3.3.4. Alimentación de los peces | 41 |
| 3.3.5. Recolección de las muestras | 41 |
| 3.3.6. Análisis proximales de las muestras | 42 |
| 4 CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 48 |
| 4.1. Composición proximal de las diferentes dietas | 48 |
| 4.2. Digestibilidad aparente de dietas comerciales en tilapia..... | 49 |
| 4.3. Digestibilidad aparente de las dietas a base de torta de Sacha Inchi..... | 51 |
| 4.4. Digestibilidad aparente de las dietas a base de torta de Sacha Inchi..... | 53 |
| 4.5. Energía digestible de dietas con torta de Sacha Inchi | 55 |
| 16 CONCLUSIONES | 59 |
| RECOMENDACIONES | 60 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 61 |
| ANEXOS | 67 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Composición química de la torta de Sacha Inchi en base húmeda (%)..... | 23 |
| Tabla 2 Características nutricionales de las dietas comerciales..... | 37 |
| Tabla 3 Insumos de las dietas con Sacha Inchi en base a 30 kg..... | 38 |
| Tabla 4 Composición química proximal de las dietas comerciales (BS)..... | 47 |
| Tabla 5 Composición química proximal de torta de Sacha Inchi..... | 47 |
| Tabla 6 Análisis proximal de heces de tilapia, alimentadas dietas comerciales..... | 48 |
| Tabla 7 Análisis proximal de heces de tilapia alimentadas dieta a base Sacha Inchi..... | 48 |
| Tabla 8 Coeficiente de digestibilidad aparente de las tres dietas comerciales..... | 49 |
| Tabla 9 Cuadro de varianza de digestibilidad materia seca con respecto a las dietas comerciales..... | 50 |
| Tabla 10 Cuadro de varianza de digestibilidad de proteínas con respecto a las dietas comerciales..... | 50 |
| Tabla 11 Coeficiente de digestibilidad de la dieta de a base de torta de Sacha Inchi..... | 50 |
| Tabla 12 Coeficiente de digestibilidad de la dieta de a base de torta de Sacha Inchi..... | 51 |
| Tabla 13 Cuadro de varianza de digestibilidad de materia seca con respecto a las dietas elaboradas con torta de Sacha Inchi..... | 52 |
| Tabla 14 Cuadro de varianza de digestibilidad de proteínas con respecto a las dietas elaboradas con torta de Sacha Inchi..... | 52 |
| Tabla 15 Cuadro de varianza de digestibilidad de Lípidos con respecto a las dietas elaboradas con torta de Sacha Inchi..... | 52 |
| Tabla 16 Energía digestible aparente de las tres dietas comerciales (Mcal/kg) en tilapia..... | 53 |
| Tabla 17 Cuadro de varianza de energía digestible de la materia seca con respecto a las dietas comerciales..... | 54 |
| Tabla 18 Cuadro de varianza de energía digestible de proteínas con respecto a las dietas comerciales..... | 54 |
| Tabla 19 Cuadro de varianza de energía digestible de los Lípidos con respecto a las dietas comerciales..... | 54 |
| Tabla 20 Energía digestible aparente en dieta a base de torta de sacha inchi (Mcal/kg) en tilapia..... | 55 |
| Tabla 21 Cuadro de varianza de energía digestible de la materia seca con respecto a las dietas elaboradas con torta de sacha inchi..... | 56 |
| Tabla 22 Cuadro de varianza de energía digestible de proteínas con respecto a las dietas elaboradas con torta de sach inchi..... | 56 |
| Tabla 23 Cuadro de varianza de energía digestible de Lípidos con respecto a las dietas elaboradas con torta de sach inchi..... | 57 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| <i>Figura 1.</i> Frutos de Sacha Inchi con cuatro, cinco y seis lóbulos..... | 22 |
| <i>Figura 2.</i> Diagrama de flujo de elaboración de las dietas comerciales..... | 37 |
| <i>Figura 3.</i> Diagrama de flujo de la dieta elaborada a base Sacha Inchi..... | 39 |
| <i>Figura 4.</i> Digestibilidad aparente de las tres dietas comerciales..... | 49 |
| <i>Figura 5.</i> Digestibilidad aparente de las dietas elaboradas con torta de Sacha Inchi..... | 51 |
| <i>Figura 6.</i> Energía digestible de tres dietas comerciales en tilapia..... | 53 |
| <i>Figura 7.</i> Energía digestible de dietas con Sacha Inchi a tres temperaturas de cocción en tilapia..... | 55 |

RESUMEN

EVALUACIÓN DE ENERGÍA DE DIGESTIBLE Y DIGESTIBILIDAD APARENTE DE TRES DIETAS COMERCIALES Y DIETA A BASE DE TORTA DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*. L) EN JUVENILES DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*).

El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Escuela de Medicina Veterinaria ubicada en el Fundo Miraflores de la Universidad Nacional de San Martín – Carretera Bello Horizonte – Banda de Shilcayo. El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar la digestibilidad aparente de tres dietas comerciales y evaluar el tiempo de cocción (0, 15 y 30 min) de una dieta preparada con inclusión de torta de sachá inchi, en la digestibilidad aparente y en la energía digestible de la masa seca, proteínas y lípidos. Se utilizó un sistema RAS, con 12 acuarios adecuados para la extracción de heces, para la determinación de la digestibilidad aparente se utilizó el método indirecto, utilizando óxido de cromo, como marcador. De los resultados se concluye que, en la evaluación de la digestibilidad en las dietas comerciales, tanto en la Tilapia (*Oreochromis niloticus*), existió diferencia significativa ($p < 0.05$) de la digestibilidad de masa seca; en tilapia, además, en las proteínas. En la evaluación del tiempo de cocción, se encontró influencia significativa ($p < 0.05$) de esta variable, en la digestibilidad aparente de la masa seca y la proteína; aumentando la digestibilidad aparente con el aumento del tiempo de cocción hasta, aproximadamente, 20 min, para después decrecer con el aumento del tiempo de cocción. En relación a la energía digestible, tanto en las dietas comerciales como en la dieta con inclusión de torta de sachá inchi, en Tilapia (*Oreochromis niloticus*) existió influencia significativa ($p < 0.05$) en la masa seca.

Palabra clave: Digestibilidad, energía digestible, coeficiente de digestibilidad.

ABSTRACT

EVALUATION OF DIGESTIBLE ENERGY AND APPARENT DIGESTIBILITY OF THREE COMMERCIAL DIETS AND SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*. L) CAKE-BASED DIET IN TILAPIA JUVENILE (*Oreochromis niloticus*).

⁴⁵ The research work was carried out in the facilities of the Veterinary Medicine School located in the Fundo Miraflores of the National University of San Martín - Bello Horizonte Road - Banda de Shilcayo. ⁵² The objective of this work was to evaluate the apparent digestibility of three commercial diets and to evaluate the cooking time (0, 15 and 30 min) of a diet prepared with the inclusion of sacha inchi cake, in the apparent digestibility and digestible energy of dry mass, proteins and lipids. A RAS system was used, using 12 aquariums suitable for the extraction of feces, the indirect method was used for the determination of apparent digestibility, using chromium oxide as a marker. The results conclude that, in the evaluation of digestibility in commercial diets, both in Tilapia (*Oreochromis niloticus*), ⁵⁰ there was a significant difference ($p < 0.05$) in the digestibility of dry mass; in Tilapia, as well as in protein. In the evaluation of cooking time, a significant influence ($p < 0.05$) of this variable was found in the apparent digestibility of dry mass and protein; the apparent digestibility increased when cooking time increased up to approximately 20 min, and then decreased when cooking time increased. Regarding digestible energy, both in the commercial diets and in the diet with the inclusion of sacha inchi cake, ³¹ a significant influence ($p < 0.05$) was found in the dry mass of Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Keyword: Digestibility, digestible energy, digestibility coefficient.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

Los problemas actuales de la población con la falta de alimentos nutritivos de origen animal han facilitado el desarrollo de numerosos programas de cría de diversas especies para satisfacer las necesidades de la comunidad. Uno de estos programas es la cría de la tilapia, que actualmente está cobrando fuerza en nuestra nación.

Debido a la falta de estudios, en la actualidad se conoce poco sobre este tipo de explotación en la región peruana de San Martín. Como consecuencia, se han desarrollado métodos de explotación deficientes, lo que ha tenido efectos negativos en las personas que la gestionan. Uno de los principales problemas es el elevado coste de producción. Los productos en el mercado no garantizan que el pescado contenga proteínas; uno de los elementos más frecuentemente presentes en la elaboración de platos saludables, como fuente de proteínas es la harina de pescado, que tiene altos costos y cuya prevalencia ha llevado a que su derivado, la tilapia como carne, tienda a adquirir este sabor, poco apetecible para los consumidores. Es esencial llevar a cabo un estudio, ya que el Sacha Inchi se presenta como una fuente rica en proteínas y de fácil obtención.

Con el fin de examinar la energía digestible y la digestibilidad aparente en la dieta de tilapia juvenil (*Oreochromis niloticus*), se decidió llevar a cabo una investigación como sustituto de la alimentación de peces.

40
CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

Espinoza (2017) en su tesis de investigación, "Digestibilidad de nutrientes y energía digestible de torta de soja (*Glycine max*) en juveniles de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*)", El objetivo del estudio era calcular el coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) mediante el método indirecto con el fin de determinar la capacidad de asimilación aparente de elementos como la materia seca, proteína bruta, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno y la energía digerible contenidos en la torta de soja (*Glycine max*) para el sábalo colirrojo (*Brycon erythropterum*). Se emplearon 24 juveniles de sábalo colirrojo, cada uno de los cuales pesaba inicialmente 184,08 gramos y medía 17,43 cm. Se repartieron en seis miniacuarios tipo Guelph, cada uno con cuatro peces. La fase de prueba duró 30 días, entre mayo y junio de 2016, e incluyó recogidas diarias de heces. En juveniles de sábalo colirrojo (*Brycon erythropterum*), la torta de soja tuvo un coeficiente de digestibilidad claramente, se observaron los siguientes valores: 60.29% para la materia seca, 82.73% para la proteína, 96.16% para el extracto etéreo, 54.26% para el extracto libre de nitrógeno y 78.17% para la energía bruta. La torta de soja proveniente de sábalo cola roja exhibía un valor de energía digestible (ED) de 3.70 Mcal/kg en estado seco y 3.32 Mcal/kg en su estado fresco, lo que representaba el 89.60% de contenido de materia seca.

Huarca y Franco (2016) en su investigación, "Digestibilidad aparente de la proteína de la harina de ensilado biológico de *Psidium guajava* (guayaba) en alevines de *Oreochromis niloticus* (tilapia nilótica)", la harina de ensilaje biológico de *Psidium guajava* (guayaba) se sometió a pruebas de laboratorio para determinar la digestibilidad proteica aparente en alevines de *Oreochromis niloticus* (tilapia nilótica). Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado para distribuir 150 ejemplares, con un peso total y una longitud medios de 0,69 g y 3,78 cm, respectivamente, entre dos tratamientos con tres repeticiones. *Psidium guajava* tiene una digestibilidad proteica aparente de 71,19%. Se determinó que, a pesar de tener un bajo contenido proteico, la harina de ensilaje biológico de *Psidium guajava* podría convertirse en un alimento útil por sus efectos amebicida, antibacteriano y antifúngico en alevines de *O. niloticus* (tilapia nilótica).

Saldaña (2011) en su trabajo de investigación, "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", donde, utilizando un diseño experimental completamente

aleatorizado, se evaluaron los efectos de dietas que contenían 2, 4 y 8% de *Lactobacillus sp.* enriquecidas con una tasa de sobrevivencia con un peso medio al comienzo de 0.084 gramos y una longitud total promedio inicial de 1.80 centímetros.. La ganancia de peso y la supervivencia aumentaron en proporción directa a la concentración de *Lactobacillus sp.* evaluada. Para maximizar el aumento en tamaño y la tasa de supervivencia de los alevines de *Oreochromis niloticus*, se sugiere el uso de dietas mejoradas con proteína hidrolizada de vísceras de *A. purpuratus* y *Lactobacillus sp.*

Pizzini (2017) en su trabajo de investigación, "Evaluación de la inclusión de harina de camote (*Ipomoea batatas*) en dietas de alevinos de tilapia de roja (*Oreochromis spp.*) sobre su comportamiento productivo en condiciones de laboratorio", donde se evaluó el impacto de la adición de harina de camote (*Ipomoea batatas*) sobre la supervivencia, conversión alimenticia y composición corporal de alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp.*). El experimento se realizó en la Universidad Nacional Agraria La Molina durante seis semanas en el Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Pesquería. Se establecieron cuatro tratamientos, cada uno con tres réplicas, en los que se incluyó harina de camote en tres niveles (10, 20 y 30%), y el tratamiento control no contenía harina de camotes. El estudio se inició con alevines que tenían un peso promedio de 10 gramos. Fueron alimentados en cuatro ocasiones diarias (a las 8:00, 11:00, 13:00 y 16:00 horas) los siete días de la semana. La cantidad de alimento suministrada varió entre el 7% y el 3.5% de su peso corporal, manteniendo este régimen hasta que alcanzaron un peso promedio final de 50 gramos. Al concluir el experimento, se observó que la dieta que contenía un 10% de harina de camote generaba mejores resultados en términos de aumento de peso y eficiencia alimentaria, sin que se encontraran diferencias significativas en comparación con la dieta de control. Cuando se añadió harina de camote en concentraciones de 20% y 30%, se observó que tanto la tasa de crecimiento como la conversión alimenticia diferían considerablemente. En relación a las dos dietas mencionadas. El examen proximal reveló que la concentración de proteína en el músculo de los peces se reducía a medida que aumentaba la cantidad de harina de camote en la dieta; sin embargo, la proporción de grasa no se vio afectada por las distintas tasas de inclusión. En ninguno de los tratamientos, el músculo de los alevines presentaba pigmentación. Se determinó que la adición de harina de camote a las dietas de alevines de tilapia es ventajosa cuando se hace hasta un 10%, obteniéndose el beneficio óptimo.

Pimentel (2017) en su trabajo de investigación, "Efecto del ensilaje biológico en la digestibilidad aparente de la proteína en harina de algarrobo (*Prosopis pallida*) en alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*)", averiguaron cómo afectaba el ensilaje biológico a la capacidad percibida de los alevines para digerir las proteínas *Oreochromis niloticus* (tilapia nilótica) de la dieta de *Prosopis pallida* (algarrobo). El estudio se realizó durante 21 días en la Facultad de

Ciencias de la Escuela Académica Profesional de Biología Acuícola de la Universidad Nacional de Santa Fe. Se emplearon 150 alevinos de *Oreochromis niloticus*, Con un peso y tamaño medio de 2.21 gramos, con una variabilidad de ± 0.5 gramos, y una longitud de 3.5 centímetros, con una variabilidad de ± 0.5 centímetros. En el proceso de análisis, se asignaron 25 alevinos a cada acuario, dividiéndolos en un grupo de tratamiento experimental y otro grupo de control de siembra. En este estudio, se empleó ensilado con el propósito de mejorar la capacidad de digestión. Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la digestibilidad entre la harina de *P. pallida* ensilada (10,64%) y la harina de *P. pallida* no ensilada (5,57%). Se evidenció que las heces resultantes del consumo de harina de *P. pallida* sin ensilar presentaban un nivel de digestibilidad más elevado (10,60%) en comparación con las heces provenientes del consumo de harina ensilada (8,51%).

Guevara (2015) en su investigación, "Digestibilidad aparente de la proteína de la harina de ensilado biológico de residuos de *Sciaena deliciosa lorna* en juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*)", se realizó un estudio para medir la capacidad de los juveniles de la especie *Piaractus brachypomus*, comúnmente llamada 'paco', para digerir la proteína presente en la harina de ensilado biológico elaborada a partir de residuos de *Sciaena deliciosa lorna* (ERL). Utilizando 60 muestras, cada una con una longitud total y un peso medios de 8,9 cm y 13,5 g, y se les asignó a un grupo de tratamiento y un grupo de control, cada uno con tres réplicas. El diseño experimental fue totalmente aleatorizado. La capacidad percibida de la proteína en la dieta que incluía ERL fue del 83,73%, comparable ($p > 0,05$) a la media de los que recibieron harina de pescado, que fue del 91,48%. Conclusiones: El ensilado biológico derivado de los desechos de *S. deliciosa* "lorna" demuestra una elevada digestibilidad y representa una excelente opción en lugar de la harina de pescado para alimentar a las crías de "paco" (*Piaractus brachypomus*).

2.2. Fundamentos teóricos.

2.2.1. Generalidades de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Clasificación Taxonómica:

Nombre común: Tilapia Negra (Tilapia del nilo).

Familia: Cichlidae (Cíclidos).

Subfamilia: Pseudocrenilabrinae.

Género: *Oreochromis*.

Especie: *Oreochromis niloticus*.

La tilapia es un pez autóctono que se encuentra en su origen en África y Oriente. Debido a sus rasgos de rusticidad, son ideales para la piscicultura rural porque tienen una gran capacidad para utilizar las fuentes naturales de alimento presentes en el medio ambiente (Baltazar y Palomino, 2004).

Según el estudio realizado por Baltazar y Palomino (2004), estas especies exhiben notables características biológicas, tales como una significativa capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales, con énfasis en su habilidad para enfrentar cambios bruscos de temperatura. Además, presentan una mayor resistencia a enfermedades, una eficiente conversión de alimentos que se traduce en altos rendimientos, una mayor tolerancia a bajos niveles de oxígeno, así como la capacidad de sobrellevar la alta densidad de población en estanques y una cierta adaptación a aguas salobres.

Las tilapias han habitado una amplia variedad de ambientes a lo largo de su área de distribución nativa, estos entornos incluyen una amplia variedad de hábitats, desde arroyos de flujo constante y esporádico, ríos extensos y profundos, hasta lagos de gran profundidad, cuerpos de agua en áreas pantanosas y cuerpos de agua dulce. La mayor parte del tiempo, las tilapias de piscifactoría permanecen en aguas poco profundas con una corriente mínima (aguas lénticas), donde se alimentan y reproducen (Arboleda, 1990).

Al igual que numerosas otras variedades de peces., las tilapias obtienen su alimento a partir de zooplancton. cuando aún son larvas jóvenes. Cuando son adultas, suelen alimentarse de algas, macrófitos, restos vegetales y fitoplancton (El Sayed y Teshima, 1991). También pueden ser omnívoros o detritívoros. Debido a su baja posición en la cadena alimentaria, tienen una ventaja significativa sobre otros peces cultivados (Fitzsimmons, 1998).

