

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León
Dirección de Ciencias Agrarias y Veterinaria
Dirección Específica de Acuícola
Ingeniería Acuícola



Tesis Monográfica para optar al Título de Ingeniero Acuícola

Formulación de una dieta a base de Harina de Pescado, Maíz y Moringa destinada al cultivo de *Oreochromis niloticus*.

El área de investigación a la que aporta este trabajo es “Desarrollo y Seguridad Alimentaria”, específicamente a la línea de investigación “Nutrición de organismos acuáticos de agua dulce y salobre de valor comercial en Nicaragua”.

Autores:

Br. Roussell Xavier Navarro Díaz.

Br. Russell Emilio Cano Narváez.

Tutora: PhD. Valeria Mercedes Hernández Dimas

Cotutora: Ing. Martha Lorena Roque Salinas

León, septiembre 2025.

2025: “46/19 Siempre más Allá ¡Avanzado en la revolución!”

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León
Dirección de Ciencias Agrarias y Veterinaria
Dirección Específica de Acuícola
Ingeniería Acuícola



Tesis Monográfica para optar al Título de Ingeniero Acuícola

Formulación de una dieta a base de Harina de Pescado, Maíz y Moringa destinada al cultivo de *Oreochromis niloticus*.

El área de investigación a la que aporta este trabajo es “Desarrollo y Seguridad Alimentaria”, específicamente a la línea de investigación “Nutrición de organismos acuáticos de agua dulce y salobre de valor comercial en Nicaragua”.

Autores:

Firmas

Br. Roussell Xavier Navarro Díaz.

Br. Russell Emilio Cano Narváez.

Tutora: PhD. Valeria Mercedes Hernández Dimas

Cotutora: Ing. Martha Lorena Roque Salinas

León, septiembre 2025.

2025: “46/19 Siempre más Allá ¡Avanzando en la Revolución!”

Resumen

La nutrición influye directamente en la eficiencia de los cultivos mejorando la calidad del producto, sabor, textura y valor nutricional. Una dieta bien equilibrada garantiza un crecimiento óptimo y rápido, lo que acorta el ciclo de cultivo. Además, fortalece el sistema inmunológico de los peces y con la posibilidad de reducir la necesidad de tratamientos costosos, como los antibióticos. Así mismo este estudio se enfoca en demostrar la importancia que tiene la optimización de la formulación de una dieta; la cual no solo impulsa el crecimiento, la salud y la calidad del resultado, sino que también genera un impacto positivo y directo en la sostenibilidad económica y ambiental de los pequeños productores. Para ellos, el costo del alimento es a menudo un obstáculo significativo, por lo que, al proporcionarles información sobre dietas más eficientes y rentables, este tipo de investigación les permite reducir gastos, aumentar sus ganancias y, fortalecer su autonomía. Formulando una dieta más digestible que puede disminuir la cantidad de residuos y contaminantes liberados en el agua, contribuyendo a un enfoque de cultivo más amigable con el medio ambiente. En definitiva, este conocimiento se convierte en una herramienta vital para que los pequeños productores obteniendo un buen rendimiento a bajo costo y fácil acceso. A su vez también se alinea con los objetivos nacionales de fortalecer la seguridad alimentaria, estimular el desarrollo económico rural y promover la sostenibilidad ambiental. Por tanto, esta investigación concluye que ambos diseños formulados cumplen con los requerimientos mínimos de la tilapia, variando su precio de elaboración en dependencia de la harina de pescado a utilizar sea con el pescado entero o a partir del musculo del pescado.

Carta de autorización del Tutor

En la condición de Tutora y Co-tutora de la Tesis de grado titulada: “**Formulación de una dieta a base de Harina de Pescado, Maíz y Moringa destinada al cultivo de *Oreochromis niloticus*.**”, se certifica que el trabajo realizado cumple con las exigencias académicas y metodológicas establecidas; así como con los requisitos de forma del trabajo, de citación y de bibliografía. Por lo anterior, confirmo que el documento puede ser aceptado para que sus autores opten al título de Ingeniero Acuícola, extendido por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNANLeón)

A continuación, confirmo los datos de los autores:

Br. Roussell Xavier Navarro Díaz, con carnet 20-00820-0

Br. Russell Emilio Cano Narváez, con carnet 20-00811-0

Atentamente

PhD. Valeria Mercedes Hernández Dimas

Tutora de Tesis

Docente de la Dirección Especifica de
Acuícola

Dirección de Ciencias Agrarias y Veterinaria
UNAN-León

Ing. Martha Lorena Roque Salinas

Cotutora de Tesis

Docente de la Dirección Especifica de
Acuícola

Dirección de Ciencias Agrarias y Veterinaria
UNAN-León

Dedicatoria

Dedico esta tesis principalmente a Dios por brindarme sabiduría, por guiarme en todo momento y permitirme haber llegado a culminar una más de mis metas.

A mis padres Derling Daniel Navarro Maldonado y Jaqueline Walkiria Díaz Mendoza, quienes siempre me han apoyado en todo momento, brindándome su amor y dedicación. Por ser la motivación de mi vida para seguir adelante, pues sin ellos, no sería la persona que soy ahora y no habría llegado a culminar mi formación académica.

A mi tutora de Tesis PhD. Valeria Mercedes Hernández Dimas y mi cotutora de Tesis Ing. Martha Lorena Roque Salinas, quienes con su valioso tiempo, dedicación, paciencia, experiencias y conocimientos hicieron que fuese posible la realización de mi tesis.

Br. Roussell Xavier Navarro Díaz

Dedicatoria

Dedico esta tesis, en primer lugar, a Dios padre celestial, por concederme el don invaluable de la vida, así como la sabiduría, perseverancia y dedicación necesarias para culminar mi carrera profesional.

A las personas que construyeron los cimientos de mi vida: mi madre, Nelly Guadalupe Narváez; mi tío, Camilo Alejandro Narváez; y mi abuela, Juana Francisca Narváez Moreno. Su amor incondicional y apoyo inquebrantable son el fundamento no solo de quien soy, sino de este logro. Gracias por enseñarme, desde mis primeros pasos, el valor del esfuerzo y la constancia. Su fe en mis capacidades fue la brújula que guio mis momentos de duda y el motor que me impulsó a superar cada obstáculo. Esta tesis es, en esencia, un tributo a la confianza que depositaron en mí, incluso cuando yo mismo llegué a perderla.

A mi hermana, Odalys María Cano Narváez, por su apoyo constante, por cada palabra de aliento y por haber creído en mi sueño con la misma intensidad que yo.

Cada página de este trabajo lleva la huella de su amor y sacrificio. A ustedes, que son la inspiración detrás de mi esfuerzo, dedico este logro con toda mi gratitud y mi corazón.

Br. Russell Emilio Cano Narváez

Agradecimiento

Quiero agradecer profunda y encarecidamente a: Dios, Padre Celestial todopoderosos y nuestro Señor Jesucristo por regalarme la vida y a su vez por ser un pilar muy importante en mi vida. Por brindarme la sabiduría, el entendimiento y la fortaleza para seguir adelante y, darme la oportunidad de obtener un logro más en esta vida.

A mis padres: Derling Daniel Navarro Maldonado y Jaqueline Walkiria Díaz Mendoza, por ser los mayores referentes de mi vida, apoyándome siempre en mi formación económica y profesional de manera incondicional, por impulsarme siempre a ser responsable, educado, respetuoso y enseñarme que siempre debo de esforzarme para cumplir mis metas y ser cada día una mejor persona.

A mi tutora de Tesis PhD. Valeria Mercedes Hernández Dimas, por haberme brindado la oportunidad de guiarme con su experiencia y conocimientos.

A mi cotutora de Tesis Ing. Martha Lorena Roque Salinas, quien me brindo su tiempo, paciencia y dedicación para la elaboración de mi Tesis, proporcionando su experiencia y conocimientos científicos con el fin de mejorar y enriquecer mis conocimientos en la elaboración de diseños y formulaciones de alimentos.

Br. Roussell Xavier Navarro Díaz

Agradecimiento

En primer lugar, elevo mi gratitud a Dios por el invaluable don de la vida y por haberme concedido la fortaleza y perseverancia para culminar esta importante etapa de mi formación universitaria.

Deseo expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas las personas cuya contribución fue esencial para la realización de esta tesis.

Mi especial reconocimiento a mi tutora, PhD. Valeria Mercedes Hernández Dimas, y a mi Cotutora, Ing. Martha Lorena Roque Salinas. Su guía experta, dedicación constante y valiosas orientaciones fueron pilares fundamentales en el desarrollo de esta investigación. Su rigor académico y profesional no solo iluminaron mi camino, sino que me impulsaron a alcanzar cada uno de los objetivos propuestos.

A mi familia, mi más grande pilar, por su amor incondicional, su paciencia infinita y por ser mi principal fuente de motivación, especialmente en los momentos más desafiantes de este proceso.

A mis amigos y compañeros de estudio, con quienes compartí momentos inolvidables a lo largo de la carrera. Agradezco su amistad, su apoyo mutuo y la alegría que aportaron.

Finalmente, agradezco a mi *Alma Máter*, la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, por haberme acogido como mi casa de estudios y por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para mi desarrollo profesional.

A todos ustedes, mi más profundo reconocimiento y gratitud.