2.2.2. Requerimientos nutricionales de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

2.2.2.1. Proteína.

Las proteínas son necesarias para el mantenimiento, el crecimiento y la reproducción porque constituyen las partes constituyentes de los tejidos animales. Los peces necesitan proteínas a nivel de mantenimiento para reponer los tejidos desgastados y los productos derivados de las proteínas, incluidos el epitelio intestinal, las enzimas y las hormonas, que son cruciales para el funcionamiento saludable del organismo. Entre el 45% y el 75% de la proteína del tejido seco se requiere para la síntesis proteica (Hepher, 1993; Lim, 1997).

El crecimiento de los animales puede atrofiarse o detenerse debido a la falta de proteínas, lo que puede provocar incluso una pérdida de peso (Lim, 1997). Por otra parte, la abundancia de proteínas encarece la fabricación de piensos y la hace ineficaz (NRC, 1993), ya que las

proteínas se consumirán como energía y además elevarán el grado de concentración de amonio del agua (El Sayed y Teshima, 1991).

¹ La cantidad de contenido proteico que necesita un pez depende de diversos factores, como su edad y fase de desarrollo, el hábitat en el que vive, Los mecanismos fisiológicos específicos y las rutinas de alimentación que les son propias. (Hepher, 1993). Según Lim (1997), la tilapia puede desarrollar todo su potencial con dietas que oscilan entre el 20% y el 56% de proteína bruta. Según Montoya (2002), los alevines de tilapia roja crecían más rápidamente cuando el contenido de proteína alcanzaba el 40%.

⁴² 2.2.2.2. **Energía.**

La energía no es considerada como un nutriente; en cambio, es un producto resultante de la oxidación y el metabolismo de los lípidos, aminoácidos y carbohidratos (NRC, 1993). Para tareas fundamentales como la respiración, la osmorregulación, la circulación sanguínea y la natación en el agua, los peces necesitan una cantidad determinada de energía (Hepher, 1993). Todos los alimentos orgánicos que ingieren los peces son fuentes potenciales de energía porque se queman y liberan calor (Lim, 1997; NRC, 1993). Así que, aunque generalmente se le da prioridad a la proteína debido a que es el componente más costoso de la dieta, la concentración de energía debería ser la principal consideración nutricional al elaborar una dieta para peces (NRC, 1993).

La cantidad de energía requerida varía en función de elementos como ¹ la temperatura del agua, la especie, el tamaño, la edad, la actividad física, ¹ la composición de la dieta, entre otros factores (Popma y Lovshin, 1996).

Un exceso de energía digerible puede ralentizar el ritmo de crecimiento de los peces, por lo que debe tenerse en cuenta al formular la dieta. En una dieta con bajos niveles de energía, la proteína se empleará principalmente para el mantenimiento en lugar de fomentar el crecimiento. Por otra parte, una dieta con exceso de energía puede hacer que los animales consuman menos alimento, esto disminuye ¹ la cantidad de proteínas y otros nutrientes requeridos para lograr un crecimiento óptimo. También pueden depositarse ² grandes cantidades de grasa corporal que pueden no ser aceptables para la comercialización como resultado de ratios energéticos excesivamente altos (El Sayed y Teshima, 1991).

De acuerdo con ¹ Popma y Masser (1999), los niveles óptimos de energía digerible para la tilapia oscilan entre 8.2 y 9.4 Kcal por cada ¹ gramo de proteína.

¹ 2.2.2.3. **Lípidos.**

Los lípidos desempeñan una función fundamental como fuente de energía, ya que son la única ²⁹ fuente de los ácidos grasos esenciales necesarios para el crecimiento de los peces. Los

ácidos grasos poliinsaturados ejercen un impacto notable en la flexibilidad y permeabilidad de las membranas celulares, el funcionamiento convencional de las mitocondrias y la actividad enzimática, en particular la ATPasa.

La cantidad de lípidos en la dieta está inversamente relacionada con la cantidad de proteínas. En consecuencia, se requieren niveles de grasa del 6 al 8% para niveles de proteína del 40%. Según Alicorp (2001), se aconseja un 3 a 3,5% de grasa a niveles de 25 a 30% de proteína y un 4,5 a 6% de grasa a 35% de proteína. El mejor crecimiento en híbridos rojos y el mayor grado de ahorro energético se alcanzaron cuando la cantidad de lípidos en la dieta fue del 18%, según Da Silva et al. (1991), a quienes hace referencia Stickney (1997). De manera similar, de acuerdo con las recomendaciones de Alicorp (2001), las dietas destinadas a la tilapia deben incluir aproximadamente un 0.5 a 1% de ácidos grasos pertenecientes a la familia linolénica (serie 3) y alrededor del 1% de la familia linoleica.

2.2.2.4. Carbohidratos.

En las zonas tropicales y subtropicales donde la cría de tilapia es una práctica habitual, Los carbohidratos son la fuente de energía más accesible y asequible (Lim, 1997). Además, cumplen una función de almacenamiento en la utilización de la proteína de la dieta y cumplen un rol fundamental al servir como precursores en la producción de diversos compuestos metabólicos necesarios para el desarrollo de los peces (NRC, 1993).

Las tilapias, debido a su naturaleza herbívora u omnívora, muestran una mayor eficiencia en la asimilación de los carbohidratos en contraste con peces carnívoros y otras variedades, como se documenta en la investigación de Stickney (1997).

Los informes de investigación de Teshima, Anderson y El-Sayed (1991), que son referenciados por El Sayed y Teshima (1991), muestran que la tilapia tiene la capacidad de aprovechar de manera eficiente aproximadamente el 35-40% de los carbohidratos en su dieta. Además, subrayan que un aumento en la cantidad de carbohidratos en la alimentación resulta en el uso de proteínas para el crecimiento.

2.2.2.5. Vitaminas.

Debido a su función como aceleradores en todos los procesos metabólicos, las vitaminas son compuestos orgánicos esenciales que deben ser incluidos en la alimentación para asegurar una nutrición adecuada de la tilapia (Alicorp, 2001). Dado que su cría se realiza mayormente en estanques, en los cuales los peces consumen una cantidad considerable de alimentos naturales que les proveen vitaminas y minerales, no se han realizado investigaciones exhaustivas para evaluar sus necesidades nutricionales (Stickney, 1997).

Al acelerar todos los acontecimientos metabólicos, las vitaminas son agentes cruciales para el desarrollo (Alicorp, 2001). Para esta especie, ciertas vitaminas, como la B12, no son esenciales, ya que los microorganismos en su tracto digestivo tienen la capacidad de sintetizarlas internamente. En esta especie no requiere estas vitaminas, ya que los microorganismos en el intestino tienen la capacidad de producirlas internamente, como se menciona en el estudio de El Sayed y Teshima de 1991. Dado que son potentes antioxidantes y que la vitamina C favorece el sistema inmunitario del pez, las vitaminas C y E son probablemente las más cruciales (Tacon, 1989).

2.2.2.6. Minerales.

Los minerales son sustancias orgánicas que los peces necesitan para diversas funciones, como el apoyo estructural, los minerales desempeñan un papel esencial como cofactores en sistemas enzimáticos y son fundamentales en la regulación de aspectos como el equilibrio osmótico, ácido-base y el funcionamiento apropiado de los nervios y músculos, tal como se detalla en la investigación de El Sayed y Teshima de 1991. Además, estos minerales también tienen un impacto en el desarrollo de huesos, escamas y dientes, como se señala en el informe de Alicorp en 2001.

Según El Sayed y Teshima (1991), las dietas para tilapia deben contener entre un 0,5 y un 0,7% de fósforo accesible. Desde el punto de vista nutricional, sólo un tercio del fósforo que se encuentra en los granos y la materia vegetal es accesible. La capacidad de la tilapia para absorber fósforo inorgánico aumenta las necesidades de fósforo. De forma similar, el organismo absorbe del agua minerales como calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, cobre, yodo y selenio (Popma y Lovshin, 1996).

2.2.2. Generalidades del Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*).

La planta *Plukenetia volubilis* Linnaeus, que es comúnmente referida como Sacha Inchi, es conocida por varios nombres, incluyendo maní inca, maní silvestre, maní sachá y maní de montaña, se ubica en las regiones bajas de la Amazonia en Perú y pertenece a la familia de las euforbiáceas. Sus vasijas de arcilla con forma de fruta descubiertas en sociedades preincaicas son prueba de que se ha cultivado y consumido durante mucho tiempo. En la Amazonia peruana se utiliza habitualmente en diversos platos autóctonos (Nusselder & Cloesen, 2015).

La planta nativa del Amazonas conocida como Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* Linnaeus) también se conoce como Amui, sachá yuchi, sachá yuchiqui, sampannankii, suwaa, maní del monte, o maní del inca (Alvarez & Ros, 2007), este género es miembro de la familia Euphorbiaceae y se distingue por tener plantas que son útiles para la producción de bienes incluyendo caucho, tapioca, ceras y aceites, existen 17 especies en este género, de las cuales 12 se encuentran en América del Norte, 3 en África, 1 en Madagascar y 1 en Asia (Jiménez, 2000). Las hojas de esta planta trepadora se presentan en disposición alterna y tienen una forma parecida a un corazón. Tienen dimensiones que oscilan entre 10 y 12 cm de longitud por 8 a 10 cm de ancho, con una forma elíptica y bordes dentados. Estas hojas se conectan al tallo a través de peciolo que tienen una extensión de 2 a 6 cm. Es temperamental, semileñosa y tiene un hábito de crecimiento incierto. Las costillas están orientadas hacia el ápice cuando surgen desde el punto de origen en la nervadura central. El fruto tiene forma de estrella y puede tener entre cuatro y ocho lóbulos, siendo cuatro o cinco los más comunes (Figura 1). Cuando maduran, estos frutos se separan y dividen, endureciendo las paredes de sus cuerpos. Las semillas son de forma lenticular, de color marrón oscuro, onduladas y veteadas, y de 1,5 a 2 cm de diámetro cuando el fruto está maduro (Gómez, 1993).



Figura 1.

Frutos de Sacha Inchi con cuatro, cinco y seis lóbulos.

2.2.2. Generalidades de la Torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*).

De acuerdo con la información proporcionada por Aquino en 2015, la torta es un subproducto que se obtiene durante el proceso de extracción de aceite comestible a partir de las semillas. El aceite comestible se destaca como una importante fuente de proteínas debido a sus beneficios nutricionales y sus aplicaciones prácticas en la alimentación. Actualmente, la industria está interesada en el desarrollo de derivados de la torta de Sacha Inchi. La torta de Sacha Inchi se convierte en una fuente de proteínas y aminoácidos vitales como resultado de la extracción del aceite. No obstante, la torta presenta desafíos, como su limitada solubilidad y la presencia de compuestos químicos indigeribles. Dado su alto contenido proteico, es de suma importancia explorar soluciones durante el proceso de elaboración para contrarrestar

estos aspectos desfavorables. La Tabla 1 proporciona un listado de los componentes químicos presentes en la torta de Sacha Inchi.

Tabla 1.

Composición química de la torta de Sacha Inchi en base húmeda (%).

| Componentes | 1* | 2* | 3* | 4* |
|---------------|-------|------|-------|-------|
| Humedad | 5.09 | 6.8 | 12.36 | 0.7 |
| Proteína | 32.53 | 40.7 | 47.09 | 58.72 |
| Grasa | 35.44 | 7.5 | 18.22 | 6.88 |
| Carbohidratos | 20.87 | 42.5 | 14.28 | 7.86 |
| Cenizas | 3.07 | 2.5 | 5.32 | 8.66 |

Fuente: 1* Ruiz (2013); 2* Jagersberger (2013); 3* Mercado et.al (2012); 4* Pascual y Mejía, (2000)

De acuerdo con la explicación proporcionada por De Dios y sus colegas en 2009, el término "antinutrientes" hace referencia a compuestos que disminuyen el valor nutricional de ciertos alimentos, especialmente semillas, al dificultar la absorción de nutrientes como proteínas y minerales que son comunes en alimentos de origen vegetal. Estos factores antinutritivos se generan como parte del metabolismo secundario de las plantas y cumplen una función de defensa contra bacterias, insectos, hongos y aves.

El núcleo de Sacha Inchi tiene una cubierta rugosa que se adhiere firmemente, como mencionado por Obregón (2000) y citado por Palpa (2007). Esta cubierta rugosa provoca sensaciones astringentes al consumirse cruda, lo que se asocia a la presencia de taninos que pueden eliminarse mediante cocción prolongada, tostado o pelado químico con NaOH.

Dentro de los elementos antinutricionales presentes en el Sacha Inchi, se incluyen las saponinas y los taninos. Estos compuestos orgánicos no fibrosos son generados como parte del metabolismo secundario de las plantas, donde actúan como mecanismos de defensa contra hongos, y tienden a formarse durante el desarrollo de las semillas. (Elizalde 2002, citado por Valles 2012). Es relevante destacar que estos factores antinutricionales son sensibles al calor y pueden ser desactivados o eliminados a través de procesos como la cocción, el escaldado o el tostado.

Conforme a las observaciones de Valles (2012), la formación de espuma es un atributo de las saponinas y tiene un impacto relevante en el sabor amargo de semillas crudas como la quinua, la soja y el sachá inchi. Además, Valles sugiere que los taninos son grupos de compuestos fenólicos, específicamente polifenoles, que pueden unirse a los nutrientes y, de esta manera, resistir la acción de las enzimas digestivas. Cabe destacar que la cáscara es la parte de la planta que concentra la mayor cantidad de taninos.

2.2.3. Digestibilidad.

Con base en las explicaciones de McDonald (2006),⁴⁴ la digestibilidad se refiere a la fracción de alimento que no se excreta en las heces y, en su lugar, es asimilada por el organismo del animal. Este concepto se representa como un coeficiente porcentual en relación a la materia seca. La digestibilidad es la medida de la capacidad de un alimento para descomponerse en nutrientes aprovechables durante el proceso digestivo. Según Au y Bidart (1992),¹ comprende dos etapas: la digestión, que involucra la descomposición de las moléculas de alimentos, y la absorción de las moléculas más pequeñas (como aminoácidos y ácidos grasos) en el tracto intestinal. Además, este criterio se utiliza para evaluar el valor nutricional de varios componentes que se emplean en la formulación de alimentos para acuicultura, como se señala en el trabajo de Gonçalves y Carneiro (2003).

El análisis químico puede proporcionar el valor teórico de un alimento al indicar la cantidad de un nutriente específico que contiene. Sin embargo, el valor real que este alimento aporta a un animal solo se puede determinar después de considerar las pérdidas inevitables que ocurren durante los procesos de digestión, absorción y metabolismo, como señala McDonald (2006). La cantidad de un nutriente en particular que se pierde en el sistema digestivo se cuantifica como parte de la evaluación de la digestibilidad, como se menciona en el trabajo de Church (2003).

Conocer la digestibilidad del elemento es crucial porque, para que la proteína u otro elemento sea absorbido y, en última instancia, utilizado por el organismo que lo consume, también debe estar presente en altas concentraciones en el pienso (o en los ingredientes) (NRC, 1993).

De igual manera, en la acuicultura, la investigación de la digestibilidad se enfoca en la mejora de la calidad de los alimentos para peces, en la comprensión más profunda del potencial aprovechamiento de nutrientes y en la reducción del desperdicio de alimentos, lo que contribuye a la preservación del entorno, especialmente la calidad del agua, como señala Guillaume (2004). Típicamente, hay dos enfoques para evaluar la digestibilidad en diversas especies animales, que incluyen tanto métodos in vivo como in vitro. Aunque en ocasiones el primer método involucra al animal directamente, la segunda técnica implica procesos digestivos artificiales simplificados en un entorno de laboratorio (Jara, 2013, citando a Rosales y Tang, 1998).

¹ 2.2.3. Digestión y absorción de nutrientes.

La digestión se refiere a la conversión de los componentes alimenticios, como proteínas, carbohidratos y grasas, en subunidades que pueden ser transportadas desde el tracto digestivo al medio interno del animal, gracias a la acción de las secreciones enzimáticas del

sistema digestivo. En el caso de los peces, cuentan con diversos sistemas enzimáticos que pueden variar a lo largo de su ciclo de vida y en respuesta a factores como el entorno y el tipo de alimento que consumen (Moyle y Cech, 2000).

Las enzimas son típicamente moléculas de naturaleza proteica y solubles en agua que aceleran las reacciones hidrolíticas. Entre estas enzimas, las proteasas, como la pepsina en el estómago y la tripsina, quimotripsina y aminotripsina en el intestino medio y posterior, descomponen las proteínas en los peces. Además, el páncreas produce lipasas y carbohidrasas, que son enzimas digestivas utilizadas para descomponer lípidos y carbohidratos, respectivamente. Durante este proceso, se liberan el pepsinógeno y el ácido clorhídrico en el estómago, mientras que la enteroquinasa, alfa-glucosidasa, tripsinógeno, quimiotripsinógeno y alfa-amilasa se segregan en el intestino, el páncreas y el estómago, según Blanco (1995).

La cantidad de tiempo que los nutrientes están en contacto con el epitelio absorbente determina la cantidad de los mismos que se absorben, por lo que una dieta que se mueve rápidamente a través del tracto digestivo puede conducir a una utilización menos eficiente de los alimentos porque no hay tiempo suficiente para la digestión y la absorción (Shiau y Lin, 1993).

En el estómago, las proteínas contenidas en los alimentos inician el proceso de hidrólisis. En esta etapa, la pepsina, una endopeptidasa liberada en forma de pepsinógeno por las células parietales de la mucosa gástrica, descompone las proteínas en fragmentos de menor peso molecular.

Estos fragmentos polipeptídicos ingresan al duodeno, donde son fragmentados en unidades más pequeñas por tres enzimas endopeptidasas presentes en el jugo pancreático: la tripsina, la quimotripsina y la elastasa. Hasta este punto, no se han generado aminoácidos libres. No obstante, comienzan a formarse a medida que dos enzimas exopeptidasas, la aminopeptidasa intestinal y la carboxipeptidasa, ambas de origen pancreático, actúan sobre los péptidos desde sus extremos. Por último, aunque los tripéptidos y dipéptidos aún están presentes, las tripeptidasas en el borde en cepillo del intestino realizan la hidrólisis. Esto da como resultado la descomposición de las proteínas alimentarias en aminoácidos libres, dipéptidos y tripéptidos (Brandan y Aispuru, 2015).

Diversos procesos se emplean para incorporar los productos de la descomposición de las proteínas en las células epiteliales intestinales (enterocitos). Un transporte activo estereoespecífico se encarga de introducir un grupo de aminoácidos libres en un proceso análogo a la absorción de la glucosa, donde se utiliza un transporte de Na⁺ dependiente de la bomba Na⁺/K⁺ ATPasa. Este mecanismo se aplica a aminoácidos como fenilalanina,

metionina, aminoácidos ácidos, prolina, aminoácidos neutros y aminoácidos aromáticos y alifáticos. Además, algunos aminoácidos (hidrófobos básicos y neutros) ingresan a la célula mediante difusión, sin depender del Na^+ . Por otro lado, los dipéptidos y tripéptidos se transportan mediante mecanismos especializados que se basan en el gradiente químico de Na^+ . Una vez dentro de la célula, las peptidasas intracelulares los dividen en aminoácidos libres. Estos aminoácidos, liberados en el citoplasma, se desplazan al espacio intersticial y luego a los vasos sanguíneos a través de la difusión facilitada. Los aminoácidos de cadena ramificada, tras entrar en la circulación portal, tienen una mayor probabilidad de llegar al músculo en comparación con los aminoácidos no ramificados (Brandan y Aispuru, 2015).

Las grasas contenidas en los alimentos se descomponen en el intestino en glicerol y ácidos grasos libres gracias a la acción de enzimas pancreáticas, como la lipasa. Luego, estas sustancias atraviesan la pared intestinal y llegan a la zona linfática con la ayuda de la bilis (Blanco, 1995). El proceso de digestión de los lípidos depende en gran medida del hígado, que se encarga de secretar la bilis. La bilis se almacena en la vesícula biliar y se compone principalmente de sales biliares. La función principal de estas sales biliares es emulsionar o disolver las grasas, lo que facilita la acción de la lipasa, una enzima producida por el páncreas (Blanco, 1995).

Uno de los tres componentes fundamentales en la alimentación de los peces (además de las proteínas y los lípidos) son los carbohidratos, que, en conjunto con los lípidos, representan la mayor fuente de energía en la dieta. No obstante, los carbohidratos son a menudo objeto de controversia en las dietas de peces, ya que su falta en la alimentación no parece causar síntomas de deficiencia, lo que lleva a una concepción equivocada de que este nutriente no es esencial (Wilson, 1994).

Este enunciado puede comprenderse al tener en cuenta que los peces poseen la habilidad de sintetizar glucosa a través de un proceso llamado gluconeogénesis, incluso cuando su dieta carece de carbohidratos, utilizando proteínas y lípidos como fuentes alternas. Este proceso les permite regular los niveles de azúcar en la sangre y proporcionar aminoácidos y triglicéridos a las células nerviosas para obtener energía (Tacon, 1989).

2.2.4. Métodos para la determinación de la digestibilidad.

A pesar de ser enfoques comunes en la evaluación de alimentos para animales, los coeficientes de digestibilidad se consideran mediciones restringidas de su valor nutricional. Aunque son informativos, la digestibilidad en sí misma ofrece una visión simplificada del valor nutricional total (Tobal, 1999). En la determinación de la digestibilidad, se emplean dos métodos: el enfoque directo y el enfoque indirecto.

2.2.4.1. Método directo.

La relación entre la comida y las excretas generalmente se evalúa mediante enfoques directos. Para obtener una muestra representativa que refleje las condiciones experimentales utilizadas, es esencial determinar la cantidad de excremento generado a partir de la ingesta de alimentos a lo largo de un período suficientemente prolongado (Halloran, 1972).

La técnica directa, conocida como método de recolección total, implica la recopilación, estimación y análisis cuantitativo de todas las heces producidas. El coeficiente de digestibilidad (C.D) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$C.D = \frac{(Cantidad\ de\ nutriente\ ingerido - Cantidad\ de\ nutriente\ en\ las\ heces)}{(Cantidad\ de\ nutriente\ ingerido)} \times 100$$

2.2.4.2. Método indirecto.

El enfoque indirecto, comúnmente conocido como el método del marcador, hace uso de marcadores sin evaluar la ingesta total de alimentos ni los residuos excretados (Bondi, 1989). Implica comparar la relación entre el marcador presente en el alimento y las heces al medir la concentración del componente evaluado en comparación con un marcador inerte que se añade al alimento en pequeñas cantidades (Watanabe, 1988; De Silva y Anderson, 1995; Manriquez, 1994; Mendoza, 1993).

El marcador permite calcular el coeficiente de digestibilidad aparente (C.D.A.), que se determina mediante la siguiente ecuación.

$$C.D.A (\%) = 100 - 100 \frac{(\% \text{ marcador en el alimento} \times \% \text{ del componente en las heces})}{(\% \text{ marcador en las heces} \times \% \text{ del componente en el alimento})}$$

2.2.5. Características del marcador.

El marcador empleado para calcular los coeficientes de digestibilidad debe cumplir con ciertas características, que incluyen: ser homogéneamente distribuido en la dieta, ser completamente inerte, no ser susceptible de absorción ni metabolismo, carecer de efectos sinérgicos o antagonicos en la absorción, digestión o secreción, tener la misma velocidad de tránsito que el componente bajo evaluación, permitir una medición rápida, no ser tóxico y no influir en la tasa de consumo de alimento. (Marais, 2000; De Silva y Anderson, 1995; Mendoza, 1993).

Los marcadores se pueden introducir en la dieta de dos maneras: como marcadores externos, que incluyen sustancias como el óxido crómico, óxido férrico, minerales quelados, sílice y

polietileno; o como marcadores internos, que son ¹ componentes naturales del alimento, como la fibra cruda, lignina y cenizas insolubles en ácido (Bondi, 1989).

El indicador más utilizado a la hora de evaluar la digestibilidad de dietas experimentales para peces es el óxido de cromo. La invención de los marcadores inertes se remonta a Edin (1918), quien propuso el uso del óxido de cromo y fue citado por Austreng (1978). El método para determinar este marcador fue mejorado por Furukawa y Tsukahara (1996), y desde entonces varios investigadores han adoptado su enfoque al utilizar el ¹ óxido de cromo en sus experimentos de digestibilidad.

2.2.6. Factores que afectan la digestibilidad.

2.2.6.1. Factor animal.

El nivel de digestión de un alimento administrado a varios animales no es constante, lo que resalta la notable influencia del propio animal en la digestibilidad. Además de las diferencias entre especies, también pueden surgir variaciones dentro de una misma especie (MacDonald, 2006).

La investigación señala que los ¹ piensos destinados a peces de aguas cálidas no deben contener más del 10% de lípidos, a diferencia de los peces de aguas frías, como la trucha, que pueden tolerar niveles de lípidos superiores al 10%. Los peces de aguas cálidas tienen limitaciones fisiológicas en la digestión de lípidos. Además, la asimilación de carbohidratos no digeribles, como la fibra (celulosa, hemicelulosa y lignina), está restringida en su dieta, siendo tolerable hasta un 8%, pero alcanzando un rendimiento óptimo en torno al 5% debido a limitaciones fisiológicas (Vergara, 2015).

2.2.6.2. Edad del pez

Conforme a lo expresado por Blanco (1995), el estadio de desarrollo del pez desempeña ²⁹ un papel importante en la actividad enzimática. Los peces más jóvenes presentan una mayor capacidad de digestión de las proteínas, ya que tienen requisitos de crecimiento más altos y, por ende, una mayor capacidad de absorción. En lo que respecta a las grasas, ¹ el mismo autor indica que los peces más grandes o de mayor edad muestran una mejor eficiencia digestiva en la utilización de las grasas dietéticas en comparación con los peces más jóvenes.

2.2.6.3. Nivel de ingesta

Principalmente, esto puede atribuirse a la disminución general de ¹ enzimas y a un tránsito más rápido a través del tracto digestivo, lo que resulta en un período de digestión y absorción más corto (Buxade, 1994). Las disminuciones en la digestibilidad debidas a un aumento en la velocidad de paso son más ² notables en los componentes de los alimentos que se digieren lentamente, particularmente en los componentes de la pared celular (MacDonald, 2006). Los

animales pueden mejorar su capacidad para digerir y metabolizar los nutrientes al reducir su ingesta de alimentos por debajo del umbral necesario para el mantenimiento (Bondi, 1989).

2.2.6.4. Composición de la dieta

La eficiencia de la absorción de los alimentos se ve notablemente influenciada por la composición química de la dieta, con un enfoque significativo en el tipo de carbohidratos. Según una opinión generalmente aceptada, el contenido de fibra bruta en la dieta desempeña un papel crucial en la facilidad de digestión de las moléculas orgánicas (Buxade, 1994).

La digestión de alimentos de origen vegetal suele ser menos completa en comparación con los alimentos de origen animal. La celulosa, una sustancia resistente a la digestión, tiende a rodear y proteger a otras sustancias más fácilmente digeribles, como proteínas y carbohidratos (Hepher, 1993). La relación entre la digestibilidad y la fibra en la dieta se fundamenta en la observación de que, aunque la lignina no se ve afectada, la celulosa y la hemicelulosa son parcialmente susceptibles a la digestión (MacDonald et al., 2006).

Las leguminosas contienen principalmente inhibidores de proteasa, que son reconocidos como las principales sustancias antinutricionales capaces de reducir la actividad de las enzimas digestivas en los peces, lo que, a su vez, restringiría la utilización de fuentes de proteínas vegetales (Martínez y Ríos, 2012).

2.2.6.5. Procesamiento del alimento

Han sido creados procedimientos tecnológicos especializados que se enfocan principalmente en tratamientos térmicos para eliminar los componentes antinutritivos que se encuentran en ciertos insumos vegetales utilizados como fuentes de proteínas. Este avance ha facilitado la incorporación de la soja y varias otras materias primas vegetales en dietas comerciales destinadas a diversas especies tanto terrestres como acuáticas, en diversas proporciones (Martínez y Ríos, 2012).

Según Blanco (1995), la digestibilidad del alimento para peces está influenciada por el tamaño de las partículas con que se suministra a los peces. Cuanto más pequeñas sean las partículas, más fácil será para el sistema digestivo procesarlas porque habrá más superficie para la actividad.

Es igualmente relevante tener en cuenta que el tamaño de las partículas presentes en la alimentación impacta en la velocidad de tránsito a través del sistema digestivo; las partículas más grandes tienden a avanzar más rápidamente a lo largo del tracto gastrointestinal en comparación con las partículas de tamaño mediano y pequeño. Por consiguiente, resulta de vital importancia considerar tanto el estado fisiológico del animal como la especie en cuestión al determinar el tamaño adecuado de las partículas, ya que el suministro de partículas de

tamaño excesivamente pequeño puede llevar a un tránsito acelerado del alimento a través del sistema digestivo (Maynard et al., 1981)

2.2.6.6. Condiciones medioambientales

Debido a que los peces son criaturas poiquilotérmicas, la temperatura del entorno influye de manera significativa en su metabolismo. En ambientes más cálidos, los peces requieren un mayor suministro de alimentos, y como parte de su respuesta fisiológica a la temperatura, regulan la velocidad de paso acelerándola. Sin embargo, esta adaptación a temperaturas más elevadas se traduce en una disminución en la digestibilidad, como ha sido documentado (Blanco, 1995).

Las investigaciones han demostrado que la digestibilidad de las grasas en la dieta mejora a medida que aumenta la temperatura del agua en la que los peces residen. Del mismo modo, la digestibilidad del almidón está influenciada por la temperatura del agua y tiende a ser mayor en peces que habitan en aguas cálidas en comparación con aquellos que lo hacen en zonas templadas (Guillaume, 2004).

2.2.7. Energía digestible

La energía no es un nutriente, sino un subproducto alimentario que se absorbe en el intestino y tiene la capacidad de liberar calor a través de la oxidación y el metabolismo. La capacidad de suministrar energía es crucial para establecer el contenido nutricional de los alimentos porque los peces, como todas las criaturas, la necesitan para mantener sus importantes actividades (Blanco, 1995).

La energía es un componente esencial en todos los procesos productivos, y, por lo tanto, la cantidad óptima de muchos nutrientes en la dieta de un animal está directamente relacionada con la energía que proporciona (Lloyd et al. 1982; citado por Caballero, 1992). Los macronutrientes, como proteínas, lípidos y carbohidratos, desempeñan un papel crucial en la provisión de energía para los animales. En el caso de mamíferos terrestres, tanto los carbohidratos fibrosos como los no fibrosos constituyen las principales fuentes de energía (Aliaga 1984; citado por Caballero, 1992), mientras que, en el caso de los peces, los lípidos y las proteínas son esenciales para obtener energía (Moyle y Cech, 2000).

La energía bruta (EB) se refiere a la cantidad máxima de energía contenida en un alimento y se mide a través de una bomba calorimétrica. Suele expresarse en unidades de kilojulios (KJ) o kilocalorías (Kcal), donde una Kcal equivale a 4,184 KJ. Aunque la energía bruta no está completamente disponible para el animal y no tiene un valor nutricional directo, desempeña un papel fundamental en la determinación del valor energético (energía utilizable) de los alimentos (Flores y Rodríguez, 2005).

Los componentes de los piensos deben ser absorbidos y digeridos en el tracto digestivo antes de que puedan ser utilizados como combustible por los animales. Algunos ingredientes de los piensos son resistentes a la digestión, y la mayoría de ellos atraviesan el aparato digestivo antes de ser eliminados con las heces. La pérdida de energía fecal (FE) es el término utilizado para describir la energía que podría haberse liberado de los residuos fecales. La energía digestible (ED) se calcula restando la energía bruta del alimento a la energía bruta presente en una unidad de las heces producidas por ese alimento. En condiciones de digestión eficiente, la energía digestible se acerca al valor de la energía bruta (Cho, 1987).

Debido a que el tracto gastrointestinal actúa como un lugar de eliminación de sustancias que resulta en la formación de heces, la ED aparente, que se mide en los ensayos, no es un indicador genuino de la digestibilidad de la dieta. Además, los excrementos de ciertas especies pueden contener una cantidad significativa de microorganismos no digeridos y sus subproductos, así como restos celulares desprendidos por las células que recubren el sistema gastrointestinal (Church et al., 2003).

La energía desempeña un papel crucial en todos los estados relacionados con el transporte y la disponibilidad de aminoácidos, la síntesis y degradación de proteínas, así como la utilización y almacenamiento de proteínas. Por otra parte, los aminoácidos tienen el potencial de ser utilizados como combustible celular, en particular para el metabolismo del hígado y los riñones, así como del músculo esquelético. Por lo tanto, para garantizar que haya suficientes aminoácidos dietéticos accesibles como sustratos para satisfacer las demandas de aminoácidos y combustible asociadas a la demanda de energía, es esencial una energía no proteica adecuada procedente de carbohidratos o grasas (Lim, 1997).

Según Smith (1988), la energía consumida por los peces se distribuye entre una serie de procesos de alto consumo energético. El tamaño de cada fracción viene determinado por la energía consumida y la capacidad del pez para absorber, procesar y utilizar esa energía. Además, según el mismo autor, a diferencia de los animales terrestres, cuyo crecimiento es más eficiente en la ingesta máxima, los peces presentan una eficiencia máxima por debajo de la ingesta máxima. Los peces no necesitan utilizar energía para mantener su cuerpo a una temperatura determinada, pero la temperatura sí altera la cantidad de energía que necesitan para su metabolismo básico. En el caso de las "carpas comunes" que crecen a temperaturas entre 10 °C y 20 °C, la producción de calor en ayunas aumenta de 2,87 a 10,00 kcal/kg 0,75/día (Kaushik, 1995).

Los salmones necesitan un rango de 4.06 a 4.30 Mcal de energía digestible (ED) por kilogramo de dieta seca para lograr un crecimiento máximo. Esto equivale a un rango de 3.58 a 4.30 Mcal de ED por kilogramo de ganancia de peso vivo en salmónidos, según Gutiérrez (1999).

2.2.8. ¹Condiciones de calidad del agua

2.2.8.1. **Temperatura**

La temperatura del agua es un factor de gran relevancia en la acuicultura, ya que ejerce un impacto significativo en el crecimiento de los peces, su capacidad de alimentación, reproducción, así como en otros parámetros como el pH y los niveles de oxígeno en el agua, como lo indica Solla (2000). ⁵⁹

Cuando sube la temperatura, aumentan el metabolismo, el ejercicio y la ingesta de alimentos (Solla, 2000); por el contrario, cuando baja la ingesta de alimentos, la gente deja de comer y empieza a desarrollar enfermedades (Popma y Lovshin, 1996).

Según lo indicado por Popma y Masser en 1999, la tilapia muestra su óptimo crecimiento en una franja de temperaturas que varía entre 27 y 30 grados Celsius, y es común que experimente una tasa de crecimiento hasta tres veces mayor en este rango de temperaturas en comparación con aquellas de 22 °C.

2.2.8.2. **Amoníaco (NH₃)**

En equilibrio, se encuentran dos formas de nitrógeno amoniacal total (NAT): el ion amonio (NH₄⁺) y el amonio no ionizado o venenoso (NH₃). La temperatura y la salinidad desempeñan un papel importante en la concentración y el pH, dos factores cruciales en la generación de amonio. En condiciones en las que el pH se eleva, volviéndose más alcalino, y hay bajos niveles de oxígeno y temperaturas elevadas, es más probable que una fracción del NAT se convierta en amoníaco, lo cual es peligroso (Alicorp, 2001). ¹

De acuerdo con Popma y Lovshin (1996), la tilapia generalmente tolera niveles de amoníaco en un rango de 0,6 a 2,0 mg/l. Sin embargo, es posible que los peces se aclimaten gradualmente a concentraciones de amoníaco de hasta 3 mg/l, con la mayoría de ellos sobreviviendo entre tres y cuatro días a esta concentración, a pesar de ser subletal.

Según lo señalado por Alicorp (2001), la presencia de niveles elevados de amonio en el agua conlleva una variedad de efectos adversos, que incluyen bloqueo metabólico, daño en las branquias, desequilibrio en la regulación de la salinidad, lesiones en órganos internos, supresión del sistema inmunológico, mayor susceptibilidad a enfermedades, reducción en el crecimiento y la supervivencia, exoftalmia (protrusión de los ojos) y acumulación de líquido en la cavidad abdominal, conocida como ascitis. ⁴³

2.2.8.3. **Concentración de Ion Hidrógeno (pH)**

Aunque las tilapias pueden sobrevivir en un amplio rango de pH, que abarca desde 5 hasta 10, alcanzan su óptimo crecimiento en valores de pH comprendidos entre 6 y 9, siendo 7.5 el pH ideal para su crianza, según lo señalado por Popma y Lovshin (1996). En contraste, niveles ⁶³

de pH cercanos a 5 ocasionan la muerte de las tilapias en un lapso de 3 a 5 horas debido a problemas respiratorios, al tiempo que provocan la pérdida de pigmentación y un aumento en la secreción de moco. La acidificación del agua conlleva a la solubilización del ion Fe^{++} , lo que resulta en daño a las branquias y una disminución en la función respiratoria, lo que finalmente conduce a la muerte por falta de oxígeno, según se informa en el estudio de Alicorp (2001).