Br. Russell Emilio Cano Narváez

Índice General

I.	Introducción.....	1
II.	Objetivos	3
2.1	Objetivo General.....	3
2.2	Específicos	3
III.	Marco Teórico.....	4
3.1	Generalidades de la Tilapia	4
3.2	Clasificación taxonómica de la Tilapia	4
3.3	Hábitos alimenticios de la Tilapia.....	5
3.4	Requerimientos nutricionales de la Tilapia	5
3.4.1	Proteínas.....	5
3.4.2	Lípidos.	6
3.4.3	Carbohidratos.....	6
3.4.4	Vitaminas.	6
3.4.5	Minerales.....	6
3.5	Alimentos Alternativos en Cultivo de Tilapia	7
3.6	Harinas utilizadas en Alimentos para Tilapias	7
3.6.1	Harinas de Pescado.....	7
3.6.2	Harina de Maíz.....	8
3.6.3	Harina de Moringa.....	8
3.7	Métodos de Formulación Nutricional	8
3.7.1	Prueba y error	8
3.7.2	Ecuaciones simultáneas	9
3.7.3	Cuadrado de Pearson	9
3.7.4	Programación lineal	9
3.7.5	Programación no lineal	10
3.8	Proceso de Fabricación de Alimentos	10
3.8.1	La Molienda.....	10
3.8.2	Mezclado.....	11
3.8.3	Aglomeración	11
3.8.4	Enfriado y Secado.....	12

3.8.5	Peletizado / Extrusión	12
3.9	Análisis Bromatológico del contenido nutricional del Alimento alternativo elaborado con Harina.	12
3.9.1	Humedad	13
3.9.2	Proteína	13
3.9.3	Grasa, Lípidos, Ácidos Grasos O Extracto Etéreo	14
3.9.4	Cenizas	14
3.9.5	Fibra	15
3.9.6	E.L.N., Glúcidos O Carbohidratos	15
3.10	Costo/Beneficio.....	15
IV.	Diseño Metodológico	16
4.1	Tipo de estudio	16
4.2	Área de estudio.....	16
4.3	Población y Muestra del estudio	16
4.4	Fuente de información	16
4.5	Instrumento de Recolección de Datos	16
4.6	Procedimiento de Recolección de datos.....	16
4.7	Plan de Análisis	17
4.8	Operacionalización de las variables	17
V.	Resultados y Discusiones	18
5.1	Diseño de una mezcla nutricional para tilapia	18
5.2	Análisis bromatológicos del alimento diseñado	22
5.3	Costos beneficios de la fórmula nutricional alternativa a base de Harina de Pescado, Maíz y Moringa	26
VI.	Conclusiones	28
VII.	Recomendaciones	29
VIII.	Referencias bibliográficas.....	30
IX.	Anexos.....	35

Índice de tablas

Tabla 1: Posición taxonómica de la Tilapia.	4
Tabla 2: Pruebas de palatabilidad, hidroestabilidad, flotabilidad y lixiviación en alimentos diseñados.	25

Índice de Figuras Formulación y Resultados de Laboratorio

Figura 1: Diseño de dieta Nutricional Muestra 1.	18
Figura 2: Diseño de una dieta Nutricional Muestra 2.	19
Figura 3: Resultados de Laboratorio LAQUISA Muestra 1.	22
Figura 4: Resultados de Laboratorio LAQUISA Muestra 2.	23

Índice de Ilustraciones de los procesos metodológicos

Ilustración 1: Chuleta de Pescado seco e Ilustración 2: Hojas de Moringa	35
Ilustración 3: Molienda de Maíz e Ilustración 4: Pesaje de las Harinas	35
Ilustración 5: Colado de las Harinas e Ilustración 6: Mezcla de las Harinas	36
Ilustración 7: Recopilación de datos e Ilustración 8: Distribución de las Harinas	36
Ilustración 9: Preparación de la de la Masa e Ilustración 10: Pellet Muestra 1	37
Ilustración 11: Pellet Muestra 2 e Ilustración 12: Prueba de Hidroestabilidad	37
Ilustración 13: Prueba de Palatabilidad	38

I. Introducción

En las últimas cinco décadas se ha reportado un aumento importante en la producción de peces a nivel mundial y este crecimiento lleva consigo un aumento en la demanda de alimentos acuícolas. Estos alimentos representan un 60 a 70% del costo de la producción de peces. Por ello, se requieren formulaciones alimenticias con precios más cómodos pero que cumplan con el requerimiento de la especie por alimentar. La elaboración de alimentos acuícolas utiliza actualmente más del 80% de la harina y aceite de pescado del mundo. Estos ingredientes (obtenidos a partir todo el cuerpo del pez) son fuentes de grasa, proteína de calidad, energía y minerales, además, son altamente palatables y digestibles para la mayoría de los peces. La harina de pescado se obtiene de peces capturados en la pesca y caza de pequeños peces silvestres, sin embargo, su producción y precios varían debido a la sobrepesca que ha llevado a un descenso en las poblaciones. Debido a los altos precios, una gran parte de la harina de pescado se está produciendo de residuos (desechos del procesamiento de peces) que habían sido previamente descartados, esto afecta la composición y la calidad de la harina, ya que resulta con un menor porcentaje de proteína (Rabell, 2019).

Mientras tanto el cultivo de peces a nivel nacional no queda exento de esta problemática, ya que este cultivo se ha presentado como una nueva alternativa de producción con excelentes perspectivas, sin embargo, es necesario que se implemente un desarrollo tecnológico en este campo que optimice los sistemas de producción y transformación de las especies acuícolas (Gómez & Morales, 2015). Sin embargo, el costo del alimento representa un gasto significativo para los acuicultores, por lo que la búsqueda de desarrollo de soluciones más rentables es un factor importante a tener en cuenta.

Las alternativas a los alimentos comerciales deben ser asequibles y accesibles para los pequeños productores, de modo que se sientan motivados y de esta forma puedan utilizarlas en sus producciones piscicultoras. La necesidad de desarrollar alimentos sostenibles crea en sí misma una oportunidad económica. Por ejemplo, puede contribuir al desarrollo de una nueva industria con un gran impacto en el mercado y la sociedad, al crear nuevos empleos y, con ello, mejorar los medios de vida. Por lo tanto, el impacto

ambiental, social y económico del desarrollo de alimentos alternativos sostenibles para peces es en gran medida positivo.

Sin embargo, el principal problema al formular alimentos es satisfacer los requerimientos de proteína y aminoácidos esenciales (AAE) de la especie. La fuente de proteínas preferida es la harina de pescado debido a la alta calidad de su proteína y su perfil de AAE. Por otro lado, la harina de pescado suele ser cara y no siempre está disponible.

La tilapia del Nilo puede ser alimentada con un alto porcentaje de proteínas vegetales. Es económicamente sensato reemplazar la harina de pescado con fuentes alternas de proteínas, incluyendo subproductos animales, harinas de oleaginosas, subproductos de legumbres y cereales, y plantas acuáticas (FAO, 2010). Si embargo, una adecuada nutrición influye directamente en la calidad del producto final, mejorando su sabor, textura y valor nutricional. Por ello, este estudio se enfoca en detallar la importancia que tiene la formulación del alimento, la cual no solo impulsa el crecimiento, la salud y la calidad del organismo, sino que también genera un impacto positivo y directo en la sostenibilidad económica y ambiental de los pequeños productores de nuestro país, ya que para ellos, el costo del alimento es a menudo un obstáculo significativo, por ende, al proporcionarles información sobre dietas más eficientes y rentables, les permite reducir gastos, aumentar sus ganancias y, en última instancia, fortalecer su autonomía.

Al mismo tiempo se contribuye con el Plan Nacional de Lucha contra la pobreza 2022-2026, al "Garantizar la producción de alimentos suficientes para la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición de todos(as)", generando conocimientos que permita la adopción de nuevas alternativas a los productores acuícola a distintas escalas. Siguiendo los lineamientos: "Dar acompañamiento técnico a 159,688 familias productoras agrícolas en promedio anual, para mejorar productividad e incrementar la producción de granos básicos, café, cacao, musáceas, marango, plantas medicinales y peces en estanques", así mismo, "Transferir tecnologías para agregación de valor con 94,682 familias en promedio anual, que impulse el dinamismo de la economía familiar".

II. Objetivos

2.1 Objetivo General

Formular una dieta nutricional a base de Harina de Pescado, Maíz y Moringa destinada al cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

2.2 Específicos

1. Diseñar una mezcla nutricional que cumpla con los requerimientos mínimos para la tilapia (*Oreochromis niloticus*).
2. Establecer el contenido nutricional del alimento alternativo a través de análisis bromatológicos.
3. Determinar los costos beneficios de la fórmula nutricional alternativa a base de Harina de Pescado, Maíz y Moringa.

III. Marco Teórico

3.1 Generalidades de la Tilapia

La tilapia es un pez teleósteo, del orden Perciforme a la familia Cichlidae originario de África, habita la mayor parte de las regiones tropicales del mundo, donde las condiciones son propicias para la reproducción y el crecimiento. Es un pez de rápido crecimiento, así mismo, se puede cultivar en estanques y en jaulas, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas, tolera bajas concentraciones de oxígeno, es capaz de utilizar la productividad prima de los estanques, y puede ser manipulado genéticamente (Inocente, 2019).