2.2.8.4. Oxígeno disuelto (OD)

Gracias a su capacidad para minimizar el consumo de oxígeno, aprovechar el oxígeno disuelto en la interfase agua-aire y permitir que su sangre se sature de oxígeno incluso en condiciones de bajas presiones parciales, las tilapias pueden sobrevivir en entornos con niveles extremadamente bajos de oxígeno disuelto, incluso por debajo de 0,3 mg/l, según lo indicado por Popma y Masser (1999).

No obstante, concentraciones de oxígeno disuelto por debajo de 3 mg/l pueden dar lugar a la inmunosupresión, aumentar la vulnerabilidad a enfermedades, reducir la capacidad reproductiva, incrementar la conversión de alimento, causar inapetencia y letargo, generar problemas en las branquias y disminuir la tasa de alimentación. Para asegurar un desarrollo adecuado, se recomiendan concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 5 mg/l, según lo sugerido por Florez y Medrano (1997).

6 CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

La investigación se desarrolló en el laboratorio de Nutrición de la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional de San Martín. Este laboratorio se encuentra en la Carretera Bello Horizonte, Banda de Shilcayo, con coordenadas geográficas precisas de 6°30'71" de latitud sur y 76°19'50" de longitud oeste, a una altitud de 296.56 metros. Por otro lado, los análisis de composición proximal se llevaron a cabo en los laboratorios de Investigación de Química y Análisis de Alimentos de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la misma universidad, ubicados en la Ciudad Universitaria, en Morales, Provincia y Región San Martín.

3.2. Sistema de variables

3.2.1. Variables principales

Para cumplir el primer objetivo específico la variable independiente fue la marca comercial de alimento para peces. (D₁, D₂, D₃).

Para cumplir el segundo objetivo específico la variable independiente fue el tiempo de cocción de la dieta elaborada a base de torta de Sacha Inchi (0, 15 y 30 min), siendo estas (D₄, D₅, D₆).

3.2.2. Variables secundarias

Las variables secundarias de la presente investigación fueron el coeficiente de digestibilidad aparente, digestibilidad de nutrientes y la energía digestible.

16 3.3 Procedimientos de la investigación

2 3.3.1. Materiales, equipos y reactivos de laboratorio.

3.3.1.1. Equipos utilizados durante la investigación.

- Balanza de plataforma digital.
- Oxímetro.

- Termómetro para acuarios.
- Balanza de precisión de 0.00g – 5 kg.
- Kit de análisis de agua.
- Refrigerador.
- pH metro.
- L10000 Molino Grano tolva baja X6.
- Mezcladora de alimento horizontal, motor eléctrico 220V, potencia 2.2 kw.
- Peletizadora marca: Mynsac modelo: MN-150, potencia 4 kw.






3.3.1.2. Reactivos utilizados durante la investigación.

- Ácido sulfurico (95 – 98%).
- Catalizado de Kjeldahl.
- Hidróxido de sodio.
- Ácido bórico.
- Indicador mixto.
- Óxido de cromo.
- Éter etílico.
- Éter de petróleo.

3.3.1.3. Materiales usados durante la investigación.

- Frascos de vidrio.
- Probetas graduadas.
- Crisoles de porcelana.
- Vasos de precipitación graduados.
- Placas Petri.
- Matraz.
- Tubos de ensayo.
- Bolsas ziploc 26.8 X 27.3 X 20.

3.3.2. Sistema de Recirculación de agua (RAS)

| ID | NOMBRE EQUIPO | IMAGEN REFERENCIA | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS |
|----|---------------------------|---|--|
| 1 | Tanques/Acuarios |  | 12 tanques de fibra de vidrio de 120 L de capacidad, 0.6m x 0.4m x 0.5m y 01 tanque pulmón de fibra de vidrio de 300 litros de capacidad según diseño. Con columna de sedimentación para hecescada un día para estudios de digestibilidad. Resina poliéster de uso general reforzado con tres capas de fibra de vidrio. Acabado interno liso y externo ligeramente rugoso. Color interno celeste y externo blanco. Espesor 3 mm |
| 2 | Blower |  | 01 Blower regenerativo de 70 CFM@20" de agua, 1 HP, PH 1, 230V, 50/60 Hz, 1 1/2" salida, con accesorios. Incluye Kit de aireación: 24 válvulas de metal de 5/8" (4 mm), 1/8" MNPT, Max. 10 PSI, 24 dispositivos de aireación tipo cerámica de 0.3 CFM y 10 de 1 CFM de capacidad, 01 manguera de vinil rollo de 30 m de 3/16" ID-40 PSI, 01 manguera de vinil rollo de 30 m de 1/4" ID-40 PSI, 12 flujómetros con válvulas de ajuste fino. |
| 3 | Bomba electromagnética |  | Bomba electromagnética de 3.4 amp, entrada/salida 1", 35 GPM, 3400 RPM, 220V, 1/3HP. Incluye Kit de medición de flujo de agua de 5-35 GPM. |
| 4 | Filtro mecánico |  | Filtros de 28-75 GPM, área de filtración 75 ft2. Incluye Kit de 05 Cartuchos de reemplazo de 20 micras, media biológica 20 L y 04 libras de carbón activado. |
| 5 | Equipo Ultra-Violeta (UV) |  | Esterilizador SMART UV, 65w, dimensiones: 71" x 4", 0.23amp/240v, 26 gpm a 30 MJ/cm2. |

3.3.3. Elaboración del alimento

3.3.3.1. Dietas comerciales (D1, D2, D3)

Los alimentos balanceados para tilapias usados en la investigación fueron sometidos a un proceso de peletización mezclando los ingredientes. A continuación, la harina se somete a un proceso de acondicionamiento, que consiste en exponerla a una mezcla de vapor de agua a temperaturas de entre 70 y 90 °C durante un periodo de entre 15 y 60 segundos (Penz, 2002).

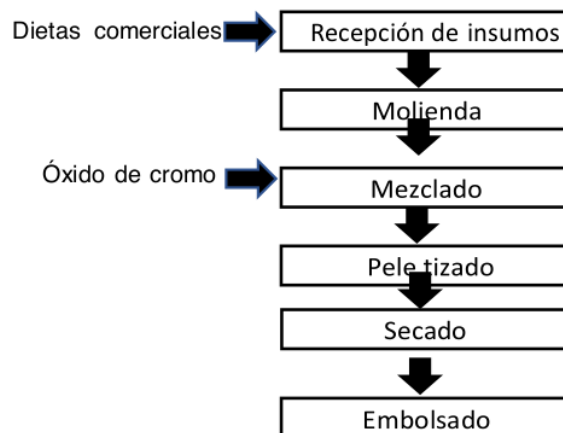
Las dietas comerciales presentaron el contenido nutricional especificado en la Tabla 2.

Tabla 2.

Características nutricionales de los alimentos balanceados

| Producto | Proteína % | Grasa% | Fibra% | Humedad% | Ceniza% |
|------------|------------|--------|--------|----------|---------|
| Alimento 1 | 28 | 4 | 5 | 14 | 10 |
| Alimento 2 | 28 | 4 | 8 | 12 | 12 |
| Alimento 3 | 28 | 4 | 6 | 13 | 11 |

En la Figura 2 se muestra el Diagrama de flujo de elaboración de dietas (D₁, D₂, D₃) a partir de las dietas comerciales consumidas en la zona de San Martín



38

Figura 2.

Diagrama de flujo de elaboración de las dietas comerciales.

Procedimiento:

Las dietas comerciales (D₁, D₂, D₃), utilizadas en la investigación fueron sometidas previamente al siguiente tratamiento de manera individual.

Molienda: Cada una de las dietas, se procedieron a moler hasta quedar en forma de harina.

Mezclado: La harina de cada dieta fue mezclada con el óxido de cromo (Cr₂O₃) hasta homogenizar el cual fue usado como indicador inocuo con una concentración del 0,5%.

Peletizado: Se realizó este proceso, con la máquina peletizadora para dar la forma inicial y poder ser suministrado a los peces en estudio.

Secado: Se realizó el secado de forma natural dejando 1 día extendido en mantas negras al sol.

Embolsado: Se embolsó de manera separada los 3 tipos de dietas comerciales para luego ser refrigerados para su almacenamiento.

3.3.3.2. Dietas elaboradas a partir de torta de Sacha Inchi (D4, D5, D6)

La empresa Shanantina S.A.C fue la creadora de la Torta de Sacha Inchi, y se destaca por su enfoque en la fabricación de productos derivados de Sacha Inchi. Esta compañía tiene sus operaciones en la ciudad de Lamas, la cual se encuentra en la provincia y región de San Martín.

La Mediante el método de peletización, que consistió en agregar vapor al material finamente molido y combinado para lograr la hidratación a temperaturas entre 60 y 80°C, se formaron estructuras cilíndricas (Pellets) con la masa caliente (Gómez & Vérgara, 1993).

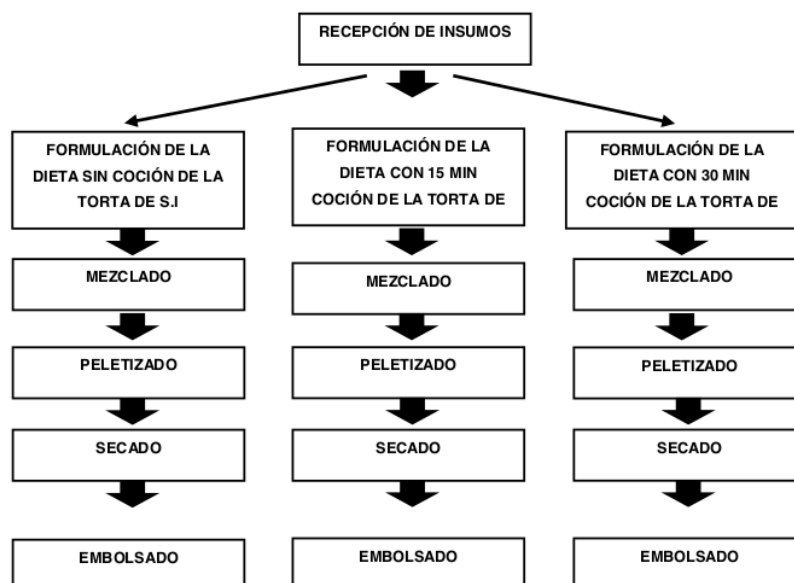
En la siguiente Tabla 3 se muestran los insumos que se utilizaron en las dietas elaboradas a base de torta de Sacha Inchi en base a 30 kg.

Tabla 3.

Insumos de las dietas elaboradas con torta de Sacha Inchi en base a 30 kg.

| Insumos | Cantidad | Unidad |
|----------------------|-----------|-------------------|
| Harina de pescado | 2.67 | kilogramos |
| Torta de Sacha Inchi | 2.67 | kilogramos |
| Torta de soya | 5.36 | kilogramos |
| Harina de maíz | 6.02 | kilogramos |
| Polvillo de arroz | 12.05 | kilogramos |
| Almidón | 1.2 | kilogramos |
| Premix | 0.3 | kilogramos |
| Óxido Cromo | 0.15 | kilogramos |
| Agua | 3 | litros |
| Total | 30 | kilogramos |

20
1 En la Figura 3, se muestra el diagrama de flujo de elaboración de dietas (D₄, D₅, D₆) a partir de las dietas con torta de Sacha Inchi siendo este un cultivo natural de la región de San Martín, teniendo diferentes tiempos de cocción de 0 minutos, 15 minutos y 30 minutos



36

Figura 3.

Diagrama de flujo de la dieta elaborada a base Sacha Inchi

Procedimiento:

2 Los insumos recibidos incluyen harina de pescado, torta de Sacha Inchi, torta de soya, harina de maíz, polvillo de arroz, almidón, premix y óxido de cromo.

Los insumos recibidos se procedieron a moler hasta quedar en forma de harina, mientras las dietas elaboradas fueron sometidas previamente al siguiente tratamiento de manera individual.

47 En un contenedor, se combinaron los ingredientes mencionados en la tabla 03, que incluyen harina de pescado, torta de soya, harina de maíz y polvillo de arroz, hasta lograr una mezcla uniforme.

En una olla se cocinó 2 litros de agua hasta su punto de ebullición de 100 °C para luego mezclar 1.2 kg de almidón hasta que la masa se gelatinizará y se dejó enfriar por 10 minutos.

En este tratamiento se cocinó en una olla aparte 1 litro de agua hasta su punto de ebullición para después agregar la **torta de Sacha Inchi** con (0, 15 y 30) minutos **respectivamente**, se mezcló constantemente durante ese tiempo para evitar que la masa se pegue.

Se mezcló todos los ingredientes incluyendo el premix más el indicador Cromo con sus pesos indicados en la Tabla 3, en una mesa de acero inoxidable hasta su completa homogenización.

Se realizó este proceso, con la máquina peletizadora para dar la forma inicial y poder ser suministrado a los peces en estudio, para posteriormente realizar el secado de forma natural dejando 1 día extendido en mantas negras al sol.

Finalmente se embolsó de manera separada los 3 tipos de dietas comerciales para luego ser refrigerados para su almacenamiento

3.3.4. Alimentación de los peces

Después de una semana de aclimatación de los peces, se procedió a alimentarlos con las dietas en estudio, en dos intervalos (mañana y tarde) dándoles una cantidad igual al 2% de su biomasa, la cantidad del alimento 12 g. fue calculada considerando que cada pez tenía un peso promedio de 150 g y se colocaban 4 ejemplares por acuario ($150\text{ g} \times 4 \times 2\% = 12\text{ g}$), la hora de alimentación de los peces fue 7:00 – 7:30 am y 6:00- 6:30 pm.

3.3.5. Recolección de las muestras

Se proporcionaron las dietas de estudio a los peces durante un período de tres días previo al comienzo del ensayo, con el propósito de asegurar la limpieza de sus sistemas digestivos. Cada tanque de digestibilidad se limpió una hora después de la alimentación anterior a partir del cuarto día para eliminar los restos de comida y los excrementos del sistema.

Se utilizó el método de recolección empleado previamente por Huarca y Franco en su tesis de investigación, el cual implicaba eliminar **un tercio del agua de los acuarios para** asegurarse de **que el proceso de limpieza** se hubiera completado. Al día siguiente, se retiraron con cuidado las heces sedimentadas del sistema de recolección de heces a las 6:30 am y a las 5:30 pm.

Luego, las heces se transfirieron a placas de Petri para eliminar **las escamas**, **se sometieron a un proceso de secado** en un horno a 60°C **durante seis horas para reducir la humedad**, y finalmente, **se congelaron de inmediato y se almacenaron en sistemas de refrigeración**. Se consideró que las heces no contaminadas eran una muestra representativa de las excreciones de ocho horas. Para recolectar las heces secas de cada acuario, este proceso se repitió aproximadamente una hora después de la última alimentación. Se utilizó la técnica del sifón **para retirar las heces sedimentadas**, que luego se filtraron a través de un colador pequeño y

se colocaron en placas de Petri. Para asegurarse de que el proceso de limpieza se había completado, también se retiró un tercio del agua de los acuarios.

3.3.6. Análisis proximales de las muestras

3.3.6.1. Determinación de proteínas

La concentración de proteínas se determinó utilizando el método Kjeldahl, que involucra la conversión de hidróxido de sodio a ácido bórico para formar borato de amonio, y luego se valoró con ácido clorhídrico. Los productos químicos empleados incluyeron una solución de ácido clorhídrico 0,2 N, ácido sulfúrico concentrado (98%), solución de hidróxido de sodio al 35%, peróxido de hidrógeno al 35% (130 Vol.), agua destilada sin amoníaco e indicador de Tashiro. El indicador de Tashiro está compuesto por una mezcla de rojo de metilo al 0,1% y azul de metileno al 0,1% en una proporción de 2:1 disuelta en alcohol etílico.

Procedimiento:

A. Digestión.

La muestra pulverizada, secada y homogeneizada se añadió y se transfirió cuantitativamente al tubo de digestión en una cantidad de unos 2 g.

El procedimiento implicó el tratamiento del material con dos pastillas Kjeldahl, 12 ml de ácido sulfúrico concentrado, 5 ml de peróxido de hidrógeno y tres núcleos de ebullición.

Luego, se combinaron el bloque de digestión y el tubo de digestión, y la mezcla se sometió a ebullición durante 20 minutos a 420 °C o hasta que la solución resultante se volvió transparente.

Después de enfriar el tubo de digestión a una temperatura de entre 50 y 60 °C, se añadieron 50 ml de agua destilada sin amoníaco.

B. Destilación.

Se eligió la posición correcta para el matraz Erlenmeyer que contenía 25 ml de ácido bórico al 4% p/p en el aparato.

A continuación, se añadieron 50 ml de la solución de hidróxido de sodio al 35% y se colocaron en el tubo de digestión de destilación.

La muestra se destiló y el matraz Erlenmeyer se llenó con al menos 100 ml de la misma.

C. Titulación.

Se añadieron 10 gotas de indicador Tashiro a la solución reunida en el paso B, y a continuación se valoró con solución de ácido clorhídrico 0,2 N hasta que el color de la solución cambió de verde a púrpura.

$$\% N = \frac{(ml \text{ de ácido} * normalidad \text{ del ácido})}{peso \text{ de muestra}} * 1.4007$$

Para expresar el % de N en % de proteínas se utilizó un factor de conversión:

$$F = 5,7 \%N \times F = \% \text{ Proteína.}$$

3.3.6.2. Determinación de porcentaje de extracto etéreo

Se aplicó el método Soxhlet para determinar el porcentaje de extracto etéreo, que involucra la extracción de lípidos neutros de material seco utilizando una porción de éter de petróleo en un extractor Soxhlet, realizando una extracción intermitente con un exceso de disolvente. En este proceso, se emplearon reactivos como éter de petróleo con un rango de destilación de 40 a 60°C, éter etílico, un extractor Soxhlet de 250 ml y se utilizó equipo de destilación cerrado, una estufa de aire y una balanza analítica.

Procedimiento:

Se introdujo una muestra seca (P₀) de unos 2 g de peso. Se transfirió a un cartucho de celulosa que estaba seco y limpio.

La boca del cartucho se forraba con algodón o lana de vidrio y el cuerpo del extractor Soxhlet recibía el cartucho.

Se introdujeron tres núcleos de ebullición en el globo previamente secado a 103 °C, se enfriaron y se pesaron (P_B).

Se añadió éter de petróleo en una cantidad de 100 ml.

Se montó el aparato y se completó una extracción de 4 horas con una tasa de condensación de 5-6 gotas.

El globo se secó durante 30 minutos a 100°C después de eliminar el disolvente en el rotavapor.

Cuando el matraz que contenía la grasa se hubo enfriado en el desecador y alcanzado la temperatura ambiente, se pesó. (P_F).

Cálculos:

$$\%G = \frac{(PF - PB)}{PO} * 100$$

3.3.6.3. Determinación de porcentaje de fibra

El método del detergente neutro para medir el contenido de fibra fue basada en la solubilización de los componentes no celulósicos del pienso en soluciones de 1,25% p/v de H₂SO₄ y 1,25% p/v de NaOH a una temperatura determinada. La solución resultante se filtraba utilizando un vacío controlado, y el residuo de la filtración se quemaba para eliminar la fibra bruta. Se utilizaron una estufa, una mufla y una balanza analítica. Los productos químicos utilizados fueron una solución de ácido sulfúrico 0,128, una solución de hidróxido de sodio 0,313 y agua destilada.

Procedimiento:

Se taró un crisol de vidrio permeable.

Se añadió 1 g, medido con precisión, de muestra molida y seca. F₀.

La placa calefactora recibió una adición de solución precalentada de H₂SO₄ hasta la marca de 150 ml.

Como agente antiespumante, se añadieron cinco gotas de n-octanol y se dejó hervir la mezcla durante 30 minutos exactos.

El crisol fue sometido a un proceso de limpieza que incluyó llenarlo hasta el borde tres veces con 30 ml de agua desionizada caliente, utilizando un compresor de aire para mezclar el contenido en cada lavado.

Luego, se vació el último lavado. Posteriormente, se añadieron 150 ml de una solución precalentada de NaOH, junto con 5 gotas de antiespumante n-octanol. La mezcla se llevó a ebullición y se mantuvo en ese estado durante 30 minutos exactos.

Se procedió a lavar el crisol tres veces hasta el borde con 30 ml de agua desionizada caliente, utilizando el compresor de aire para mezclar el contenido en cada lavado.

El crisol se enfrió y se realizó un último lavado con 30 ml de agua fría desionizada. Posteriormente, se limpió tres veces con 25 ml de acetona, empleando el compresor de aire para mezclar el contenido del crisol en cada ocasión.

El crisol se retiró del aparato y el material en su interior se secó en una estufa a 105°C durante una hora. Luego, se pesó después de enfriarlo en un desecador, representando la fibra bruta junto con las cenizas (F1).

A continuación, el crisol se calentó a 550 °C durante tres horas en una mufla, se enfrió en un desecador y se pesó tras el enfriamiento (F2). La fibra bruta se determina a partir de la diferencia de peso entre esta medición y el peso alcanzado en la fase anterior.

Cálculos:

$$\%FC = \frac{(F1 - F2)}{F0} * 100$$

3.3.6.4. Determinación de cenizas

La muestra se calcinó utilizando el método de la mufla hasta que las cenizas adquirieron un tono gris claro o el peso se mantuvo igual. Los instrumentos utilizados fueron cápsulas de porcelana o crisoles poco profundos, una balanza analítica y una mufla calentada a unos 550 °C.

Procedimiento:

A 550°C, se taró el crisol y se introdujo en el matraz, una vez que el crisol tarado se hubo enfriado a temperatura ambiente, se pesó (P_C).

Se pesaron con precisión de tres a cinco gramos de un material completamente homogeneizado (P_O).

La muestra se calcinó en la mufla a unos 550°C hasta que las cenizas fueron uniformes en peso o ligeramente grises.

Se dejó que el desecador enfrie el crisol, en cuanto la cápsula alcanzó la temperatura ambiente, se pesó (P_F).

Cálculos:

$$\%CT = \frac{(PF - PC)}{(PO - PC)} * 100$$

3.3.6.4. Determinación de óxido de cromo

Para analizar la digestibilidad aparente es preciso determinar las concentraciones de óxido de cromo en el pienso y las heces. Por lo tanto, se aplicó el método de Furukawa y Tsukahara (1966), en el que se manipularon micro muestras mientras se determinaba la concentración de óxido de cromo. Los productos químicos utilizados fueron ácido nítrico concentrado y ácido perclórico (grado reactivo), y se emplearon los siguientes suministros y herramientas: un espectrofotómetro, un micro digestor Kjeldahl, matraces Kjeldahl de 100 ml y matraces aforados de 25 ml.

Procedimiento:

El pienso y los excrementos se secaron y se pulverizaron tras eliminar cualquier objeto extraño.

El material se pesó con una precisión de 0,0001 g y se dosificó en matraces Kjeldahl de 100 ml.

Para eliminar los vapores amarillentos, se añadieron 5 ml de ácido nítrico fuerte (HNO₃) y se hirvió suavemente durante al menos 30 minutos.

Se añadieron suavemente tres mililitros de ácido perclórico a la solución fría deslizándose las paredes del matraz. A continuación, la solución se introdujo cuidadosamente en la campana de extracción, ya que en caso de digestión incompleta podría producirse una reacción explosiva.

De nuevo en el digestor, se hirvió el matraz hasta que la solución cambió de color, de verde a amarillo limón, antes de apagar el digestor y dejar que se enfriara.

Cuando el líquido se enfrió, apareció un anillo rojizo en su borde; si este anillo no aparece o si el líquido vuelve a ser verde, la digestión continuará hasta que finalice la transformación.

Tras limpiar a fondo el matraz Kjeldahl con agua destilada varias veces antes, el líquido frío se transfirió a un matraz aforado de 25 ml. Se utilizó un blanco de reactivo para calibrar el espectrofotómetro a 0 y se tomó la lectura a 350 nm. El blanco se preparó al mismo tiempo que las muestras utilizando sólo agua destilada y los ácidos.

Cálculos:

Se calculó la cantidad de óxido de cromo (mg) presente en la muestra:

$$X = \frac{(Y - 0.032)}{(0.2089)} * 0.25$$

En esta fórmula:

Y representa la absorbancia.

Los valores 0.0032 y 0.2089 son constantes.

Se determinó el porcentaje de óxido de cromo presente en la muestra

$$.\% O. C = \frac{(X)}{(A)} * 100$$

En esta ecuación:

X representa la masa del óxido de cromo.

A representa la masa de la muestra.

3.3.6.4. Cálculo de la energía digestible

En el primer paso, se cuantificó la energía bruta presente en las seis dietas utilizando una bomba calorimétrica. Posteriormente, esta energía bruta fue multiplicada por el coeficiente de digestibilidad aparente, previamente calculado y explicado. De este modo, se obtuvo la cantidad de energía digestible en la harina de pescado.

$$ED = EB * CDA \text{ ener}$$

donde:

ED: La energía que se puede digerir del ingrediente evaluado.

EB: La cantidad total de energía presente en el ingrediente en cuestión, la cual se medirá utilizando una bomba calorimétrica.

CDA E°: El coeficiente que representa la eficiencia de la digestión aparente de la energía contenida en el ingrediente.

53 **CAPÍTULO IV** **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados de este estudio se presentan en base seca, lo que significa que se ha eliminado la humedad de las muestras al mantenerlas a 65°C durante 48 horas. Este procedimiento se realizó para aumentar la vida útil de las muestras, conservar sus nutrientes y facilitar su almacenamiento, transporte y manipulación.

23 **4.1. Composición proximal de las diferentes dietas**

En la tabla 4 se muestra la composición química proximal de las tres dietas comerciales usados en la investigación.

Tabla 4.
Composición química proximal de las dietas comerciales (BS).

| Componente | 2 Dieta 1 | Dieta 2 | Dieta 3 |
|-------------------|-----------|---------|---------|
| Proteínas (%) | 34.016 | 32.913 | 33.569 |
| Lípidos (%) | 4.645 | 4.809 | 4.661 |
| Fibra (%) | 5.804 | 7.143 | 8.932 |
| Ceniza (%) | 12.252 | 16.083 | 14.346 |
| Carbohidratos (%) | 43.283 | 39.052 | 38.492 |

58 En la tabla 5, se muestra la composición proximal de las tres dietas elaboradas a partir de 13 torta de sacha inchi.

Tabla 5.
Composición química proximal de las dietas elaboradas con Torta sacha Inchi (BS).

| Componente | Dieta 4 | Dieta 5 | Dieta 6 |
|-------------------|---------|---------|---------|
| Proteínas (%) | 30.026 | 30.451 | 30.76 |
| Lípidos (%) | 8.988 | 9.094 | 8.59 |
| Fibra (%) | 7.648 | 7.826 | 7.76 |
| Ceniza (%) | 15.824 | 15.032 | 14.49 |
| Carbohidratos (%) | 37.514 | 37.597 | 38.4 |

19 En la tabla 6 se muestra el análisis proximal de las heces de las tilapias alimentadas con las tres dietas comerciales.

Tabla 6.

Análisis proximal de heces de tilapia, alimentadas con dietas comerciales.

| Componente | Dieta 1 | Dieta 2 | Dieta 3 |
|-------------------|---------|---------|---------|
| Proteínas (%) | 12.92 | 14.47 | 13.96 |
| Lípidos (%) | 1.97 | 1.53 | 1.99 |
| Fibra (%) | 30.62 | 35.75 | 38.77 |
| Ceniza (%) | 18.62 | 15.49 | 17.59 |
| Carbohidratos (%) | 35.88 | 32.77 | 27.70 |

19

En la tabla 07 se muestra el análisis proximal de las heces de las tilapias alimentadas con dieta a base de torta de sachá inchi con diferentes tiempos de cocción.

Tabla 7.

Análisis proximal de heces de tilapia con dieta a base de torta de Sacha Inchi.

| Componente | Dieta 4 | Dieta 5 | Dieta 6 |
|-------------------|---------|---------|---------|
| Proteínas (%) | 14.95 | 11.56 | 14.505 |
| Lípidos (%) | 2.255 | 4.275 | 4.355 |
| Fibra (%) | 24.59 | 23.33 | 22.49 |
| Ceniza (%) | 16.135 | 16.125 | 16.96 |
| Carbohidratos (%) | 42.07 | 44.71 | 41.69 |

4.2. Digestibilidad aparente de dietas comerciales en tilapia

35

En la Tabla 8 se detallan los coeficientes de digestibilidad aparente en tilapia referentes a la materia seca, proteínas, carbohidratos y lípidos presentes en las tres dietas comerciales.

Tabla 8.

Coefficiente de digestibilidad aparente de las tres dietas comerciales.

| Componente | Dieta 1 | Dieta 2 | Dieta 3 |
|-------------------|----------|----------|----------|
| Materia seca (%) | 67.1965 | 64.726 | 77.7155 |
| Proteínas (%) | 87.6535 | 84.353 | 90.57825 |
| Lípidos (%) | 86.0765 | 86.456 | 90.32715 |
| Fibra (%) | -73.9235 | -48.1185 | 1.6745 |
| Ceniza (%) | 49.7995 | 62.2775 | 72.2215 |
| Carbohidratos (%) | 72.6175 | 70.04 | 83.6995 |

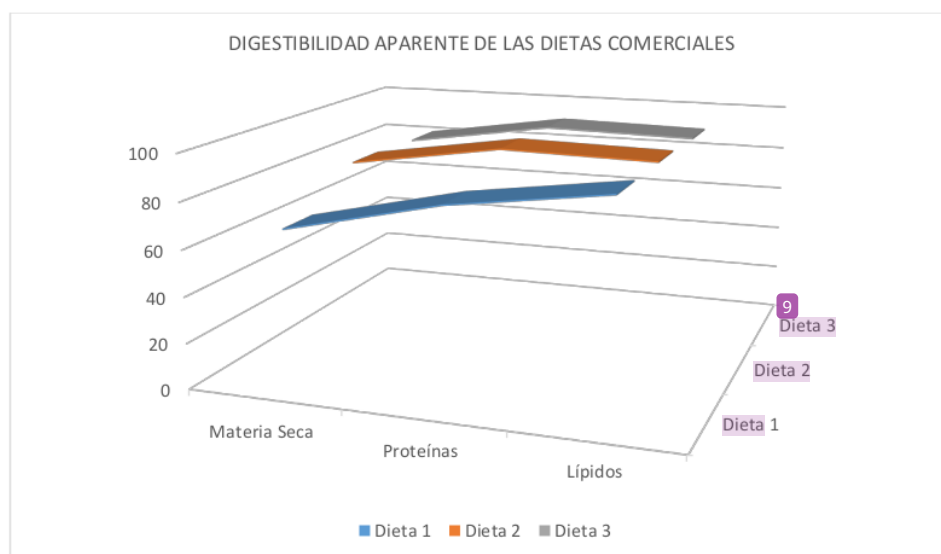


Figura 4.

Digestibilidad aparente de tres dietas comerciales en Tilapia.

La Tabla 9 exhibe el cuadro de varianza ¹ en la digestibilidad de la materia seca en relación con las dietas comerciales.

Tabla 9.

Cuadro de varianza ³⁴ digestibilidad de materia seca con respecto a las dietas comerciales

| ¹⁴ Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|----------------------|----------|----------------|-----------|---------|---------|
| Dietas Comerciales | 2 | 139.623 | 69.812 | 60.37 | 0.004 |
| Error | 3 | 3.469 | 1.156 | | |
| Total | 5 | 143.092 | | | |

⁶¹ De acuerdo al análisis estadístico, se concluyó que hay una diferencia significativa ¹² ($p < 0.05$) en la digestibilidad de la materia seca entre las dietas comerciales.

¹⁰ En la tabla 10, se muestra el cuadro de varianza de digestibilidad de proteínas con respecto a las dietas comerciales.

Tabla 10. ³⁴ Cuadro de varianza de digestibilidad de proteínas con respecto a las dietas comerciales.

| ¹⁴ Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|----------------------|----------|---------------|-----------|---------|---------|
| Dietas Comerciales | 2 | 42.088 | 21.044 | 22.13 | 0.016 |
| Error | 3 | 2.853 | 0.951 | | |
| Total | 5 | 44.941 | | | |

¹⁵ Según el análisis estadístico se determinó que no existe una diferencia significativa ($p < 0.05$), en la digestibilidad proteínas entre las dietas comerciales.

En la tabla 11, se muestra el cuadro de varianza de digestibilidad de los lípidos con respecto a las dietas comerciales.

Tabla 11. Cuadro de varianza de digestibilidad de los lípidos con respecto a las dietas comerciales.

| ¹⁴ Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|----------------------|----------|---------------|-----------|---------|---------|
| Dietas Comerciales | 2 | 24.426 | 12.213 | 4.65 | 0.12 |
| Error | 3 | 7.877 | 2.626 | | |
| Total | 5 | 32.303 | | | |

¹⁵ Según el análisis estadístico se determinó que no existe una diferencia significativa ($p > 0.05$), en la digestibilidad lípidos entre las dietas comerciales.

4.3. Digestibilidad aparente de las dietas a base de torta de Sacha Inchi.

En la Tabla 12 y Figura 5 se muestran los ² coeficientes de digestibilidad de la dieta elaboradas con torta de sachu inchi con tres tiempos de cocción.

⁴¹ **Tabla 12.** Coeficiente de digestibilidad de las dietas elaboradas a base de torta de Sacha Inchi.

| Componente | Dieta 4 | Dieta 5 | Dieta 6 |
|-------------------|---------|---------|---------|
| Materia seca (%) | 66.8695 | 82.38 | 81.1835 |
| Proteínas (%) | 82.2535 | 92.8355 | 91.549 |
| Lípidos (%) | 91.644 | 91.609 | 90.323 |
| Fibra (%) | -7.081 | 37.165 | 25.4765 |
| Ceniza (%) | 66.041 | 81.4105 | 77.66 |
| Carbohidratos (%) | 64.541 | 79.43 | 79.278 |

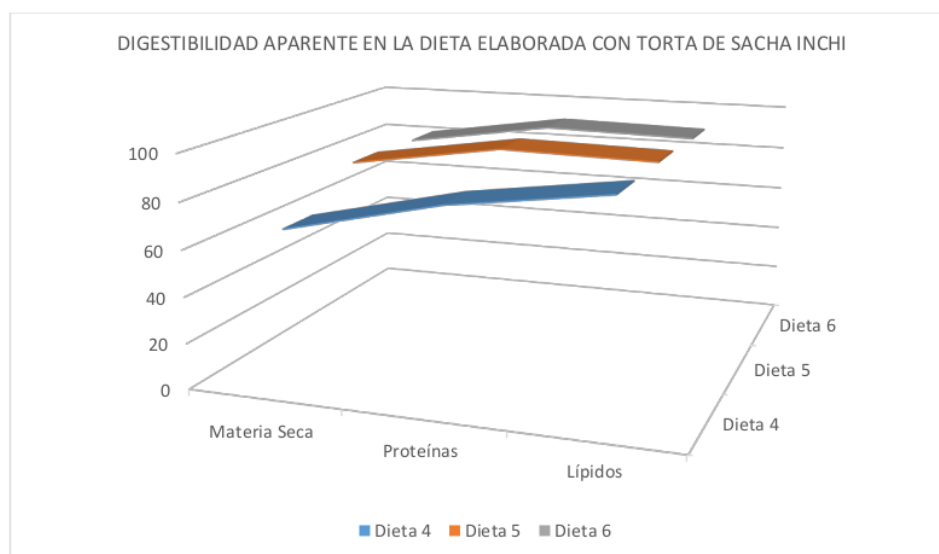


Figura 5.

Digestibilidad aparente de dietas elaboradas con Torta de Sacha Inchi.

¹⁰ En la tabla ¹ 13, se muestra el cuadro de varianza de digestibilidad de materia seca con respecto a las dietas elaboradas con torta de Sacha Inchi.

Tabla 1 ¹⁰ ¹ Cuadro de varianza de digestibilidad de materia seca con respecto a las dietas elaboradas con torta de Sacha Inchi.

| ¹¹ Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|----------------------|----------|----------------|-----------|---------|---------|
| Dietas Sacha Inchi | 2 | 275.856 | 137.928 | 179.05 | 0.001 |
| Error | 3 | 2.311 | 0.77 | | |
| Total | 5 | 278.167 | | | |

²⁶ Según el análisis estadístico se determinó que existe una diferencia significativa ¹² ($p < 0.05$), en la digestibilidad de materia seca entre las dietas elaboradas con torta de sachu inchi.

¹⁰ En la tabla ¹ 14, se muestra el cuadro de varianza de digestibilidad de proteínas con respecto a las dietas elaboradas con torta de Sacha Inchi.

Tabla 14.