3.2 Clasificación taxonómica de la Tilapia

Son peces de aguas cálidas, que viven tanto en agua dulce como salada e incluso pueden acostumbrarse a aguas poco oxigenadas. Se encuentra distribuida como especie exótica por América Central, sur del Caribe, sur de Norteamérica y el sureste asiático y su taxonomía es la siguiente:

Tabla 1: *Posición taxonómica de la Tilapia.*

Reino	Animalia
Filo	<i>Chordata</i>
Subfilo	<i>Vertebrata</i>
Superclase	<i>Gnathostomata</i>
Clase	<i>Actinopterygii</i>
Orden	<i>Perciformes</i>
Suborden	<i>Percoidei</i>
Familia	<i>Cichlidae</i>
Genero	<i>Oreochromis</i>
Especie	<i>Oreochromis niloticus</i>
Nombre común	Tilapia del Nilo

Fuente: (Ruiz, 2017)

3.3 Hábitos alimenticios de la Tilapia

Todas las Tilapias tienen una tendencia hacia hábitos alimenticios herbívoros, a diferencia de otros peces que se alimentan bien de pequeños invertebrados o son piscívoros. Las adaptaciones estructurales de las Tilapias a esta dieta se caracterizan principalmente por un largo intestino muy plegado seguido de dientes bicúspides o tricúspides sobre las mandíbulas y la presencia de dientes faríngeos. Esto es debido a la diversidad de alimentos que varían desde la vegetación macroscópica (pastos, hojas, plantas sumergidas) hasta las algas unicelulares y bacterias, además los dientes también muestran variaciones en cuanto a dureza y movilidad (Alamilla, 2017).

3.4 Requerimientos nutricionales de la Tilapia

Un contenido de 34 – 36 % de proteína cruda en la dieta proporciona el mayor crecimiento en alevinos de tilapia (1- 5 g de talla), sin embargo, por un menor costo dietario, se recomienda un nivel de proteína cruda de entre 25 y 28% y en el caso de los lípidos “have protein-sparing effects” en alevinos de tilapia, se sugiere la inclusión de 6 – 8 % de lípidos y hasta un 40% de carbohidratos (Bhujel, 2002).

3.4.1 Proteínas.

Las proteínas son los nutrientes más importantes para la vida y el crecimiento del pez. Para la alimentación de los peces en sus diferentes estadios, se debe tener en cuenta el nivel de proteína con el que se obtiene el máximo crecimiento. Así mismo, a medida que avanza el cultivo, este nivel de proteínas que produce máximo crecimiento disminuye con el incremento del peso del pez. También se debe considerar que, en la elaboración de Alimentos Balanceados, el suplemento de proteína puede llegar a representar más del 50% del costo total del alimento. Existen dos fuentes de proteína: las de origen vegetal y las de origen animal. Las materias primas que aportan proteína de origen animal son las harinas de pescado y de sangre principalmente. Las proteínas de origen vegetal se obtienen del polvillo de arroz, maíz, torta de soya, pasta de algodón, trigo, etc (Molina & Vílchez, 2015).

3.4.2 Lípidos.

Los lípidos en la tilapia tienen dos funciones principales: como recurso de energía metabólica inmediata y como recurso de ácidos grasos esenciales. En la formulación es conveniente usar valores moderados de grasas, entre 6 y 8%. Es importante saber que cuando el alimento contiene mucha grasa, durante su almacenamiento produce rancidez, dañando la calidad del alimento e inclusive exponiendo al pez a problemas de toxicidad. Una buena fuente de lípidos es el aceite de pescado. Sin embargo, en las tilapias alimentadas con yuca, maíz y otros insumos se ha observado un alto contenido graso (Molina & Vílchez, 2015).

3.4.3 Carbohidratos.

Los carbohidratos son proporcionados a menudo por suponer los ingredientes más baratos de la dieta en peces. El maíz, el trigo, el arroz, los subproductos vegetales, etc., son fuentes típicas de hidratos de carbono en las dietas de las tilapias. Además de incluirse en las dietas por constituir fuentes de alimentos de bajo coste, éstos presentan también propiedades aglutinantes en los pellets y ciertas fuentes de carbohidratos sirven como constituyentes dietéticos que aumentan la textura del alimento (Agüero, 2018).

3.4.4 Vitaminas.

La mayoría de las vitaminas no son sintetizadas por el pez, por lo tanto, deben ser suplementadas en una dieta balanceada. Las vitaminas son importantes dentro de los factores de crecimiento, ya que catalizan las reacciones metabólicas. Los peces de aguas cálidas requieren entre 12 y 15 vitaminas en su dieta (Molina & Vílchez, 2015).

3.4.5 Minerales.

Los minerales son importantes ya que afectan los procesos de osmorregulación (intercambio de sales) a nivel de células. También influyen en la formación de huesos, escamas y dientes. Las exigencias de minerales para peces son difíciles de cuantificar en las dietas, debido a que estos se encuentran disueltos en el agua, aspecto que hay que tomar en cuenta en el tipo de alimento a comprar y suministrar cuando se cultiva en aguas salobres o marinas, pues en estos ambientes hay mayor concentración de

minerales, por lo que su concentración en la dieta deberá disminuirse o eliminarse (Molina & Vílchez, 2015).

3.5 Alimentos Alternativos en Cultivo de Tilapia

Según (Moreno, 2021) las fuentes vegetales más utilizadas para elaboración de Alimentos son las harinas de trigo, arroz, maíz y sorgo, la pasta de algodón y soya. Esta dieta es complementada con aminoácidos y algunos complejos minerales, vitamínicos y grasas vegetales y animales. Los alimentos frescos son a base de residuos agroindustriales y animales, suministrados normalmente de manera directa. El suministro de concentrado para los peces presenta algunas deficiencias en cuanto a la forma en la que se dispone, las características y la calidad del producto debido a que los productores buscan la economía para solventar los gastos de producción; el principal problema ya mencionado entonces, es la poca disponibilidad de materias primas y el alto costo de adquisición.

3.6 Harinas utilizadas en Alimentos para Tilapias

3.6.1 Harinas de Pescado

Se trata de un subproducto obtenido a través del cocimiento, deshidratación y desintegración de los desechos de pescado, incluyendo también peces de descarte de las pesquerías, restos de fileteado, cabezas, vísceras y escamas. Para reducir el desarrollo de microorganismos durante este proceso y durante su almacenamiento, se incorporan ácidos orgánicos e inorgánicos, aunque una excesiva adición de estos últimos puede disminuir la palatabilidad en el caso de las raciones para peces.

Una buena harina de pescado no debe ser demasiado grasa (menos del 3%) ni excesivamente rica en hueso (menos del 30% de fosfato cálcico). Si las harinas no responden a estas condiciones y son de baja calidad nutricional, pueden ocasionar enfermedades de tipo nutricional e inflamaciones intestinales (Luchini & Wicki, s/f).

El componente nutritivo más valioso de la harina de pescado es la proteína. Tiene una proporción ideal de aminoácidos esenciales altamente digestibles, que varía relativamente poco con el origen de la harina. La harina de pescado se considera una buena fuente de proteína, lisina y metionina. Asimismo, aporta cantidades elevadas de

fósforo altamente disponible, microminerales (Se, Zn, Cu, Fe y Zn) y vitaminas del grupo B (especialmente colina, biotina, riboflavina y B12) (Borrell, 2013).

3.6.2 Harina de Maíz

La Harina se obtiene a partir del procesamiento del maíz para la extracción de su almidón. Su tenor proteico dependerá del procesamiento al cual haya sido sometido, pudiendo variar en torno al 63% de proteína bruta. Es deficiente en aminoácidos como lisina, arginina y triptófano y se la emplea especialmente en raciones para larvas y alevines. Su digestibilidad proteica varía entre 86-92% y proporciona buena palatabilidad. A veces, se limita su inclusión cuando se desea obtener filetes blancos, ya que suele conferir pigmentación amarillenta cuando es incluido en alta cantidad, por efecto de los carotenoides que contienen sus granos (Luchini & Wicki, s/f).

3.6.3 Harina de Moringa

Con el contenido proteico de un 26% la Moringa Olifera es utilizada para elaborar harina, la cual contiene alto nivel de proteína, por lo que es un buen ingrediente para la preparación de alimento para peces ya que las hojas son muy ricas en proteína, minerales, betacaroteno, tiamina, riboflavina y otras vitaminas (Espinosa & Merino, s/f).

3.7 Métodos de Formulación Nutricional

Existen distintos métodos matemáticos de formulación de alimentos balanceados, para lo cual es necesario el dominio mínimo de la aritmética o álgebra a fin de hacer ajustes precisos de las proporciones o cantidades de nutrientes en las mezclas. Cada método tiene sus posibilidades y limitaciones, su uso depende de los propósitos de cada formulación. Con pocos ingredientes se hacen fórmulas simples, pero no se logra reunir todos los nutrientes requeridos por los animales.

Los métodos de mayor uso en la alimentación animal (Zuiga, 2018).

3.7.1 Prueba y error

El ensayo y error es un método en el que se logra la solución de un problema seleccionando opciones hasta que el resultado es correcto (por ejemplo, en matemáticas) o aceptable (al inventar nuevos métodos en ciencias).

La humanidad siempre ha utilizado este método. Hace aproximadamente un siglo, los psicólogos intentaron encontrar puntos en común entre las personas que usaban este método de cognición. Y lo consiguieron. Una persona que busca una respuesta a un problema determinado se ve obligada a seleccionar opciones, configurar experimentos y ver el resultado (Méndez, s/f).

3.7.2 Ecuaciones simultáneas

Este método emplea el álgebra para el cálculo de raciones, planteándose sistemas de ecuaciones lineales donde se representan mediante variables a los alimentos, cuya solución matemática representa la ración balanceada (Flores, 2013).