Cuadro de varianza de digestibilidad de proteínas con respecto a las dietas elaboradas con torta de Sacha Inchi.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|----------|---------------|-----------|---------|---------|
| Dietas Sacha Inchi | 2 | 83.687 | 41.8433 | 79.49 | 0.003 |
| Error | 3 | 1.579 | 0.5264 | | |
| Total | 5 | 85.266 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que existe una diferencia significativa ($p < 0.05$), en la digestibilidad de proteínas entre las dietas elaboradas con torta de sachá inchi.

En la tabla 15, se muestra el cuadro de varianza de digestibilidad de lípidos con respecto a las dietas elaboradas con torta de Sacha Inchi.

Tabla 15.

Cuadro de varianza de digestibilidad de Lípidos con respecto a las dietas elaboradas con torta de Sacha Inchi.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|----------|---------------|-----------|---------|---------|
| Dietas Sacha Inchi | 2 | 2.0809 | 1.0405 | 6.42 | 0.083 |
| Error | 3 | 0.4866 | 0.1622 | | |
| Total | 5 | 2.5675 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que no existe una diferencia significativa ($p > 0.05$), en la digestibilidad de lípidos entre las dietas elaboradas con torta de sachá inchi.

4.4. Digestibilidad aparente de las dietas a base de torta de Sacha Inchi.

En la Tabla 16 y Figura 6 se muestran la energía digestible aparente de las dietas comerciales, los valores están dentro del rango Espinoza (2017).

Tabla 16.

Energía digestible aparente de las tres dietas comerciales (Mcal/kg) en tilapia.

| Componente | Dieta 1 | Dieta 2 | Dieta 3 |
|-------------------|---------|---------|---------|
| Materia seca (%) | 2.902 | 2.8025 | 3.24115 |
| Proteínas (%) | 3.7855 | 3.6525 | 3.7776 |
| Lípidos (%) | 3.7175 | 3.744 | 3.767 |
| Fibra (%) | -3.1925 | -2.0835 | 0.07 |
| Ceniza (%) | 2.1505 | 2.697 | 3.012 |
| Carbohidratos (%) | 3.1365 | 3.0335 | 3.491 |

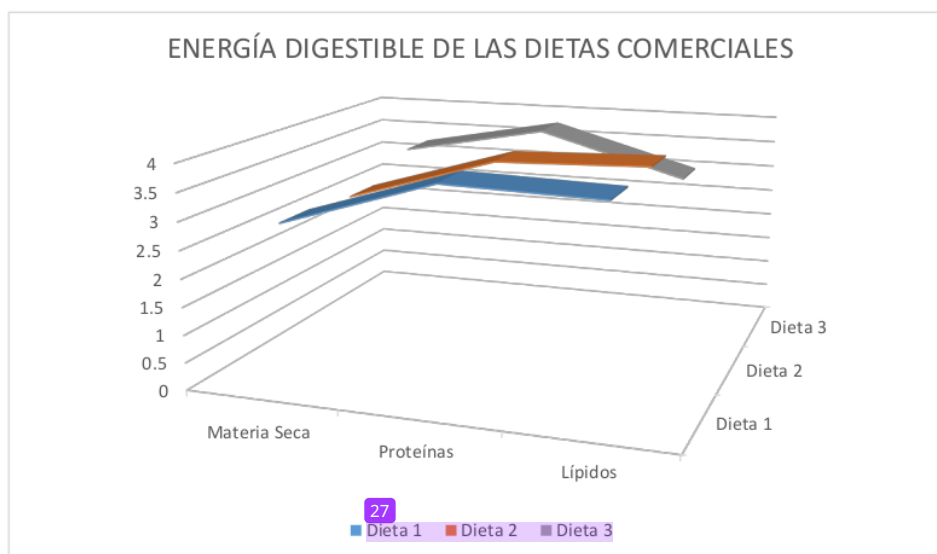


Figura 6.
Energía digestible de las dietas comerciales en Tilapia.

¹⁰ En la tabla 17, se muestra el cuadro de varianza de energía digestible de la materia seca con respecto a las dietas comerciales.

Tabla 17.
²⁸ Cuadro de varianza de energía digestible de la materia seca con respecto a las dietas comerciales.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|----------|-----------------|-----------|---------|---------|
| Dietas Comerciales | 2 | 0.142101 | 0.071051 | 33.74 | 0.009 |
| Error | 3 | 0.006317 | 0.002106 | | |
| Total | 5 | 0.148418 | | | |

²⁶ Según el análisis estadístico se determinó que existe una diferencia significativa ($p < 0.05$), en la energía digestibilidad de materia seca entre las dietas comerciales.

²¹ En la tabla 18, se muestra el cuadro de varianza de energía digestible de proteínas con respecto a las dietas comerciales.

Tabla 18.

Cuadro de varianza de energía digestible de proteínas con respecto a las dietas comerciales.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|----------|-----------------|-----------|---------|---------|
| Dietas Comerciales | 2 | 0.006876 | 0.003438 | 2.03 | 0.277 |
| Error | 3 | 0.005077 | 0.001692 | | |
| Total | 5 | 0.011953 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que no existe una diferencia significativa ($p > 0.05$), en la energía digestibilidad de proteínas entre las dietas comerciales.

En la tabla 19, se muestra el cuadro de varianza de energía digestible de los lípidos con respecto a las dietas comerciales.

Tabla 19.

Cuadro de varianza de energía digestible de los Lípidos con respecto a las dietas comerciales.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|----------|-----------------|-----------|---------|---------|
| Dietas Comerciales | 2 | 0.004841 | 0.002421 | 1.24 | 0.405 |
| Error | 3 | 0.005849 | 0.00195 | | |
| Total | 5 | 0.010691 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que no existe una diferencia significativa ($p > 0.05$), en la energía digestibilidad de lípidos entre las dietas comerciales.

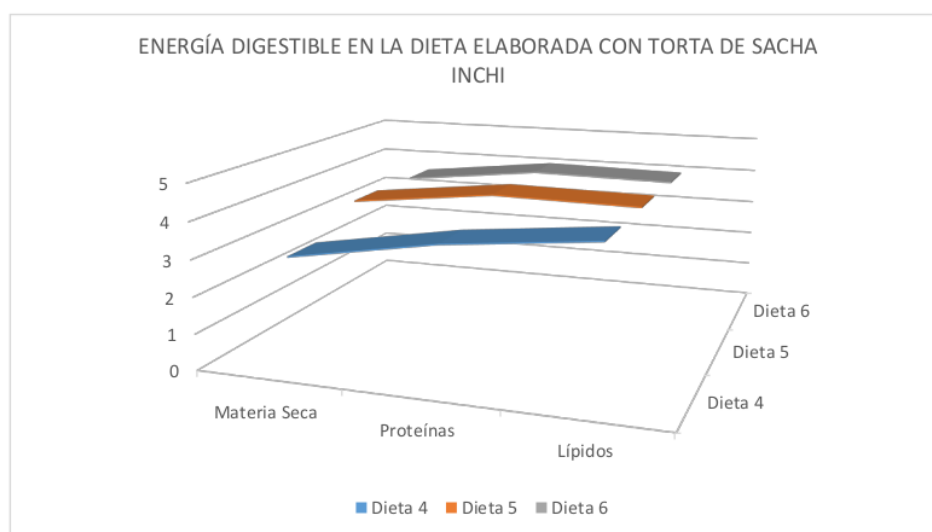
4.5. Energía digestible de dietas con torta de Sacha Inchi.

En la Tabla 20 y Figura 7 se muestran los valores de energía digestible de la dieta elaboradas con torta de Sacha Inchi sometidas a diferentes tiempos de cocción, en forma similar a los valores de las dietas comerciales, éstos están dentro del orden de magnitud de otros, reportados por otros investigadores (Espinoza, 2017).

Tabla 20.

Energía digestible aparente en dieta a base de torta de sachá inchi (Mcal/kg) en tilapia.

| Componente | Dieta 4 | Dieta 5 | Dieta 6 |
|-------------------|---------|---------|---------|
| Materia seca (%) | 2.9565 | 3.642 | 3.589 |
| Proteínas (%) | 3.6365 | 4.1045 | 4.0475 |
| Lípidos (%) | 4.0515 | 4.0505 | 3.9935 |
| Fibra (%) | -0.313 | 1.643 | 1.1265 |
| Ceniza (%) | 2.92 | 3.5995 | 3.4335 |
| Carbohidratos (%) | 2.8535 | 3.5115 | 3.505 |

**Figura 7.**

Energía digestible de dietas con Sacha Inchi a tres temperaturas de cocción en Tilapia.

En la tabla 21, se muestra el cuadro de varianza de energía digestible de la materia seca con respecto a las dietas elaboradas con torta de Sacha Inchi.

Tabla 21.

Cuadro de varianza de energía digestible de la materia seca con respecto a las dietas elaboradas con torta de sachá inchi.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|----------|-----------------|-----------|---------|---------|
| Dietas Sacha Inchi | 2 | 0.538946 | 0.269473 | 180.73 | 0.001 |
| Error | 3 | 0.004473 | 0.001491 | | |
| Total | 5 | 0.543419 | | | |

El análisis estadístico se determinó que existe una diferencia significativa (p < 0.05), en la energía digestibilidad de materia seca entre las dietas elaboradas con torta de sachá inchi.

En la tabla 22, se muestra el cuadro de varianza de energía digestible de proteínas con respecto a las dietas elaboradas con torta de Sachá Inchi.

Tabla 22.

Cuadro de varianza de energía digestible de proteínas con respecto a las dietas elaboradas con torta de sachá inchi.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|----------|-----------------|-----------|---------|---------|
| Dietas Sachá Inchi | 2 | 0.163542 | 0.081771 | 80.68 | 0.002 |
| Error | 3 | 0.00304 | 0.001013 | | |
| Total | 5 | 0.166583 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que existe una diferencia significativa (p < 0.05), en la energía digestibilidad de proteínas entre las dietas elaboradas con torta de sachá inchi.

En la tabla 23, se muestra el cuadro de varianza de energía digestible de lípidos con respecto a las dietas elaboradas con torta de Sachá Inchi.

Tabla 23.

Cuadro de varianza de energía digestible de Lípidos con respecto a las dietas elaboradas con torta de sachá inchi.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|----------|-----------------|-----------|---------|---------|
| Dietas Sachá Inchi | 2 | 0.002572 | 0.001286 | 6.25 | 0.085 |
| Error | 3 | 0.000617 | 0.000206 | | |
| Total | 5 | 0.003189 | | | |

La especie de tilapia utilizada en este estudio, la Tilapia Negra (*Oreochromis niloticus*), presenta notables características biológicas que abarcan una alta capacidad de adaptación a diferentes entornos, resistencia a enfermedades, eficiencia en la conversión de alimentos y un rendimiento superior, según lo señalado por Baltazar y Palomino (2004). Estas cualidades se pusieron de manifiesto en el entorno de laboratorio, donde las tilapias se adaptaron rápidamente a los estanques, lo que permitió la obtención de resultados en un período de tiempo relativamente breve.

Guevara (2015) destacó que la digestibilidad aparente de las proteínas en la dieta con ERL alcanzó un promedio del 83.73%, lo que dio lugar a similitudes estadísticas (P>0.05) con

los peces alimentados con harina de pescado. Esto llevó a la conclusión de que el ensilado biológico de residuos de *S. deliciosa*, conocida como "lorna", exhibió una alta digestibilidad, lo que lo convierte en una alternativa viable para sustituir la harina de pescado en las dietas de peces juveniles. En contraste, Huarca y Franco (2016) obtuvieron una digestibilidad aparente de proteínas del 71.19% en *P. guajava*; comparando los valores de los autores con los resultados obtenidos durante la investigación la digestibilidad de proteínas de la mejor dieta comercial fue de 90.57% y la mejor dieta de elaborado a con torta de sachá Inchi fue de 92.83% ambos valores superiores a los obtenidos por los autores mencionados, lo que indica que las dietas investigación son una alternativa viable para una alimentación más rica en la absorción de los nutrientes.

En lo que respecta a la energía digestible (ED), Espinoza (2017), en su estudio de investigación, informa que la torta de soya en sábalo de cola roja presentó un valor de 3.70 Mcal/kg en base seca y 3.32 Mcal/kg en base fresca. Si comparamos estos resultados con los obtenidos en esta investigación, la energía digestible de la mejor dieta comercial fue de 3.77 Mcal/kg, mientras que la dieta de mejor rendimiento elaborada con torta de sachá inchi alcanzó 4.10 Mcal/kg. Estos valores indican que la dieta elaborada con torta de sachá inchi requiere una mayor cantidad de energía por parte del pez, lo que resulta en un esfuerzo adicional para la absorción de los nutrientes.

CONCLUSIONES

Según los hallazgos de este estudio, se pueden deducir las siguientes conclusiones:

1. Existió diferencia significativa del ¹² Coeficiente de Digestibilidad de masa seca y proteínas de las dietas comerciales, pero no en la Digestibilidad Aparente de los lípidos, considerándose como la mejor dieta comercial 03 con una Digestibilidad Aparente de 90.57% de proteínas, 90.32% de grasas y 77.65% de materia seca.
2. La ¹ Digestibilidad Aparente de la masa seca y proteína de la dieta con inclusión de torta de sachá inchi en tilapia fue influenciada significativamente ($p < 0.05$) por el tiempo de cocción, aumentado con el tiempo de cocción hasta aproximadamente 20 minutos para a continuación descender con el aumento del tiempo, teniendo una Digestibilidad Aparente de 92.38% de proteínas, 91,69% de grasas y 82,63% de materia seca.
3. Se observó diferencia significativa ($p < 0.05$) de la Energía Digestible únicamente en la masa seca, no así en la Energía Digestible de las proteínas y lípidos. Ya en la dieta con sachá inchi, el tiempo de cocción influyó en energía digestible de la masa seca y las proteínas.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda en la formulación de las dietas elaborados con torta de Sacha Inchi usar arroz blanco pulverizado para mejorar la flotabilidad del mismo, en la dieta de juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*).
2. Es recomendable realizar estudios posteriores que se centren en la digestibilidad aparente y la energía digestible, pero esta vez considerando diversos niveles de inclusión de harina de torta de Sacha Inchi en la dieta de los juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*).
3. Realizar un análisis de agua y verificar la alcalinidad, si su valor esta bajo tomar las medidas respectivas para poder acelerar el proceso de maduración de los filtros biológicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, G.F.L; Ríos, T.R.S. 2007. Estudio de viabilidad económica del cultivo de (*Plukenetia volubilis* L.) "sacha inchi" – departamento de San Martín. Programa de ordenamiento ambiental – POA evaluación económica opciones productivas amazonia peruana. Iquitos, Perú.
- Aquino, M. 2015. Optimización del proceso de extracción de las proteínas de la torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Tecnología de Alimentos. Escuela de Posgrado Maestría en Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú 130p.
- Arboleda, L. y Cardona, N (1990) Evolución De La Técnica De Reversión Sexual En Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) Con La Aplicación De Las Hormonas 17 Alfa Metil Testosterona. Ediciones Politécnicas Colombiana. Medellín 32 pp.
- Au, N; Bidart, J. 1992. Manual de harina de pescado. Compañía pesquera San Pedro S.A.C.I., Coronel, Chile. 56 p.
- Austreng, E. 1978. Digestibility of selected trivalent metal oxide as inert markers used to estimate apparent digestibility in salmonids. *Aquaculture*, v. 13, n. 3, 265-272 p.
- Alicorp. 2001. Manual de Crianza de Tilapia.
- Baltazar, P. y Palomino, A. 2004. Manual del cultivo de tilapia. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero - FONDEPES, Gerencia de Acuicultura. 113 p.
- Blanco, C. 1995. La trucha: Cría Industrial. Madrid – España. Editorial Mundi Prensa. 475 p.
- Bondi, A. A. 1989. Nutrición Animal. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 546p.
- Brandan, N; Aispuru, G. 2015. Metabolismo de compuestos nitrogenados. Universidad Nacional del Nordeste (en línea). Consultado 08 jun. 2022.
- Buxade, C. 1994. Zootecnia. Bases de Producción Animal. Tomo II. Reproducción y Alimentación. Ediciones Mundi prensa. Madrid. ES. 344 p.
- Caballero, NF. 1992. Valor nutricional de la panca de maíz: consumo voluntario y digestibilidad en el cuy (*Cavia porcellus*). Tesis ing. Zoot. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. 58 p.

- Cho, C. 1987. La energía en la nutrición de los peces. En: Nutrición en Acuicultura II Eds. J Espinosa; U Labarta. Industrias gráficas España. Madrid, ES. 147-243 p.
- Church, D. C.; W.G Pond Y K.R Pond. 2003. "Nutrición y Alimentación de Animales". Editorial Limusa S.A. México.
- De Dios, A., Porrilla, Y., & Chaparro, D. 2009. Antinutritional factors in eatable seeds. Scielo (Scientific Electronic Library Online. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S169235612009000100007).
- De Silva, S.; Anderson, T. 1995. Fish Nutrition in Aquaculture. London. 319 pp.
- Espinoza, S.E.L. 2017. "Digestibilidad de nutrientes y energía digestible de torta de soya (*Glycine max*) en juveniles de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*)". Tesis para optar el Título de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 79p.
- El Sayed A. M. y Teshima S., 1991. Tilapia Nutrition in Aquaculture. Reviews in Aquatic Science. 5(3-4): 247-265
- Fitzsimmons, K. 1998. Introduction to Tilapia Nutrition University of Arizona. En Tilapia Aquaculture. Proceedings from the fourth international symposium on tilapia aquaculture. Orlando Florida. Volumen No 1.
- Florez S. y Medrano L., 1997. Curso de Piscicultura Continental. Centro de investigación Palmira. Corpoica: Corporación Colombiana Agropecuaria Regional. No 5.
- Flores, P; Rodríguez, M. 2005. Nutrición Animal, Publicación de la Unidad Docente del área de Nutrición Animal de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria. España (en línea).
- Furukawa, A; Tsukahara, H. 1996. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 32: 502-506 p.
- Gómez, B., Vergara, V. 1993. Fundamentos de nutrición y alimentación. I Curso nacional de capacitación en crianzas familiares. Lima, p .19,23,23,31.
- Guevara, F. 2015. Digestibilidad aparente de la proteína de la harina de ensilado biológico de residuos de *Sciaena deliciosa* loma en juveniles de *Piaractus brachypomus* paco. Tesis para optar el Título profesional de Biólogo Acuicultor. Programa de Titulación

- en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote, Perú 57p.
- Guillaume, J; Kaushik. S; Bergot, P; Métailler, R. 2004 Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Madrid, ES. Editorial Mundi-Prensa. 514 p.
- Gutierrez, F. 1999. Efecto de diferentes niveles de energía digestible y proteína sobre el comportamiento productivo y la utilización de la energía de "gamitana" (*Colossoma macropomum*). Tesis Mg.Sc. Lima, Perú. UNALM.13-26 p.
- Halloran, H. R. 1972. A major problem in metabolizable energy determinations of feedstuffs for poultry-Feedstuffs. 44(7): 38:39.
- Huarca, E., Franco, T. 2016. Digestibilidad aparente de la proteína de la harina de ensilado biológico de *Psidium guajava* "guayaba" en alevines de *Oreochromis niloticus* "tilapia nilótica". Tesis para optar el Título de Biólogo Acuicultor. Universidad Nacional del Santa Facultad de Ciencias Escuela Académico Profesional de Biología en Acuicultura. Nuevo Chimbote, Perú. 49p.
- Hepher, B. 1993. Nutrición de peces comerciales en estanques. Editorial Limusa. Israel. 406 p.
- Jagersberger, J. 2013. Development of novel products on basis of Sacha Inchi – Use of press cakes and hulls. Titel angestrebter akademischer Grad Master of Science. Austria, Viena. Universität Wien. 125 p.
- Jara, E. 2013. Determinación de la digestibilidad y energía digestible de torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) extruida en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima.
- Jiménez, R.L.; Martínez, G.M.; Cruz, D.R. 2000. El género (*Plukenetia Euphorbiaceae*) en México. Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 71(1): 11-18.
- Kaushik, SJF. 1995. Amino acid requirements, protein and energy utilization in fish. From feed to food. Victam International. Feed and Food Industries Show.
- Lim, C. 1997. Nutrition and feeding of tilapia, en IV Simposium Centroamericano de Acuicultura, cultivo sostenible del camaron y la tilapia. Tegucigalpa, HON 1997.
- Marais, J. P. 2000. "Farm Animal Metabolism and Nutrition". Ed JPF D'Mello. USA.

- Manríquez, J 1994. La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente. En Control de calidad de insumos y dietas acuáticas. FAO. MEX. 67-72 p.
- Martinez, C; Ríos, M. 2012. Aspectos de la alimentación de los peces y el uso de microagregados en acuicultura. (en línea). Consultado 09 jun. 2022
- Maynard, L; Loosli, J; Hintz, J; Warner, R. 1981. Nutrición Animal. 4ta Edición. México. 680 p.
- McDonald, P; Edwards, RA; Greenhalgh, JFD; Morgan, CA. 2006. Nutrición Animal. 6ta Edición. Editorial Acribia. Zaragoza. ES. 587 p.
- Mercado, J. 2012. Obtención de un aislado proteico a partir de torta del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y evaluación de sus propiedades tecnofuncionales. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 115 p.
- Mendoza, R. 1993. "Métodos para evaluar la digestibilidad proteica de los alimentos destinados a los organismos acuáticos". Memorias del Primer Simposium Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentación para Acuicultura. p. 155-202.
- Moyle, P; Cech, J. 2000. Fishes. An Introduction to Ichthyology. Fourth Edition. Prentice Hall, Inc. US. 612 p.
- Montoya, Jorge. 2002., Efecto de Dos Niveles de Proteína y Energía Digestible en el Comportamiento Productivo de Alevines de Tilapia Roja (*Oreochromis spp*). Tesis Ing. Pesquero. Lima, Perú. UNALM. 75 p.
- NRC (National Research Council, US). 1993. Nutrient Requirements of Fish. 124p. 2011. Nutrient Requirements of fish. (en línea). Consultado el 08 jun. 2022. Disponible en: <http://www.nap.edu/catalog/13039/nutrient-requirements-of-fish-and-shrimp>.
- Nusselder, H.; Cloesen, P. 2015. El cultivo de semillas nobles: ¿sachá inchi de la amazonía a la cuenca caribeña? In: van Dijk, P.; Nusselder, H. (Eds). Un recorrido por líneas locales: Aportes para políticas públicas en el sector rural de Centroamérica, el Caribe y la Región Andina. [Internet]. San José (CR). Centro de Estudios para el Desarrollo Rural. Available from: (<http://cdr.or.cr/libro/completo.pdf>). Acceso: 09/06/2022.
- Palpa, P. 2007. Determinación del valor nutricional de la torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) precocida y precocida extruida, en pollos parrilleros. (Tesis pregrado). Facultad de Zootecnia. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María-Perú.

- Pascual, G. y Mejía, M. 2000. Extracción y caracterización de aceite del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Anales Científicos UNALM 42: 144 – 158
- Pimentel, L. 2017. 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. Programa de Titulación en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote, Perú 40p.
- Penz Jr., A. 2002. Raciones Peletizadas para pollos de carne. In: Anales del V Simposio goiano de Avicultura. Universidad Federal de Rio Grande Del Sur. Goiânia - Brasil: UFG. p.145-164.
- Pizzini, D. 2017. Evaluación de la Inclusión de harina de camote (*Ipomoea batatas*) en dietas de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) sobre su comportamiento productivo en condiciones de laboratorio. Tesis para optar el Título de Ingeniero Pesquero. Programa de Titulación en Ingeniería Pesquera de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú 72p.
- Popma T. y Masser M., 1999. Tilapia, Life History and Biology. Southern Regional Aquaculture Center. Publication No 283.
- Popma. T. J., y Lovshin. L. L., 1996. Worldwide Prospect for Commercial Production of Tilapia. Research and Development Series No.41. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Department of fisheries and Allied Aquacultures Auburn University. Alabama-USA.
- Ruiz, C.; Díaz, C.; Anaya, J. y Rojas, R. 2013. Análisis proximal, antinutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y tortas de 2 especies del sachá inchi (*Plukenetia volubilis*). Rev. Sociedad Química Perú 79 (1): 29 – 36
- 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.
- Shiau, S; Lin, S.1993. Effect of supplemental dietary chromium and vanadium on the utilization of different carbohydrates in tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture. 110: 321 p.

- Smith, RR. 1988. Nutritional energetic. P. 1-29. In: Fish Nutrition . Second Edition. Edited By J.E. Halver. Ed. Academic Press, Inc. 788 pp.
- Solla S.A., 2000. Requerimientos de Temperatura para la Piscicultura. Colombia.
- Stickney R. R. 1997. Tilapia Nutrition, Feeds and Feeding. Pages 34-54 in B.A. CostaPierce and J.E. Rakocy eds. Tilapia Aquaculture Society. United States.
- Tacon, A. 1989. Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados. Manual de Capacitación. Italia. 592 pp
- Tobal, CF. 1999. Evaluación de los alimentos a través de los diferentes métodos de digestibilidad (en línea). Argentina. Consultado 10 de jun. 2022. Disponible en: <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/anuavet/n1999a16tobal.pdf>.
- Valles, S. 2012. Obtención de "Leche" de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L). (Tesis pregrado). Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto-Perú.
- Watanabe, T. 1988. "Fish Nutrition and Mariculture". Department of Aquatic Biosciences. Tokyo University of Fisheries. 233 pp.
- Wilson, R. 1994. Utilization of dietary carbohydrate by fish. Aquaculture v. 124. 67-80 p.

ANEXOS

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.

ANOVA de un solo factor: Digestibilidad Materia Seca vs. Dietas Comerciales.

Análisis de Varianza.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|----------|----------------|-----------|---------|---------|
| Dietas Comerciales | 2 | 139.623 | 69.812 | 60.37 | 0.004 |
| Error | 3 | 3.469 | 1.156 | | |
| Total | 5 | 143.092 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que existe una diferencia significativa en la digestibilidad de materia seca entre las dietas comerciales.

ANOVA de un solo factor: Digestibilidad Proteínas vs. Dietas Comerciales.

Análisis de Varianza.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|----------|---------------|-----------|---------|---------|
| Dietas Comerciales | 2 | 42.088 | 21.044 | 22.13 | 0.016 |
| Error | 3 | 2.853 | 0.951 | | |
| Total | 5 | 44.941 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que existe una diferencia significativa en la digestibilidad proteínas entre las dietas comerciales.

ANOVA de un solo factor: Digestibilidad Lípidos vs. Dietas Comerciales.

Análisis de Varianza.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|----------|---------------|-----------|---------|---------|
| Dietas Comerciales | 2 | 24.426 | 12.213 | 4.65 | 0.12 |
| Error | 3 | 7.877 | 2.626 | | |
| Total | 5 | 32.303 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que no existe una diferencia significativa en la digestibilidad lípidos entre las dietas comerciales.

ANOVA de un solo factor: Digestibilidad Materia Seca vs. Dietas Sacha Inchi.

Análisis de Varianza.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Dietas Sacha Inchi | 2 | 275.856 | 137.928 | 179.05 | 0.001 |
| Error | 3 | 2.311 | 0.77 | | |
| Total | 5 | 278.167 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que existe una diferencia significativa en la digestibilidad de materia seca entre las dietas elaboradas con torta de sachu inchi.

ANOVA de un solo factor: Digestibilidad Proteínas vs. Dietas Sacha Inchi.

Análisis de Varianza.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Dietas Sacha Inchi | 2 | 83.687 | 41.8433 | 79.49 | 0.003 |
| Error | 3 | 1.579 | 0.5264 | | |
| Total | 5 | 85.266 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que existe una diferencia significativa en la digestibilidad de proteínas entre las dietas elaboradas con torta de sachu inchi.

ANOVA de un solo factor: Digestibilidad Lípidos vs. Dietas Sacha Inchi.

Análisis de Varianza.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Dietas Sacha Inchi | 2 | 2.0809 | 1.0405 | 6.42 | 0.083 |
| Error | 3 | 0.4866 | 0.1622 | | |
| Total | 5 | 2.5675 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que no existe una diferencia significativa en la digestibilidad de lípidos entre las dietas elaboradas con torta de sachu inchi.

ANOVA de un solo factor: Energía Digestible Materia Seca vs. Dietas Comerciales.

Análisis de Varianza.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Dietas Comerciales | 2 | 0.142101 | 0.071051 | 33.74 | 0.009 |
| Error | 3 | 0.006317 | 0.002106 | | |
| Total | 5 | 0.148418 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que existe una diferencia significativa en la energía digestibilidad de materia seca entre las dietas comerciales.

ANOVA de un solo factor: Energía Digestible proteínas vs. Dietas Comerciales.

Análisis de Varianza.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Dietas Comerciales | 2 | 0.006876 | 0.003438 | 2.03 | 0.277 |
| Error | 3 | 0.005077 | 0.001692 | | |
| Total | 5 | 0.011953 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que existe una diferencia significativa en la energía digestibilidad de proteínas entre las dietas comerciales.

ANOVA de un solo factor: Energía Digestible Lípidos vs. Dietas Comerciales.

Análisis de Varianza.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Dietas Comerciales | 2 | 0.004841 | 0.002421 | 1.24 | 0.405 |
| Error | 3 | 0.005849 | 0.00195 | | |
| Total | 5 | 0.010691 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que existe una diferencia significativa en la energía digestibilidad de materia seca entre las dietas elaboradas con torta de sachá inchi.

ANOVA de un solo factor: Energía Digestible Materia Seca vs. Dietas Sachá Inchi.

Análisis de Varianza.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Dietas Sachá Inchi | 2 | 0.538946 | 0.269473 | 180.73 | 0.001 |
| Error | 3 | 0.004473 | 0.001491 | | |
| Total | 5 | 0.543419 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que existe una diferencia significativa en la energía digestibilidad de materia seca entre las dietas elaboradas con torta de sachá inchi.

ANOVA de un solo factor: Energía Digestible proteínas vs. Dietas Sacha Inchi.

Análisis de Varianza.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Dietas Sacha Inchi | 2 | 0.163542 | 0.081771 | 80.68 | 0.002 |
| Error | 3 | 0.00304 | 0.001013 | | |
| Total | 5 | 0.166583 | | | |

Según el análisis estadístico se determinó que existe una diferencia significativa en la energía digestibilidad de proteínas entre las dietas elaboradas con torta de sachu inchi.

ANOVA de un solo factor: Energía Digestible Lípidos vs. Dietas Sacha Inchi.

Análisis de Varianza.

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor P |
|--------------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Dietas Sacha Inchi | 2 | 0.002572 | 0.001286 | 6.25 | 0.085 |
| Error | 3 | 0.000617 | 0.000206 | | |
| Total | 5 | 0.003189 | | | |

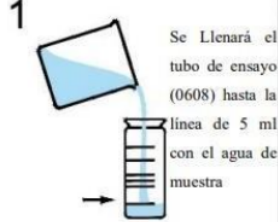
Según el análisis estadístico se determinó que no existe una diferencia significativa en la energía digestibilidad de lípidos entre las dietas elaboradas con torta de sachu inchi.

ANÁLISIS DE AGUA.

PRUEBA DE LA ALCALINIDAD.

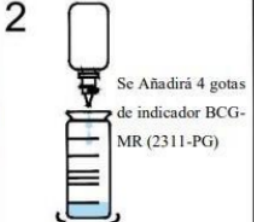
| Descripción | Código |
|---|-----------|
| Indicador BCG / MR | 2311-PG-E |
| Reactivo de titulación de alcalinidad B | 4493-DR-H |
| Tubo de ensayo, 5-10-12. 9-15-20-25 ml, vaso con tapa | 608 |
| Valorador de lectura directa, rango 0-200 | 382 |

1



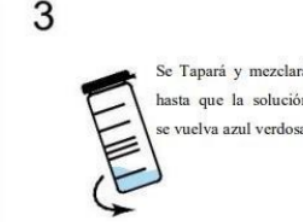
Se Llenará el tubo de ensayo (0608) hasta la línea de 5 ml con el agua de muestra

2



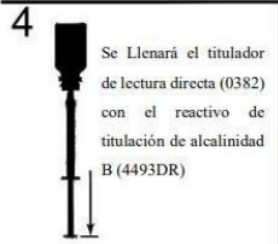
Se Añadirá 4 gotas de indicador BCG-MR (2311-PG)

3



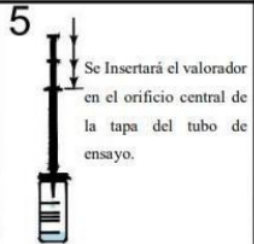
Se Taparé y mezclaré hasta que la solución se vuelva azul verdosa

4



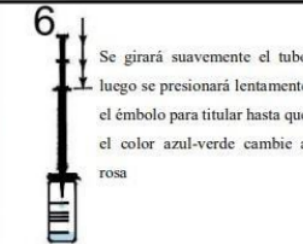
Se Llenará el titulador de lectura directa (0382) con el reactivo de titulación de alcalinidad B (4493DR)

5



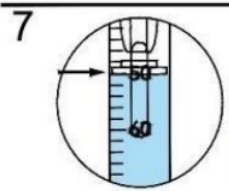
Se Insertará el valorador en el orificio central de la tapa del tubo de ensayo.

6



Se girará suavemente el tubo luego se presionará lentamente el émbolo para titular hasta que el color azul-verde cambie a rosa

7



Se leerá el resultado de la prueba directamente desde la escala donde el anillo grande del valorador se encuentra con el cilindro del valorador. registre la alcalinidad total como ppm de carbonato de calcio (CaCO₃).

Nota:

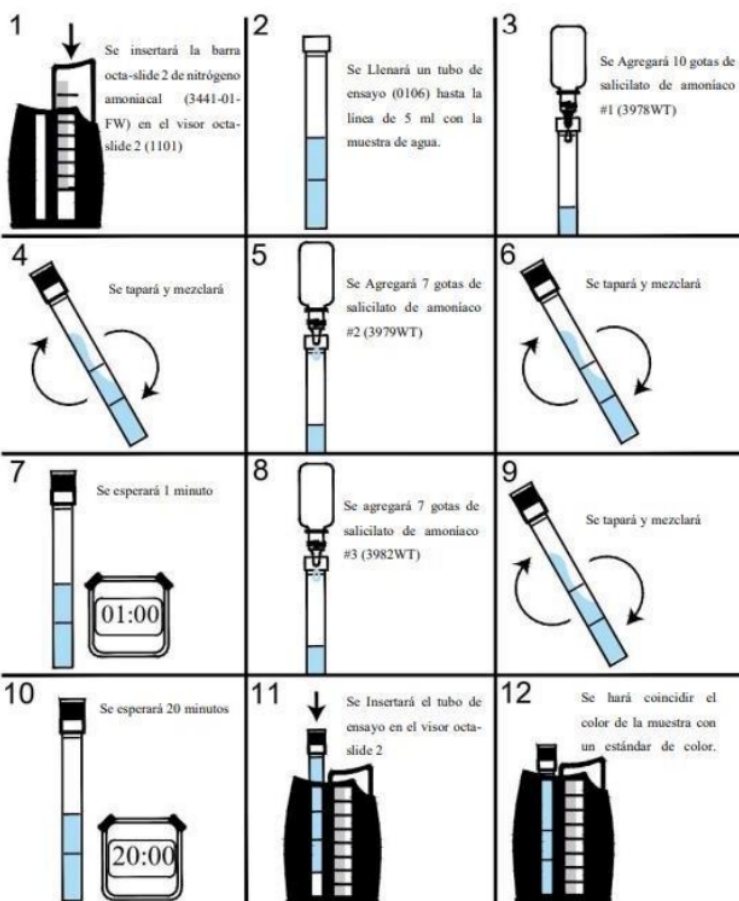
si la punta del émbolo alcanzara la línea inferior de la escala (200 ppm) antes de que ocurra el cambio de color del punto final, vuelva a llenar el titulador y continúe con la titulación.

Cuando registre el resultado de la prueba, asegúrese de incluir el valor de la cantidad original de reactivo dispensado (200 ppm)

El valorador de lectura directa estará calibrado en términos de alcalinidad total expresada como partes por millón (ppm) de carbonato de calcio (CaCO₃). cada división menor en la torta de titulación equivale a 4 ppm de CaCO₃.