3.7.3 Cuadrado de Pearson

Es uno de los métodos sencillos, realizando el balance en base a uno de los nutrientes, además utiliza relativamente pocos insumos o ingredientes. Este método toma en cuenta los requerimientos totales de los nutrientes y el balance es en base a un nutriente, ya sea proteína, grasas, calcio, fósforo, etc. Pero generalmente el más empleado es en base al ajuste de la proteína.

En la mayoría de las dietas para animales la proteína es el nutriente más preocupante debido a su rol en la generación de crecimiento y formación de tejidos y a su costo. El nivel de energía deseado en la dieta es ajustado por la adición de suplementos altamente energéticos los cuales son menos costosos (Gómez & Morales, 2015).

3.7.4 Programación lineal

Es un método que formula mezclas alimenticias balanceadas al mínimo costo utilizando una serie de ecuaciones matemáticas. Existen muchas posibles soluciones para cada serie de ecuaciones, pero cuando se aplica el factor de costo, puede haber sólo una posible combinación. Una computadora electrónica es capaz de hacer cientos de cálculos en poco tiempo, por lo que se aplican programas reformulación especializados (Zuiga, 2018).

La programación lineal es un algoritmo matemático mediante el cual se resuelve un problema indeterminado, formulado a través de ecuaciones lineales buscando siempre

optimizar la función objetivo. Para el caso de la formulación de raciones, la función objetivo consiste en determinar las proporciones en las cuales las materias primas deben ser mezcladas para satisfacer los requerimientos del animal al mínimo costo posible.

Para la construcción de modelos de programación lineal es necesario cumplir con los siguientes requisitos: 1) Definir la función objetivo que la optimización desea alcanzar. En el balance de raciones la función objetivo es formular a mínimo costo; 2) Definir las restricciones y criterios de decisión. Estos límites y criterios de decisión se refieren a las restricciones en cuanto a la utilización de las materias primas y a las características bromatológicas de la ración a formular; 3) Tanto la función objetivo como las restricciones deben ser ecuaciones lineales o desigualdades lineales (Noguera & Posada, 2011).

3.7.5 Programación no lineal

La programación no lineal es un método por el cual se optimiza, ya sea maximizando o minimizando, una función objetivo. Esto, tomando en cuenta distintas restricciones dadas. Se caracteriza porque la función objetivo, o alguna de las restricciones, pueden ser no lineales.

La programación no lineal es, entonces, un proceso donde la función a maximizar, o cualquiera de las restricciones, es distinta a una ecuación de primer grado o lineal, donde las variables están elevadas a la potencia 1 (Westreicher, 2021).

3.8 Proceso de Fabricación de Alimentos

3.8.1 La Molienda

El proceso de molienda consiste en reducir y estandarizar el tamaño de partícula de las materias primas, aumentando la superficie de contacto y consecuentemente mejorando la absorción de vapor y agua durante el proceso de extrusión, favoreciendo la cocción de la masa. Todos estos aspectos inciden en la textura y uniformidad (Pucca, Stasieniuk y Barbi., 2023).

3.8.2 Mezclado

El mezclado es una de las operaciones más importante en el proceso de fabricación de alimentos, aunque frecuentemente se le da poca importancia o no se la considera (Irigoyen, 2010).

El mezclado es una operación unitaria que permite producir una distribución al azar de partículas dentro de un sistema; también puede entenderse como un sistema ordenado en el que las partículas presentan un patrón o unidad repetitiva (mezcla ordenada). Cuyo objetivo es asegurar una distribución homogénea de sus componentes, lo que impactará en la seguridad y efectividad del proceso (Pinto Jimenez, 2024).

Para un correcto proceso de mezclado es fundamental, que la mezcla cumpla una serie de requisitos, en cuanto a granulometría, densidad, humedad, etc. Estos criterios del producto deben ir en consonancia con algunas de las características del equipo mezclador. Las densidades de todos los componentes, desde el de menos densidad al de mayor densidad, deben estar dentro de un rango considerado óptimo.

La granulometría de todos sus componentes debe encontrarse dentro de un rango limitado de tamaño, desde la partícula más pequeña a la más grande. Así mismo, se debe tener en cuenta, la adición de líquidos dentro del proceso de mezclado o en otro proceso aparte. Como también la humedad que puedan aportar los distintos componentes, como factores que pueden favorecer o perjudicar una correcta homogeneidad (Pinto Jimenez, 2024).

3.8.3 Aglomeración

Consiste en la transformación de la mezcla homogénea en gránulos o pastillas (pellets) mediante un proceso de compresión, calentamiento y adhesión. La mezcla pasa continuamente por una cámara de acondicionamiento en donde se adiciona un 4 a 6 % de agua (usualmente como vapor), proporcionando una lubricación adecuada para la compresión y en presencia de calor se causa la gelatinización del almidón contenido en los ingredientes vegetales, dando como resultado la adhesión necesaria para la formación de los gránulos o pellets (Gómez & Morales, 2015).

3.8.4 Enfriado y Secado

Al finalizar el proceso de peletización, los gránulos salen calientes y húmedos teniéndose que realizar un proceso de enfriamiento y remoción del exceso de 32 humedad para poder manipularlos y almacenar en buenas condiciones. Este proceso se realiza por medio de una corriente de aire. Comercialmente este proceso es realizado en secadores – enfriadores de tipo horizontal o vertical, los cuales cuentan con una cámara en donde circula el aire a temperatura ambiente (Gómez & Morales, 2015).

3.8.5 Peletizado / Extrusión

El proceso de obtención de alimento extruido según Gómez & Morales, (2015), es similar al efectuado en la granulación comprimida, con la diferencia que el acondicionamiento de la mezcla se realiza con humedad, temperaturas y presión mayores, el porcentaje inicial de humedad de la mezcla es de 20 a 30%, la temperatura de acondicionamiento es de 65 a 95 °C, una vez logrado esto, la mezcla es llevada a un barril de extrusión presurizado en donde es cocinada a una temperatura de 130 a 180 °C las cuales se logran por medio de calor y presión mecánica (50 kg/cm²) durante 10 a 60 segundos dependiendo del tamaño de partícula de los insumos, de la composición de la mezcla y de las propiedades físicas requeridas.

La mezcla cocida es extruida al pasar por un tornillo ahusado, siendo obligada a pasar a través de una matriz plana (dado) hacia el final del barril de extrusión presurizado. Al salir hacia el exterior del barril el material se expande y pierde humedad por la caída brusca de la presión y temperatura. En el proceso de cocción los almidones alcanzan un grado de gelatinización del 90% proporcionando al pellet gran estabilidad en el agua (Gómez & Morales, 2015).

3.9 Análisis Bromatológico del contenido nutricional del Alimento alternativo elaborado con Harina.

Los análisis bromatológicos es una actividad muy importante, pues a través de estos análisis bromatológicos se conoce la calidad del alimento, lo que impacta directamente en la salud, en el rendimiento y en la eficiencia y productividad de alimentos tanto de origen vegetal, animal, alimentos procesados etc.

Los análisis bromatológicos son indispensables para establecer programas de alimentación adecuados y así reducir costos que por este concepto de alimentación representan el 70-80% del total de costos de la unidad de producción (Torrez, 2022).

Los análisis bromatológicos se centran en obtener resultados en base a los análisis físicos, químicos, biológicos y toxicológicos del alimento, posteriormente conseguir información sobre las características que componen al alimento como:

3.9.1 Humedad

Se refiere al porcentaje de humedad máxima, ésta no debe ser mayor de 12% en alimentos peletizados, extruidos o en harina, debido a que humedades más altas favorecen el crecimiento de hongos y bacterias. La humedad está dada principalmente por el agua contenida dentro y fuera de los granos utilizados, éstos pueden ser demasiado húmedos recién cosechados, también en las fórmulas donde se utilizan solubles de pescado, asimismo puede influir el proceso de elaboración como en el caso de los alimentos peletizados con vapor húmedo, y en ocasiones algunos fabricantes añaden humectante a las fórmulas durante el tiempo de secas, esto favorece la mezcla, disminuye el costo de producción, aumenta la palatabilidad de los alimentos y contrarresta las mermas por deshidratación al envasar, pero en ningún caso la humedad debe ser mayor de 12% (a menos que se trate de un alimento húmedo como un jamón o una sopa enlatada, en cuyo caso deberá especificar el tipo y la cantidad de conservadores que contiene) (Villanueva, 2023).

3.9.2 Proteína

El contenido de proteína cruda de un ingrediente se determina usualmente por medio del método Kjeldahl en el cual se mide el contenido de nitrógeno total en la muestra, convirtiendo luego este resultado a un valor total de proteína cruda, mediante su multiplicación por el factor empírico 6.25.

Se refiere al total de proteína o proteína cruda contenida en el alimento, este dato no significa mucho o nada; pues no nos dice qué porcentaje de esa proteína es digestible, tampoco nos dice el perfil de aminoácidos que la conforman, esta proteína puede ser muy digestible; como la que proviene de la harina de pescado o puede ser queratina como la

que conforma plumas, escamas, pelo, cuernos y pezuñas; de prácticamente nula digestibilidad (LABOMERSA, 2021).

3.9.3 Grasa, Lípidos, Ácidos Grasos O Extracto Etéreo

El contenido de lípidos en los ingredientes alimenticios es usualmente determinado por extracción en solventes como éter de petróleo, por eso también se le conoce como extracto etéreo (Villanueva, 2023).

Se refiere a la proporción de grasas contenidas en el alimento, estas grasas provienen de los ingredientes que lo conforman, y de los aceites o grasas que pudieran haber sido añadidos en la formulación.

Este dato nos ayuda a darnos una idea vaga de la cantidad de energía que contiene el alimento, aunque; no nos dice nada sobre la calidad del alimento, pues la etiqueta de los alimentos no menciona el perfil de ácidos grasos que conforma ese total de grasas.

Mientras mayor sea el contenido de grasa en un alimento; mayor será su tendencia a oxidarse o sea enranciarse (a menos que contenga algún antioxidante, como, por ejemplo: ETQ o BHT, éste debe ser especificado en la lista de ingredientes que conforman el producto) (Villanueva, 2023).

3.9.4 Cenizas

El contenido de ceniza de un alimento es el residuo inorgánico remanente, después de que la materia orgánica ha sido destruida por combustión en una mufla. Nos da una idea muy vaga de la concentración de minerales en el alimento, esto es; solo nos indica la cantidad total de minerales.

No es muy útil, pues no menciona el contenido de algunos minerales cuya participación en la formulación influye notablemente en el concepto de calidad del alimento en cuestión dadas las relaciones entre ellos, como el caso de Magnesio, Calcio y Fósforo o el de Sodio y Potasio, entre otros no menos importantes (LABOMERSA, 2021).

3.9.5 Fibra

La fibra cruda es el residuo orgánico insoluble remanente después de extraer el material libre de grasa con ácido y álcali, diluidos bajo condiciones controladas.

En general la mercadotecnia maneja que un alto porcentaje de fibra es útil como un vehículo de transporte que facilita la digestión. En opinión de los autores: una fracción elevada de fibra es un indicativo de; uso de ingredientes de baja calidad nutricional en la formulación (esto hablando de alimentos para monogástricos) (Villanueva, 2023).

3.9.6 E.L.N., Glúcidos O Carbohidratos

El E.L.N. o “Extracto Libre de Nitrógeno” es una medida indirecta de los carbohidratos (C.H.) “solubles” o “digeribles” presentes en el alimento. Se obtiene mediante la sumatoria de los valores porcentuales determinados para la humedad, proteína cruda, lípidos, fibra cruda y ceniza, y substrayendo el total de 100. En alimentos basados en vegetales, esta fracción se compone principalmente de azúcares libres, almidón y otros carbohidratos digeribles que son para nuestros animales materiales de combustión o sea fuentes de energía (Villanueva, 2023).

3.10 Costo/Beneficio

El análisis costo beneficio es una importante herramienta corporativa. Además de permitir analizar con riqueza de detalles cuán interesante es determinada alternativa para un negocio o producto, posibilita identificar su potencial de efectividad frente a otras opciones (Pereda, 2022).

El análisis coste-beneficio (ACB) es una metodología para evaluar de forma exhaustiva los costes y beneficios de un proyecto (programa, intervención o medida de política), con el objetivo de determinar si el proyecto es deseable desde el punto de vista del bienestar social y, si lo es, en qué medida. Para ello, los costes y beneficios deben ser cuantificados, y expresados en unidades monetarias, con el fin de poder calcular los beneficios netos del proyecto para la sociedad en su conjunto. Esta metodología muestra además quién gana y quién pierde (y por cuánto) como resultado de la ejecución del proyecto (Ortega, 2012).

IV. Diseño Metodológico

4.1 Tipo de estudio

Esta investigación es de tipo cuantitativo con un enfoque exploratorio ya que esta se efectuó como un estudio piloto de un tema de investigación poco estudiado y que no ha sido abordado antes.

4.2 Área de estudio

La investigación se desarrolló en el laboratorio multiusos ubicado en las instalaciones del Área de Conocimiento de Ciencias Agrarias y Veterinaria de la UNAN, León.

4.3 Población y Muestra del estudio

El actual estudio la población y muestra no aplican, ya que, la investigación se basó únicamente en el diseño de una formulación alimenticia, la cual no se sometió a prueba.

4.4 Fuente de información

La fuente de información del estudio se ha basado en revistas científicas y documentos de la web para la construcción teórica de la investigación, en cambio para la recolección de datos se obtuvieron fuentes primarias en el diseño de la prescripción alimenticia.

4.5 Instrumento de Recolección de Datos

Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos son las materias primas seleccionadas (Harina de Pescado, Maíz y Moringa) y demás insumos que se incorporaron al alimento para el aporte vitamínico y de minerales, los recipientes utilizados en la elaboración del alimento y el pellet, así como computadora y un programa lineal gratuito para su formulación.

4.6 Procedimiento de Recolección de datos

El procedimiento para la recolección de los datos consistió primeramente en la recopilación de los requerimientos nutricionales de la tilapia en la etapa seleccionada,

posteriormente se optó por las materias primas (harinas) que cumplen con los requisitos de la especie a alimentar, cada grano correspondiente a la materia prima del alimento se elaboró por los investigadores, implementando las BPM para su fabricación, posteriormente, se realizó la formulación un programa de uso libre, la formula alimenticia que cumpla o asemeje más a los requerimientos de la especie y a la etapa a alimentar. Teniendo el diseño, se procedió a elaborar el pellet y a sus respectivos análisis bromatológicos, con el fin de corroborar si el diseño y los procedimientos de formulación y elaboración son los acertados, de lo contrario se procedió a reformular y repetir el procedimiento.

4.7 Plan de Análisis

La presente investigación tiene como finalidad, diseñar una formula alimenticia para tilapias, la cual no se pretende llevarse a pruebas de campo, por consiguiente, no se realizó un plan de análisis.

4.8 Operacionalización de las variables

En la presente tabla hacemos referencia a la operación de las variables la cuál fue realizada por autoría propia.

Operacionalización de las variables						
Objetivo general	Objetivos específicos	Variable	Sub Variables	Tipo de Variable	Criterio	Indicador
Formular una dieta nutricional a base de Harina de Pescado, Maíz y Marango destinada al cultivo de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).	Diseñar una mezcla nutricional que cumpla con los requerimientos mínimos para la tilapia (<i>Oreochromis Niloticus</i>).	Requerimiento nutricional de la especie		Cuantitativa continua		Contenido de proteína, carbohidratos y lípidos en el
	Establecer el contenido nutricional del alimento alternativo a través de análisis bromatológicos.	Contenido nutricional del alimento		Cuantitativa continua		Análisis Bromatológico
	Determinar los costos beneficios de la fórmula nutricional alternativa a base de Harina de Pescado, Maíz y Marango.	Costo - Beneficio		Cuantitativa continua		Costo de fabricación versus contenido proteico

V. Resultados y Discusiones

5.1 Diseño de una mezcla nutricional para tilapia

Formula: Formulación Prueba 140

Cliente: Prueba 1

Observacion: 0

Cantidad: 5.0000

Precio \$69.55

Usar	Cod	Ingrediente	Precio
SI	5	Harina de Pescado	\$100.00
SI	2	Harina de Maíz	\$60.00
SI	8	Harina de Marango	\$20.00
SI	6	Percutin Vitaminado	\$10.00
SI	4	Harina de Yuca	\$40.00
SI	7	Complejo B	\$12.00
-		Ingredientes Descartados	

Ingredientes Seleccionados= 6 , Ingredientes descartados = 0

Nutriente	Unidad	Mínimo	Máximo	Resultado	Marginal
1 Materia Seca	%				
2 Proteína Cruda	%		40	37.3216	
3 Grasas	%		10	10.0000	-2.16
4 Carbohidratos	%		30	30.0000	-0.69
5 Humedad	%		10	9.9006	
6 Ceniza	%		12	9.2888	
7 Fibra cruda	%	0.5	5	2.9826	
8 Calcio	%	1	3	2.3547	
9 Fósforo	%	0.5	3	1.2178	
10 Magnesio	%	0.01		0.1200	
13 Zinc	mg/kg	0.01		240.0000	
14 Manganeseo	mg/kg	0.01		90.0000	
15 Yodo	mg/kg	0.001		4.5000	
16 Hierro	mg/kg	0.1		3.0000	
17 Selenio	mg/kg	0.01		1.8000	
18 Cobalto	mg/kg	0.01		1.2000	
19 Vitamina A	UI/kg	0.1		15,000.0000	
20 Vitamina D3	UI/kg	0.1		3,000.0000	
21 Vitamina E	UI/kg	1		30.0000	
22 Biotina	mg/kg	0.001		1.5000	
23 Tiamina	mg	0.01		5.0000	
24 Riboflanina	mg	0.01		25.0000	
25 Cianocobalamina	ug	0.001		300.0000	
26 Nicotinamida	mg	0.001		500.0000	
27 Cloruro de Colina	mg	0.001		250.0000	
28 Piridoxina	mg	0.01		25.0000	

Figura 1: Diseño de dieta Nutricional Muestra 1.

Fuente: Programa lineal, 2025

Cantidad: 5.0000

Precio \$74.72

Usar	Cod	Ingrediente	Precio
SI	5	Harina de Pescado	\$100.00
SI	2	Harina de Maíz	\$60.00
SI	8	Harina de Marango	\$20.00
SI	4	Harina de Yuca	\$40.00
SI	6	Percutin Vitaminado	\$10.00
SI	7	Complejo B	\$12.00
-		Ingredientes Descartados	

Ingredientes Seleccionados= 6 , Ingredientes descartados = 0

Nutriente	Unidad	Mínimo	Máximo	Resultado	Marginal
1 Materia Seca	%				
2 Proteína Cruda	%		45	41.9741	
3 Grasas	%		10	9.0003	
4 Carbohidratos	%	20	25	25.0000	-0.58
5 Humedad	%		10	9.7209	
6 Ceniza	%		12	10.8131	
7 Fibra cruda	%	0.5	5	2.8768	
8 Calcio	%		3	2.8761	
9 Fósforo	%		3	1.3759	
10 Magnesio	%	0.01		0.1200	
13 Zinc	mg/kg	0.01		240.0000	
14 Manganeseo	mg/kg	0.01		90.0000	
15 Yodo	mg/kg	0.001		4.5000	
16 Hierro	mg/kg	0.1		3.0000	
17 Selenio	mg/kg	0.01		1.8000	
18 Cobalto	mg/kg	0.01		1.2000	
19 Vitamina A	UI/kg	0.1		15,000.0000	
20 Vitamina D3	UI/kg	0.1		3,000.0000	
21 Vitamina E	UI/kg	1		30.0000	
22 Biotina	mg/kg	0.001		1.5000	
23 Tiamina	mg	0.01		5.0000	
24 Riboflanina	mg	0.01		25.0000	
25 Cianocobalamina	ug	0.001		300.0000	
26 Nicotinamida	mg	0.001		500.0000	
27 Cloruro de Colina	mg	0.001		250.0000	
28 Piridoxina	mg	0.01		25.0000	

Figura 2: Diseño de una dieta Nutricional Muestra 2.

Fuente: Programa Lineal, 2025

Los diseños formulados para tilapia (figura N°1 y N°2), contemplan los requerimientos mínimos de la especie, siendo el porcentaje proteico de 25-36%, carbohidratos hasta un 40% y lípidos 6-8%, según lo indicado por Bhujel en el año (2002). Estos parámetros nutricionales no son arbitrarios, sino que representan la base biológica para asegurar un crecimiento óptimo y una salud robusta de los peces. La proteína, en este rango, garantiza la disponibilidad de aminoácidos esenciales para la construcción de tejido muscular, mientras que los carbohidratos y las grasas proporcionan la energía necesaria para las funciones metabólicas y la actividad diaria. Un desequilibrio en cualquiera de estos componentes podría llevar a un crecimiento subóptimo, una conversión alimenticia deficiente y, en última instancia, una reducción en la rentabilidad de la producción.

Este diseño de dieta nutricional es una investigación estratégica para encontrar la combinación ideal de ingredientes económicos y accesibles que satisfaga las necesidades proteicas de la Tilapia, por ello, en ambas formulaciones, el porcentaje de inclusión de las materias primas es totalmente distinto, iniciando con la harina de pescado, la cual es esencial en todo alimento peletizado. En el primer diseño (figura N°1), la elaboración de la harina de pescado se realizó con el pescado entero, aprovechando al máximo el potencial de la especie, en cambio, el segundo diseño (figura N°2) la harina se obtuvo únicamente del músculo del pescado, influyendo directamente en el precio del producto final. Esta diferencia en el procesamiento de la harina de pescado es una variable crítica que ilustra un principio fundamental de la economía de la producción acuícola: la relación entre costo, calidad y eficiencia de la materia prima.

La harina de pescado elaborada con el pescado entero, al utilizar espinas y cabezas, incorpora nutrientes adicionales como calcio, fósforo y ácidos grasos esenciales que, aunque no siempre se consideran en la proteína bruta, son vitales para la salud ósea y la absorción de vitaminas. Este enfoque maximiza el valor de cada pez procesado, reduciendo el desperdicio y los costos de producción.

La variación con respecto a la harina de pescado se dio principalmente para comparar el contenido de ceniza, calcio y fósforo en el alimento. Esto debido a que el contenido de ceniza con la especie de pez utilizada como materia prima se elevó al

aprovechar el pez completo en conjunto con el contenido de calcio y fosforo. Razón por la cual, el diseño (figura 2), se optó por llevarlo a elaborar con harina de pescado únicamente del musculo del pescado.

No obstante, la diferencia no fue solo en el precio y elaboración de la harina de pescado, sino, en el porcentaje de inclusión de cada materia prima variando entre cada formulación. Esta variación refleja una cuidadosa optimización de la fórmula para compensar las diferencias inherentes entre las dos fuentes de harina. La harina de pescado obtenida solo del músculo (figura N°2) es, teóricamente, de una calidad proteica superior y más pura. Sin embargo, su mayor costo requiere que se utilice en menor cantidad para mantener la fórmula económicamente viable. En contraste, la harina de pescado de pescado entero (figura N°1), al ser más económica, puede ser incluida en un porcentaje mayor en la formulación, lo que permite alcanzar el nivel de proteína requerido sin elevar desproporcionadamente los costos.

Ambos diseños (figura N°1 y figura N°2) obtuvieron resultados, diferencias en su composición y costo, principalmente debido a como se incorporó la harina de pescado. A pesar que en la segunda formulación, el proceso incluyó la compra del pescado entero y realización de fileteado y secado, el cual no afectó directamente el precio de la adquisición de los insumos, sino que el factor principal por el cual el costo aumento, fue por el incremento del porcentaje de inclusión de la proteína, lo que requirió un ajuste cuidadoso del resto de los componentes estructurales de la formulación para mantener un adecuado equilibrio del valor nutricional.

En esencia, los resultados de estos dos diseños demuestran que la sostenibilidad y la rentabilidad de la acuicultura de pequeña escala dependen de la capacidad de los productores para adaptar las formulaciones alimenticias a las realidades locales del mercado y de los recursos disponibles. Un enfoque pragmático que prioriza la eficiencia de costos y el aprovechamiento total de los insumos puede ser más exitoso a largo plazo que la simple búsqueda de la "mejor" calidad a cualquier precio.

5.2 Análisis bromatológicos del alimento diseñado



LABORATORIOS QUÍMICOS, S.A
LAQUISA



INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: Russell Emilio Cano Narváez	Lugar de muestreo: Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias
Dirección: Rpto. 2 de Septiembre, Iglesia del Pilar 1 1/2 Cuadra al Oeste, Chinandega	Municipio/Depto.: León, León
Nombre de muestra: Muestra #1	Fecha muestreo: 2025/03/06
Descripción muestra: Alimento peletizado para cultivo de Tilapia	Fecha de realización de ensayo: 2025/03/24-2025/03/31
Fecha ingreso: 2025/03/21	Fecha de emisión: 2025/03/31
Ref. laboratorio: AL-0270-25	Muestreado por: Cliente
Número de muestreo: -	

Análisis	Método	Unidad	Resultado
Humedad	AOAC 925.10	%	8,68
Proteína (6.25)	AOAC 2001.11	%	32,53
Grasas	AOAC 2003.06	%	6,76
Ceniza	AOAC 942.05	%	19,05
Carbohidratos	AOAC 986.25	%	32,98
Fibra Cruda	AOAC 978.10	%	1,70
Calcio	AOAC 968.08	%	6,73
Fósforo	AOAC 965.17	%	1,41

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida, de los ítems sometidos a ensayo y el cliente de la información proporcionada. Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Este informe electrónico es emitido al cliente con carácter informativo, el informe oficial es impreso en hoja de papel tamaño carta, membretado, sellado y con firma manuscrita. El cliente es responsable de garantizar la no alteración del mismo.



Lic. Benito Zapata Amaya
Director Ejecutivo



Lic. Patricia Paola Rivera Montalván
Resp. de Alimento

Figura 3: Resultados de Laboratorio LAQUISA Muestra 1.

Fuente: LAQUISA, 2025



LABORATORIOS QUÍMICOS, S.A. LAQUISA



INFORME DE ANÁLISIS

Ciente: Russell Emilio Cano Narváez
Dirección: Rpto. 2 de Septiembre, Iglesia del Pilar 1
1/2 Cuadra al Oeste, Chinandega
Nombre de muestra: Muestra #2
Descripción muestra: Alimento paletizado para cultivo de tilapia
Fecha ingreso: 2025/07/16
Ref. laboratorio: AL-0664-25
Número de muestreo: -

Lugar de muestreo: Área de Conocimiento de Ciencias Agrarias y Veterinarias
Municipio/Depto.: León, León
Fecha muestreo: 2025/06/25
Fecha de realización de ensayo: 2025/07/17-2025/07/24
Fecha de emisión: 2025/07/24
Muestreado por: Cliente

Análisis	Método	Unidad	Resultado
Humedad	AOAC 925.10	%	10,12
Proteína (6.25)	AOAC 2001.11	%	31,14
Grasas	AOAC 2003.06	%	3,12
Ceniza	AOAC 942.05	%	28,62
Carbohidratos	AOAC 986.25	%	27,00
Fibra Cruda	AOAC 978.10	%	1,41
Calcio	AOAC 968.08	%	2,38
Fósforo	AOAC 965.17	%	0,30

LAQUISA, es responsable de la exactitud de los resultados de la muestra recibida, de los ítems sometidos a ensayo y el cliente de la información proporcionada. Para la reproducción de este informe deberá haber un escrito autorizado por LAQUISA

Informe de Análisis Tipo 5

Este informe electrónico es emitido al cliente con carácter informativo, el informe oficial es impreso en hoja de papel tamaño carta, membretado, sellado y con firma manuscrita. El cliente es responsable de garantizar la no alteración del mismo.

Lic. Benito Zapata Amaya
Director Ejecutivo

Lic. Patricia Paola Rivera Montalván
Resp. de Alimento

Figura 4: Resultados de Laboratorio LAQUISA Muestra 2.

Fuente: LAQUISA, 2025

Los análisis bromatológico presentados, son resultados del alimento fabricado y que previamente se diseñó, los cuales están basados en las referencias de Bhujel, (2002), quien indica los rangos recomendados para un adecuado alimento balanceado para tilapias en etapa juvenil, estos deben contener un porcentaje proteico de 25-36%, carbohidratos hasta un 40% y lípidos de 6-8%.

En base a estos rangos se puede observar que en la primera muestra analizada mediante el análisis bromatológico (figura N°3) cumple con la demanda nutricional de la tilapia, obteniendo un porcentaje proteico de 32.5%, carbohidratos de 32.9% y lípidos de 6.7%, ya que estos valores se encuentran dentro de los rangos establecidos mencionados anteriormente.

La segunda muestra analizada (figura N°4) obtuvo en su mayoría resultados favorables con un índice proteico de 31.1% y carbohidratos de 27.0%, estos valores nutricionales cumplen con los requerimientos nutricionales, según los rangos mencionados por Bhujel, sin embargo, los lípidos se encuentran fuera de las medidas mencionadas anteriormente, con un valor de 3,1%. Este decrecimiento en los lípidos se debe a diversos factores que pueden acelerar su oxidación, como la exposición a la luz, el calor, el oxígeno y las trazas de iones metálicos como el hierro y el cobre, esto según Bulletin, (2021).

Por otra parte, en la primera muestra se obtuvo un porcentaje de 8.6% de humedad y 19.0% de cenizas, en cambio en la segunda muestra los valores fueron de 10.1% de humedad y 28.6% en cenizas, basándonos en los resultado podemos afirmar que ambas muestras tienen un porcentaje de humedad óptimo para el alimento, tomando en cuenta lo recomendado por Villanueva (2023), el cual indica que el porcentaje de humedad no puede ser mayor que al 12%, ya que humedades más altas favorecen el crecimiento de hongos y bacterias. Por parte de las cenizas se puede observar que la segunda muestra obtuvo un aumento de 9.5% en comparación a la primera, según Retorn, (2022), aunque la ceniza puede indicar un alto contenido de minerales, un excedente de ceniza en el alimento afecta al sistema digestivo del organismo perjudicando de esta forma el desarrollo de la tilapia en su ciclo productivo.

Con los resultados de ambas muestras se deduce que la primera (figura N°3) tiene mejores valores nutricionales que la segunda muestra (figura N°4), superándola con mejor índice proteico y porcentaje de lípidos. Ahora bien, la segunda muestra presento mejores resultados en las pruebas de campo, las cuales fueron flotabilidad, hidroestabilidad, presencia de lixiviación y palatabilidad.

Tabla 2: *Pruebas de palatabilidad, hidroestabilidad, flotabilidad y lixiviación en alimentos diseñados.*

N.º de muestra	Tiempo de Flotabilidad	Tiempo de Hidroestabilidad	Presencia de Lixiviación	Palatabilidad
1	3.22 min	7.44 min	✓	✓
2	20+ min	20+ min	x	✓

Fuente: Autoría propia, 2025

Los valores expresados en la tabla hacen referencia al tiempo de duración de las dos muestras, en las pruebas de flotabilidad, hidroestabilidad, palatabilidad y presencia de lixiviación, en la primera muestra presento tiempos pocos favorables en comparación de la segunda muestra, mientras que la primera muestra tiene un tiempo de flotabilidad de 3.22 minutos, hidroestabilidad de 7.44 minutos, presencia de lixiviación, sin embargo, tuvo aceptabilidad por parte de los organismos.

En cambio, la segunda prueba tiene tiempos superiores que la primera con más de 20 minutos tanto de flotabilidad con hidroestabilidad, además de no tener presencia de lixiviación, asegurando que los peces puedan consumir la mayor parte del alimento, además de que obtuvo un mejor aroma y palatabilidad los cuales resultaron más atractivos para la tilapia.

5.3 Costos beneficios de la fórmula nutricional alternativa a base de Harina de Pescado, Maíz y Moringa

El análisis de dos fórmulas alternativas para la elaboración de un alimento para tilapia, compuestas por harina de pescado, maíz y moringa, demuestra su potencial como una inversión estratégica y sostenible para los productores acuícolas. Este enfoque optimiza recursos y promueve la sostenibilidad.

Se evaluaron dos formulaciones, diseñadas para ser escalables y adaptables a diferentes volúmenes de producción, desde pequeños lotes hasta una escala comercial. La Fórmula 1 tiene un costo de producción de \$69.5, manteniendo este precio por lote, ya sea que se produzca un saco de 40 kg (88.2 lb) o una cantidad mayor. Esta formulación establece una base económica sólida y nutricionalmente balanceada. Por su parte, la Fórmula 2 tiene un costo ligeramente superior de \$74.7, este ligero incremento se justifica por una mayor inclusión de proteína y un reajuste optimizado de carbohidratos y grasas, el cual también permanece constante por lote, incluso si la cantidad a elaborar es de 100 lb. A pesar de la diferencia de costos, ambas formulaciones son significativamente más económicas que muchas alternativas comerciales, por ejemplo, un alimento comercial con un índice proteico del 30%, su valor puede rondar los \$130, por supuesto si incluimos la tarifa de importación al país el precio se ve incrementado.

Los beneficios de estas fórmulas van más allá del ahorro, abarcando aspectos económicos, ambientales y nutricionales. Desde una perspectiva económica, la base de estas formulaciones es la optimización de costos. Al incorporar insumos locales y de fácil acceso como el maíz y la moringa, se reduce drásticamente la dependencia de la harina de pescado, cuyo precio es más elevado. Esto no solo disminuye los costos de producción, sino que también fortalece las cadenas de suministro locales.

En el ámbito ambiental, las fórmulas promueven activamente la sostenibilidad. Promoviendo la reducción mínima en el uso de harina de pescado aliviando la presión sobre los ecosistemas marinos. Paralelamente, la moringa es un recurso altamente renovable, de rápido crecimiento y bajos requerimientos hídricos, lo que la posiciona como un ingrediente ecológico ideal.

A nivel nutricional, la moringa enriquece el alimento promoviendo el crecimiento, mejorando la inmunidad y brindando defensa antimicrobiana contra parásitos, hongos, bacterias y virus. Aumentando su eficacia para mejorar el crecimiento, la nutrición y la hematología en especies acuícolas, a la vez que reducen los costos de producción. Además, sus propiedades antioxidantes, atribuidas a compuestos fenólicos y bioactivos, refuerzan la salud y la resiliencia de los peces esto según Hridoy et al., (2024).

Aunque el desarrollo inicial de estas fórmulas puede implicar un costo de inversión variable, esta se justifica plenamente por el potencial de ahorro a largo plazo y los múltiples beneficios obtenidos. Estas fórmulas representan una solución integral que demuestra cómo la innovación en la alimentación acuícola puede generar un impacto directo y positivo en la sostenibilidad económica y ambiental de los pequeños y medianos productores, al aprovechar de manera eficiente los recursos locales. Al optar por estas alternativas, los productores no solo mejoran su competitividad, sino que también contribuyen a un futuro más sostenible para la acuicultura.

VI. Conclusiones

Los diseños (figura N°1 y figura N°2), se realizaron a través del programa lineal, el cual nos permite formular alimentos balanceados al menor costo posible según la cantidad de alimento que se desea elaborar, gracias a esto podemos observar que ambos diseños tienen índices nutricionales que cumplen con las necesidades nutricionales de la tilapia (*Oreochromis niloticus*), los cuales se corroboraron con los resultados de los análisis bromatológicos.

Mediante los análisis bromatológicos podemos observar que los alimentos realizados de acuerdo a las fórmulas diseñadas, obtuvieron en su mayoría valores nutricionales óptimos que cumplen con los requerimientos nutricionales de la tilapia con algunas diferencias entre ambos diseños, la primera muestra (figura N°3) tiene un índice proteico más alto, mayor cantidad de lípidos y menor porcentaje de cenizas que la segunda muestra (figura N°4), sin embargo, la segunda muestra mostro resultados más óptimos en las pruebas de campo realizadas (flotabilidad, hidroestabilidad, presencia de lixiviación y palatabilidad), considerando los resultados, concluimos que la recomendación final es una fusión de lo mejor de ambos diseños: utilizar la harina de pescado entero de la primera muestra en la formulación de la segunda muestra. Esta modificación permitirá aprovechar las excelentes propiedades físicas y organolépticas de la segunda muestra (flotabilidad, estabilidad, sabor y aroma) y, al mismo tiempo, obtener un porcentaje de proteína similar o superior a la primera muestra. De esta manera, se logrará un alimento de alta calidad, nutritivo y eficiente, que justificará el costo adicional con un mejor rendimiento en la acuicultura.

En cuanto a las fórmulas nutricionales concluimos que, ambas ofrecen a los pequeños productores un ahorro considerable en el costo de elaboración de un alimento a base de insumos locales, evitando un gasto mayor por la compra de un alimento convencional. Con la fórmula de alimentos artesanales generamos sostenibilidad económica, un manejo innovador en la diversidad de insumos disponibles en el ambiente, por lo que los productores pueden optar por estas alternativas que no solo mejoran su competitividad, sino que también contribuyen a un futuro más sostenible para la acuicultura.

VII. Recomendaciones

- Se recomienda a futuros investigadores dar continuidad a este experimento extendiendo el período de prueba a 60 o 90 días, esto permitiría evaluar con mayor precisión los efectos a largo plazo de la dieta en los ciclos productivos de *Oreochromis niloticus*.
- Se recomienda incluir un análisis económico que evalúe la viabilidad de la dieta formulada en comparación con dietas comerciales. Esto permitiría determinar no solo la efectividad en el crecimiento, sino también la rentabilidad para los productores acuícolas.
- A los futuros investigadores, realizar estudios que validen las técnicas de obtención de las materias primas, principalmente la de harina de pescado. Con el fin de tener mayor seguridad del perfil nutricional que éstas contienen.

VIII. Referencias bibliográficas

Agüero, H. (2018). *Alimentación Optimizada para La Tilapia nilótica* | PDF |

Carbohidratos | Alimentos. Scribd.

<https://es.scribd.com/document/391777300/Alimentacion-Optimizada-parala-Tilapia-Nilotica>

Alamilla Tovar, H. A. (2017). *Cultivo DE Tilapia - Distribución Hábitos alimenticios*

1. *Especies Omnívoras*: 2. *Especies - Studocu.*

<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-san-luisgonzaga/biologia-general/cultivo-de-tilapia-distribucionhabitos-alimenticios1especies-omnivoras2-especies-fitoplanctofagas3/6313194>

Bhujel, R. (2002). *Manejo Alimentario para Tilapia*. 7(4).

https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/_archivos/000000Especies/000008-

Tilapia/071201_Manejo%20Alimentario%20para%20Tilapia%20-%20Nutricion%20y%20bajo%20costo.php

Borrell, S. (2013). *La harina de pescado como alimento en acuicultura*. Veterinaria

Digital - Avicultura, Porcicultura, Rumiantes y Acuicultura.

<http://https%253A%252F%252Fwww.veterinariadigital.com%252Farticulos%252Fharina-de-pescado-conceptos-generales%252F>

Bulletin, B. (2021). *Oxidación lipídica: Una visión general* | Temas de ScienceDirect.

[https://www.sciencedirectcom.translate.google.com/topics/medicine-and-dentistry/lipidoxidation? x tr sl=en& x tr tl=es& x tr hl=es& x tr pto=sge](https://www.sciencedirectcom.translate.google.com/topics/medicine-and-dentistry/lipidoxidation?x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=sge)

FAO. (2010). *FAO: Formulación y preparación /producción de alimentos.*

<https://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/niletilapia/formulacion-y-preparacion-produccion-de-alimentos/es/>

Flores, J. (2013). *Formulación de raciones*.

<https://fcvinta.files.wordpress.com/2015/04/flores-formulacion-de-raciones.pdf>

Gómez, A., & Morales, I. (2015). *Efecto de dos tipos de alimentos: Comercial y experimental (Melaza + Harina de maíz + Harina de soya) sobre el crecimiento de juveniles de tilapia Oreochromis niloticus en condiciones experimentales*.

[Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-León].

<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4251/1/228944.pdf>

Gutiérrez-Espinosa, M. C., & Merino, M. C. (s/f). *Alimentos balanceados artesanales para piscicultura*.

Hridoy, M. A. A. M., Munny, F. J., Shahriar, F., Rahman, M. M., Islam, M. F.,

Kazmi, A., & Kawsar, M. A. (2024). *Exploring the Potentials of Sajana (Moringa oleifera Lam.) as a Plant-Based Feed Ingredient to Sustainable and Good Aquaculture Practices: An Analysis of Growth Performance and Health Benefits*. <https://doi.org/10.1155/are/3580123>

Info Retorn. (2022). Cenizas brutas en la alimentación. *Retorn*.

<https://tamcanpetfood.com/cenizas-brutas-alimentacion-para-perros/> Inocente Toribio,

M. M. (2019). *Generalidades de La Tilapia y Elaboración de Dieta*

| PDF | Extrusión | Alimentos. Scribd.

[https://es.scribd.com/document/416346483/Generalidades-de-La-Tilapia-y-](https://es.scribd.com/document/416346483/Generalidades-de-La-Tilapia-y-Elaboracion-de-Dieta)

[Elaboracion-de-Dieta](https://es.scribd.com/document/416346483/Generalidades-de-La-Tilapia-y-Elaboracion-de-Dieta)

Irigoyen, T. (2010). *La importancia del mezclado en la industria de alimentación animal*. Engormix.

https://www.engormix.com/balanceados/mezclado/importancia-mezcladoindustria-alimentacion_a50967/

LABOMERSA. (2021, julio 15). *Bromatología Humana: Principales Análisis y Equipos – Labomersa*. <https://labomersa.com/2021/07/15/bromatologiahumana-principales-analisis-y-equipos/>

Luchini, L., & Wicki, G. (s/f). *CONSIDERACIONES SOBRE INSUMOS UTILIZADOS EN LOS ALIMENTOS PARA ORGANISMOS ACUATICOS BAJO CULTIVO. INFORMACION BASICA*.

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos/000000_Desarrollos%2520Acu%25C3%25ADcolas/140213_Principales%2520insumos%2520utilizados%2520en%2520los%2520alimentos%2520para%2520organismos%2520acuaticos.pdf&ved=2ahUKEwjQ3lvEqqOCAxVJSDABHXwEDGsQFnoECCIQAQ&usg=AOvVaw2o4H-KLhgGAWHUpFq7Axcq

Méndez, D. (s/f). *Aprendizaje ensayo y error: Ventajas y desventajas*. Ceupe.

Recuperado el 22 de octubre de 2023, de

<https://www.ceupe.com/blog/aprendizaje-ensayo-y-error.html>

Molina, J., & Vílchez, M. (2015). *Comparación en el crecimiento de la tilapia (Oreochromis niloticus) utilizando alimento para tilapia: Alimento comercial al 28 % proteína más harina de cáscara de naranjas vs. Alimento comercial*

para tilapia al 28 % proteína. [Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

UNAN-León]. [file:///C:/Users/Asus/Downloads/null%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Asus/Downloads/null%20(1).pdf).

Retorn, I. (2022).

[<https://foodcom.pl/es/term/ceniza/#:~:text=3.,en%20los%20piensos%20para%20animales>].

(S. f.).

Noguera, R. R., & Posada, S. L. (2011). *Linear programming applied to ruminant ration formulation*. 6(2). <https://www.redalyc.org/pdf/3214/321428106005.pdf>

Ortega, B. (2012). Análisis Coste-Beneficio. *eXtoikos*, 5, 147–149.

Ortiz Moreno, M. A. (2021). *Literary review: Dietary alternatives for the supplementation of Oreochromis Sp.*

<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://repositorio.utp.edu.co/bitstreams/4a103a84-fcb6-4159-926a-675c458de4e7/download&ved=2ahUKEwjfpan8toqCAxV6IWofHb4zDDAQFnoECCUQAQ&usg=AOvVaw1ZYej2SJARTmv64c9TiCfu>

Pereda, M. (2022). Análisis costo beneficio: Por que este proceso es fundamental.

Rock Content - ES. <https://rockcontent.com/es/blog/analisis-costo-beneficio/> Pinto Jimenez, L. A. (2024, febrero 15). *Dosificado y Mezclado por Bacheo en Plantas de Fabricación de Alimentos Balanceados para Animales o Piensos compuestos. Parte N.1.* | *LinkedIn*.

<https://www.linkedin.com/pulse/dosificado-y-mezclado-por-bacheo-enplantas-de-para-o-pinto-jimenez-tmgce/?originalSubdomain=es>

Pucca, L., Stasieniuk, E., & Barbi, L. (2023). Molienda: Un punto fundamental en la fabricación de alimentos secos extrusados para perros y gatos de la modernización del sistema de control. *Issuu*, 5(14). https://issuu.com/allextruded/docs/enero_2023_sp_edicion_14/s/17862273

Rabell, V. (2019). *Desarrollo de un alimento balanceado para tilapia (Oreochromis niloticus) a base de microalga y larva de mosca soldado (Hermetia illucens)* [Universidad Autónoma de Querétaro]. <https://ring.uaq.mx/bitstream/123456789/9149/1/IGMAC-223112.pdf>

Ruiz Azañero, G. E. (2017). *“Fecundidad y tasa de supervivencia en larvas y alevines de Oreochromis niloticus “tilapia”* [Universidad Nacional de Piura]. <https://repositorio.unp.edu.pe/items/1c584732-96c7-4e51-8221->

5ef1db85f834

Torrez, M. (2022). *Análisis Bromatológico de Alimentos*.

<https://www.studocu.com/bo/document/universidad-mayor-de-sanandres/bioquimica/analisis-bromatologico-de-alimentos/39170390>

Villanueva, G. (2023). *Interpretación de análisis bromatológicos de los alimentos balanceados*. <https://bmeditores.mx/ganaderia/interpretacion-de-analisisbromatologicos-de-los-alimento-balanceados/>

Westreicher, G. (2021). *Programación no lineal*. Economipedia.

<https://economipedia.com/definiciones/programacion-no-lineal.html>

Zuiga, Z. (2018). *Métodos de Formulación | PDF | Dieta | Alimentos*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/395837707/Metodos-de-Formulacion>

IX. Anexos

Ilustración 1: Chuleta de Pescado seco e Ilustración 2: Hojas de Moringa



Ilustración 3: Molienda de Maíz e Ilustración 4: Pesaje de las Harinas



Ilustración 5: Colado de las Harinas e Ilustración 6: Mezcla de las Harinas



Ilustración 7: Recopilación de datos e Ilustración 8: Distribución de las Harinas



Ilustración 9: Preparación de la de la Masa e Ilustración 10: Pellet Muestra 1



Ilustración 11: Pellet Muestra 2 e Ilustración 12: Prueba de Hidroestabilidad



Ilustración 13: Prueba de Palatabilidad