PRUEBA DE NITRÓGENO AMONICAL

| Descripción | Código |
|---------------------------------------|------------|
| Salicilato de amoníaco #1 | 3978LWT-G |
| Salicilato de amoníaco #2 | 3979WT-G |
| Salicilato de amoníaco #3 | 3982WT-G |
| Tubo de ensayo, 2,5-5-10 ml, con tapa | 382 |
| Visor octa-Slide 2 | 1101 |
| Nitrógeno amoniacal octa-slide 2 bar | 3441-01-FW |



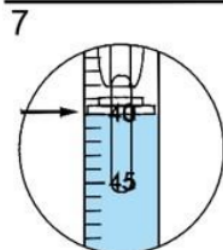
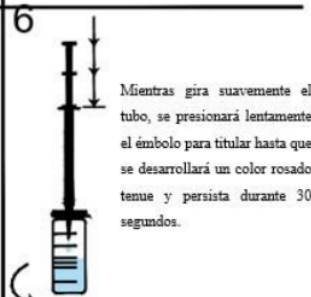
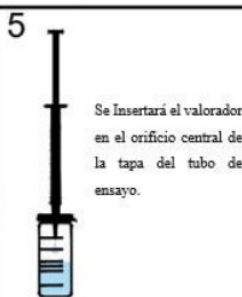
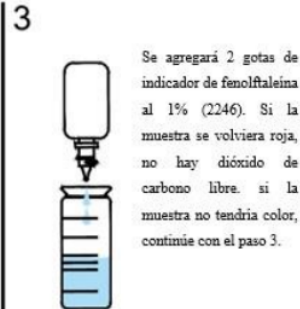
PRUEBA DE DIÓXIDO DE CARBONO

| Descripción | Código |
|--|----------|
| Indicador de fenolftaleína 1% | 2246-E |
| Reactivo de dióxido de carbono B | 4253DR-H |
| Valorador de lectura directa, rango 0-50 | 380 |
| Tubo de ensayo, 2,5-5-10 ml, con tapa | 382 |



2

Para obtener los mejores resultados, se analizará una muestra recién obtenida y evite las salpicaduras o el contacto prolongado con el aire



Se leerá el resultado de la prueba directamente desde la escala donde el anillo grande del valorador se encuentra con el cilindro del valorador. registrar como dióxido de carbono

Nota:
El titulador estará calibrado en términos de dióxido de carbono expresado como ppm de CO₂ libre. cada división menor en la escala del valorador equivale a 1,0 ppm de CO₂

PRUEBA DE CLORURO

| Descripción | Código |
|---|----------|
| Reactivo de cloruro #1 | 4504-E |
| Reactivo de cloruro #2 | 4505DR-H |
| Indicador de fenolftaleína 1% | 2246-E |
| Ácido sulfúrico 0,5 N | 6090-E |
| Valorador de lectura directa Rango 0-200 | 382 |
| Tubo de ensayo, 5-10-12. 9-15-20-25 ml, vaso con tapa | 608 |

Lecturas altas de cloruro y salinidad.

Para lecturas altas de cloruro y salinidad, la muestra se deberá diluir cuidadosamente para llevarla dentro de un rango práctico para la titulación. Se recomienda diluciones de 1 a 20 o de 1 a 100. (por ejemplo: 1 ml de agua de muestra se diluye hasta un total de 20 ml con agua destilada. Esta es una dilución de 1 a 20). Luego, el tubo de titulación se llena hasta la línea de 15 ml con muestra diluida y la titulación se realiza como se describe. La lectura del valorador se multiplica por el factor de conversión apropiado que se indica a continuación para partes por millón (ppm), partes por mil (ppt) o porcentaje (%) de cloruro.

Dilución 1 a 20.

ppm de cloruro = lectura del titulador x 20.

ppt de cloruro = lectura del titulador x 0.02.

% de cloruro = lectura del titulador x 0.002.

Dilución de 1 a 100.

ppm de cloruro = lectura del titulador x 100.

ppt de cloruro = lectura del titulador x 0.1.

% de cloruro = lectura del titulador x 0.01.

Para convertir partes por mil (ppt) de cloruro a partes por mil (ppt) de salinidad, se usará la siguiente fórmula.

Ppt salinidad = (1,805 x ppt cloruro) + 0.03.

1

Se llenará el tubo de ensayo (0608) hasta la línea de 15 ml con la muestra de agua.



2

Se añadirá una gota de indicador de fenolftaleína al 1% (2246). Si la muestra se volviera rosa, se agregará ácido sulfúrico 0,5 N (6090) una gota a la vez, mezclando después de cada gota, hasta que desaparezca el color rosa.



3

Se agregará 3 gotas de reactivo de cloruro #1 (4504)



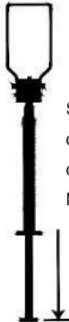
4

Se tapará y agitará para mezclar. la solución se volverá amarilla.



5

Se llenará el valorador de lectura directa (0382) con el reactivo de cloruro N # 2(4505DR).



6

Se Insertará el valorador en el orificio central de la tapa del tubo de ensayo.

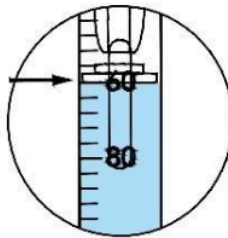


7

Mientras gira suavemente el tubo, se presionará lentamente el émbolo para titular hasta que el color amarillo se cambiará de amarillo a naranja o rojo anaranjado.



8



Se Leerá el resultado de la prueba directamente desde la escala donde el anillo grande del valorador se encuentra con el cilindro del valorador. registrar como ppm de cloruro.

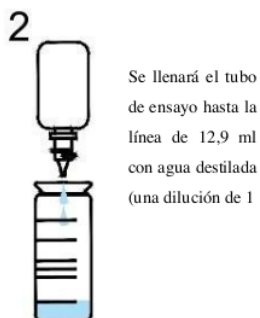
PRUEBA DE DUREZA.

| Descripción | Código |
|---|----------|
| Reactivo de dureza #5 | 4483-E |
| Solución de reactivo de dureza #6 | 4483-E |
| Reactivo de dureza #7 | 4487DR-H |
| Tubo de ensayo 5-10-12. 9-15-20-25 vaso con tapa. | 608 |
| Valorador de lectura directa rango 0-200 | 382 |
| Pipeta 0,5 ml, plástico | 353 |

El titulador estará calibrado en términos de dureza total expresada en partes por millón (ppm) de carbonato de calcio (CaCO_3). Cada división menor en la escala del titulador equivale a 4 ppm CaCO_3 .

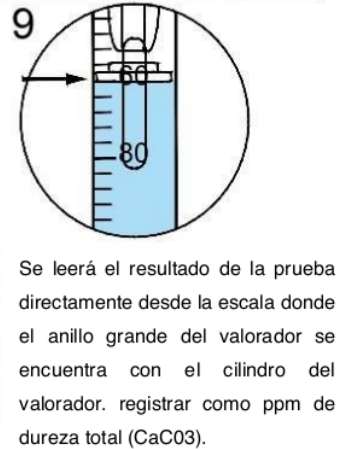
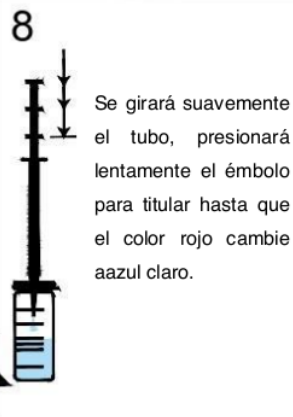
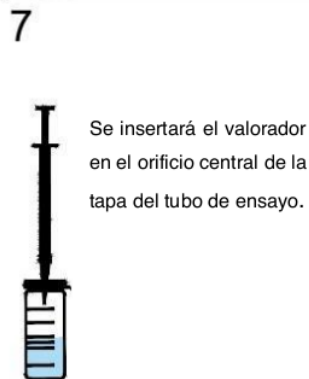
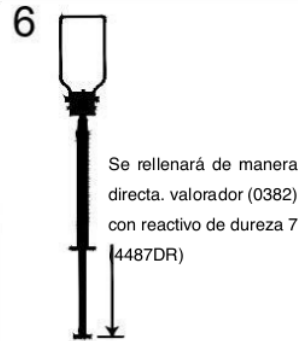
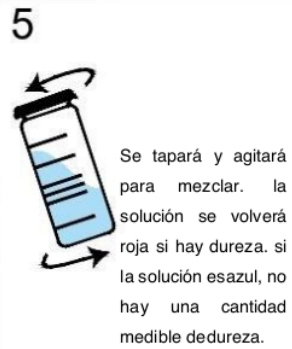
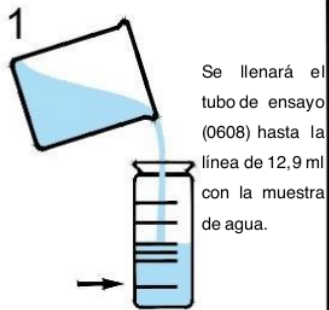
Cuando se analicen aguas marinas y estuarinas que contengan niveles muy altos de sales minerales, la muestra debe diluirse antes de la titulación. este equipo de prueba se suministra con una pipeta calibrada para realizar la dilución simple y conveniente que se describe a continuación.

PARTE 1.



Se seguirá los pasos del 2 al 9 del procedimiento de prueba de dureza. Multiplique la lectura por 25,8 registre como ppm de dureza total CaCO_3 .

PARTE 2.



PRUEBA DE NITRITO DE NITRÓGENO.

| Descripción | Código |
|-------------------------------------|----------|
| Reactivo ácido mixto | V-6278-H |
| Reactivo revelador de color | V-6281-D |
| Cuchara 0,1 g de plástico | 699 |
| Tubo de ensayo de plástico con tapa | 106 |
| Tapa dispensadora | 692 |
| Visor Octa-Slide 2 | 1101 |
| Nitrito nitrógeno Octa-Slide 2 bar. | 3437-01 |

1 Se insertará la barra octa-slide 2 de nitrito nitrógeno (3437-01) en el visor octa slide 2 (1101).



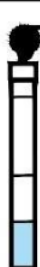
2 Se llenará un tubo de ensayo (0106) hasta la línea de 2.5 ml con la muestra de agua.



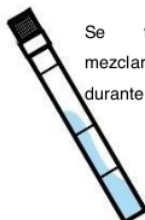
3 Se diluirá hasta la línea de 5 ml con reactivo ácido mixto (V-6278).



4 Se usará la cuchara de 0.1 g (0699) para agregar 0.1 g de reactivo de revelado de color (V-6281).



5 Se tapaná y mezclará invirtiendo durante un minuto.



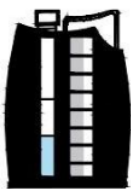
6 Se esperará 5 minutos.



7 Se insertará el tubo de ensayo en el visor octa slide 2 (1101)



8 Se igualará el estándar de color de la muestra. Se registrará los resultados como ppm de nitrógeno nitrito (1101)





9 Para convertir a nitrito se multiplicará los resultados por 3.3, se registrará como ppm de nitrito.


Nitrito-N (NO3-N) x 3.3 = ppm nitrito (NO2-)


PRUEBA DE PH.


| Descripción | Código |
|---|---------|
| Indicador de rango amplio | 2218-G |
| Tubo de ensayo plástico con tapa | 106 |
| Visor octa slide 2 | 1101 |
| Rango amplio de ph octa-slide 2 Bar, 5-10 | 3483-01 |


1  Se insertará la barra octa slide 2 de rango amplio de ph (3483-01) en el visor octa-slide 2 (1101).

2  Se llenará un tubo de ensayo (0106) hasta los 10 ml, línea con la muestra de agua.

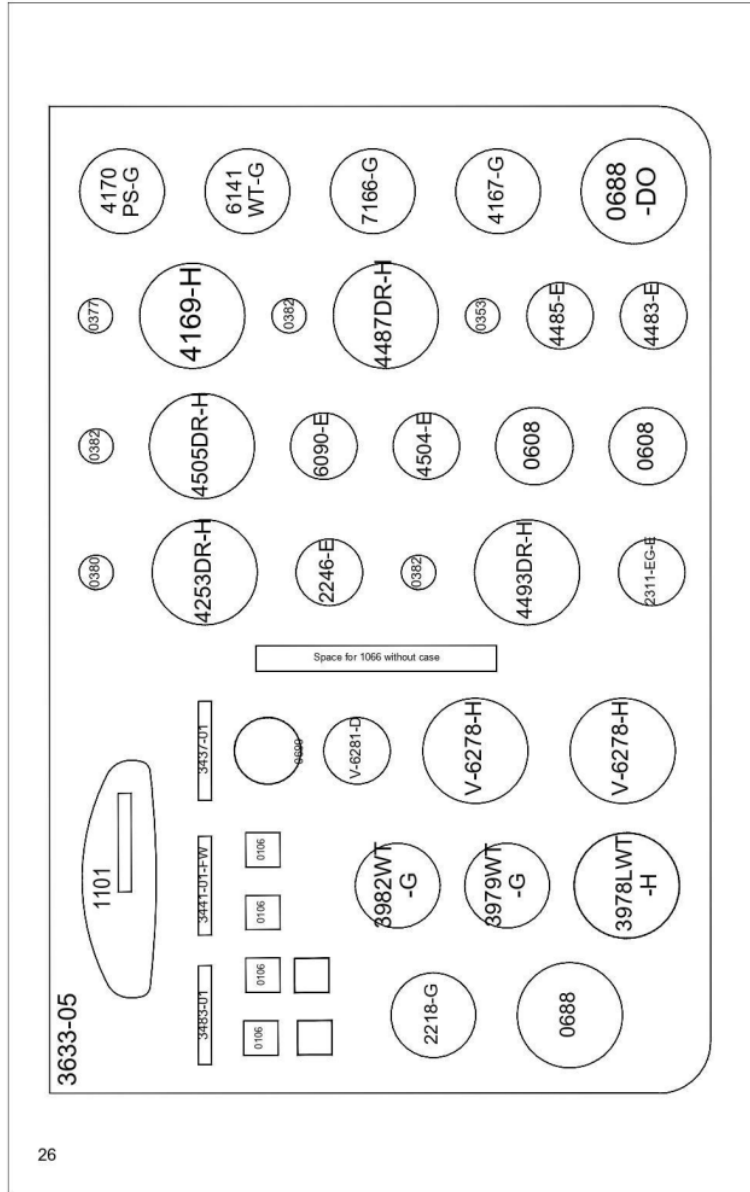
3  Se agregará 8 gotas de indicador de pH de amplio rango (2218).

4  Se tatará y mezclará

5  Se insertará el tubo de ensayo en el visor octa slide 2 (1101)

6  Se hará coincidir el color de la muestra con el estándar de color, registrar como pH.

CODIFICACIÓN DEL KIT DE PRUEBA LAMOTTE 3633-05.



ACTIVIDADES REALIZADAS.

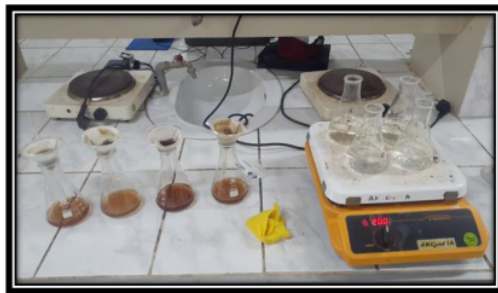
Alimentación de los peces.



Análisis de calidad de agua.



Análisis de Fibra.



Análisis de Proteínas.



Análisis de Lípidos.



Evaluación de energía digestible y digestibilidad aparente de tres dietas comerciales y dieta a base de torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 repositorio.lamolina.edu.pe 8%
Fuente de Internet

2 hdl.handle.net 2%
Fuente de Internet

3 repositorio.puce.edu.ec 2%
Fuente de Internet

4 tesis.unsm.edu.pe 1%
Fuente de Internet

5 repositorio.unu.edu.pe 1%
Fuente de Internet

6 Submitted to Universidad Nacional de San Martín 1%
Trabajo del estudiante

7 repositorio.uns.edu.pe 1%
Fuente de Internet

proyectoscti.concytec.gob.pe

| | | |
|----|---|------|
| 8 | Fuente de Internet | 1 % |
| 9 | aprenderly.com Fuente de Internet | 1 % |
| 10 | Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante | <1 % |
| 11 | slideplayer.es Fuente de Internet | <1 % |
| 12 | eprints.uanl.mx Fuente de Internet | <1 % |
| 13 | 1library.co Fuente de Internet | <1 % |
| 14 | repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 15 | orcid.org Fuente de Internet | <1 % |
| 16 | repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 17 | revistas.unjbg.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 18 | idoc.pub Fuente de Internet | <1 % |
| 19 | pt.scribd.com Fuente de Internet | <1 % |

| | | |
|----|---|------|
| 20 | patents.google.com Fuente de Internet | <1 % |
| 21 | docplayer.es Fuente de Internet | <1 % |
| 22 | www.uniondemutuas.es Fuente de Internet | <1 % |
| 23 | Submitted to Universidad Autónoma de Nuevo León Trabajo del estudiante | <1 % |
| 24 | repository.udca.edu.co Fuente de Internet | <1 % |
| 25 | corporacions3.com Fuente de Internet | <1 % |
| 26 | riunet.upv.es Fuente de Internet | <1 % |
| 27 | www.campopotosino.gob.mx Fuente de Internet | <1 % |
| 28 | dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 29 | qdoc.tips Fuente de Internet | <1 % |
| 30 | www.researchgate.net Fuente de Internet | <1 % |
| 31 | hrcak.srce.hr | |

Fuente de Internet

<1 %

32

repositorio.unphu.edu.do

Fuente de Internet

<1 %

33

cdam.minam.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

34

"Evaluación de varias fuentes de proteína vegetal en dietas para camarón *Litopenaeus vannamei*", 'Universitat Politecnica de Valencia'

Fuente de Internet

<1 %

35

www.cienciasinaloa.ipn.mx

Fuente de Internet

<1 %

36

cia.uagraria.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

37

Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

<1 %

38

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

39

Submitted to Universidad Francisco de Paula Santander

Trabajo del estudiante

<1 %

40

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

| | | |
|----|--|------|
| 41 | purl.org Fuente de Internet | <1 % |
| 42 | www.cenaim.espol.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 43 | martinucatche.files.wordpress.com Fuente de Internet | <1 % |
| 44 | repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 45 | repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 46 | Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante | <1 % |
| 47 | www.iiap.org.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 48 | www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet | <1 % |
| 49 | www.sian.info.ve Fuente de Internet | <1 % |
| 50 | aramara.uan.mx Fuente de Internet | <1 % |
| 51 | repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 52 | www.coursehero.com Fuente de Internet | <1 % |

53

www.gacetasanitaria.org

Fuente de Internet

<1 %

54

Harrison de la Rosa Ramírez. "Desarrollo de formulaciones de ácido poliláctico (PLA) basadas en la incorporación de derivados de la colofonia", Universitat Politecnica de Valencia, 2023

Publicación

<1 %

55

repositorio.unal.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

56

repositorio.unapiquitos.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

57

www.tdx.cat

Fuente de Internet

<1 %

58

digitum.um.es

Fuente de Internet

<1 %

59

m2m.telefonica.com

Fuente de Internet

<1 %

60

portal.server267.com

Fuente de Internet

<1 %

61

repositorio.uaaan.mx:8080

Fuente de Internet

<1 %

62

repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

repositorio.unp.edu.pe

63

Fuente de Internet

<1 %

64

repositoriousco.co

Fuente de Internet

<1 %

65

revistas.udes.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

66

www.masslive.com

Fuente de Internet

<1 %

67

www.revistas.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo