

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA  
FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“DIGESTIBILIDAD Y ENERGÍA DIGESTIBLE  
DE LA HARINILLA DE TRIGO Y POLVILLO DE ARROZ  
EN EL PAICHE (*Arapaima gigas*)”**

Presentada por:

**CARLOS ERNESTO BENITO GUARDAMINO**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

Lima – Perú

**2022**

## Document Information

Analyzed document	TESIS CARLOS BENITO.pdf (D145726977)
Submitted	10/6/2022 3:28:00 PM
Submitted by	Víctor Jesús Vergara Rubín
Submitter email	vjvergara@lamolina.edu.pe
Similarity	19%
Analysis address	vjvergara.unalm@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Allain_Rojas_Diana_Mercedes_Titulo_Profesional_2016.pdf</b> Document Allain_Rojas_Diana_Mercedes_Titulo_Profesional_2016.pdf (D29205666)	 1
<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional Agraria La Molina / TESIS GAMITANA.docx</b> Document TESIS GAMITANA.docx (D141771577) Submitted by: mvillanueva@lamolina.edu.pe Receiver: mvillanueva.unalm@analysis.arkund.com	 14
<b>SA</b>	<b>DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES Y ENERGÍA DIGESTIBLE DEL MAÍZ (Zea mays) EN JUVENILES DE PAICHE (Arapaima gigas).docx</b> Document DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES Y ENERGÍA DIGESTIBLE DEL MAÍZ (Zea mays) EN JUVENILES DE PAICHE (Arapaima gigas).docx (D142307029)	 28
<b>SA</b>	<b>Universidad Nacional Agraria La Molina / TESIS NIVELES E-P PAICHE - JURADO (1).docx</b> Document TESIS NIVELES E-P PAICHE - JURADO (1).docx (D138395184) Submitted by: jesvargas@lamolina.edu.pe Receiver: jesvargas.unalm@analysis.arkund.com	 9
<b>SA</b>	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.NUTRICION.docx</b> Document UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.NUTRICION.docx (D60047373)	 2
<b>SA</b>	<b>IF2017_FOPCA_LLONTOP_VELEZ_CARLOS.pdf</b> Document IF2017_FOPCA_LLONTOP_VELEZ_CARLOS.pdf (D35168102)	 1
<b>SA</b>	<b>ArticuloPublicadoenlaRevistadelaUTA.docx</b> Document ArticuloPublicadoenlaRevistadelaUTA.docx (D60143030)	 5
<b>SA</b>	<b>IF_2018_DIAZ_URKUND.pdf</b> Document IF_2018_DIAZ_URKUND.pdf (D46550754)	 1

## Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE ZOOTECNIA "  
DIGESTIBILIDAD Y ENERGÍA DIGESTIBLE DE LA HARINILLA DE TRIGO Y POLVILLO DE ARROZ EN EL PAICHE (Arapaima gigas)"  
Presentada por: CARLOS ERNESTO BENITO GUARDAMINO

75%

**MATCHING BLOCK 1/61**

**SA**

Allain\_Rojas\_Diana\_Mercedes\_Titulo\_Profesional ...  
(D29205666)

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ZOOTECNISTA LIMA - PERÚ 2022 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**“DIGESTIBILIDAD Y ENERGÍA DIGESTIBLE  
DE LA HARINILLA DE TRIGO Y POLVILLO DE ARROZ  
EN EL PAICHE (*Arapaima gigas*)”**

Presentada por:

**CARLOS ERNESTO BENITO GUARDAMINO**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

---

Ph.D. Víctor Guevara Carrasco  
Presidente

---

Mg.Sc. Víctor Hidalgo Lozano  
Miembro

---

Mg.Sc. Gloria Palacios Pinto  
Miembro

---

Mg.Sc. Víctor Vergara Rubín  
Asesor

## **DEDICATORIA**

*A Dios por haberme dado salud hasta  
este punto de mi vida para poder lograr  
mis objetivos.*

*A mi familia por haberme guiado  
con sus sabios consejos para mi  
crecimiento espiritual  
e intelectual.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Innovate Perú por el financiamiento económico del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Mg. Sc. Víctor Vergara Rubín por su apoyo incondicional mediante la orientación en la elaboración del presente trabajo.

A la Ing. Mg. Sc. Andrea Marchán Timorán por su apoyo incondicional y gestión en la elaboración del presente trabajo.

A los miembros del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos y al Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos; quienes apoyaron con el desarrollo de la fase experimental.

A los miembros del jurado de Tesis: PhD. Víctor Guevara, Ing. Mg. Sc. Gloria Palacios, Ing. Mg. Sc. Víctor Hidalgo por las observaciones que ayudaron a mejorar esta investigación.

A Dongler Benito Erazo, Diorita Guardamino Mosquera, Roberto Guardamino Mosquera, Nelia Mosquera, José Oriol Guardamino, David Benito, Candelaria Erazo, Lisset Benito, Sandy Capillo, Maria Elena Villanueva, Silvia Montoya, Adriano Salinas, Roberto Camacho y Raquel Taípe por haber estado presente cuando solicite consejos; las cuales fueron muy valiosas.

A mi alma mater la Universidad Nacional Agraria La Molina.

A todos ellos, muchas gracias.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Harinilla de trigo.....	2
2.1.1. Proceso de obtención .....	2
2.1.2. Valor nutricional.....	3
2.2. Polvillo de arroz.....	4
2.2.1. Proceso de obtención .....	4
2.2.2. Valor nutricional.....	5
2.3. Paiche (Arapaima gigas) .....	8
2.3.1. Condiciones medioambientales .....	8
2.4. Digestibilidad .....	9
2.4.1. Coeficiente de digestibilidad .....	9
2.4.2. Métodos para determinar la digestibilidad in vivo .....	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1. Lugar de ejecución y duración de la fase experimental.....	12
3.2. Instalaciones, equipos y materiales.....	12
3.3. Animales experimentales .....	13
3.4. Ingredientes evaluados.....	13
3.5. Dietas experimentales .....	13
3.6. Preparación de las dietas .....	14
3.7. Procedimiento experimental.....	17
3.7.1. Recepción de los peces alevines.....	17
3.7.2. Adaptación a las dietas.....	17
3.7.3. Suministro de dietas.....	17
3.7.4. Colección y manejo de heces .....	17

3.8. Análisis en el laboratorio .....	18
3.9. Calidad de agua .....	18
3.10. Monitoreo de la calidad de agua durante la evaluación .....	20
3.11. Cálculo del coeficiente de digestibilidad aparente de los nutrientes y energía de las dietas harinilla de trigo y polvillo de arroz. ....	21
3.12. Cálculo de la digestibilidad de nutrientes y energía digestible en la harinilla de trigo y polvillo de arroz .....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23
4.1. Coeficientes de digestibilidad aparente de la harinilla de trigo y el polvillo de arroz .....	23
4.2. Energía digestible de la harinilla de trigo y del polvillo de arroz.....	25
V. CONCLUSIONES .....	26
VI. RECOMENDACIONES .....	27
VII. BIBLIOGRAFÍA .....	28
VIII. ANEXOS.....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valor nutricional del trigo y sus subproductos (base seca) .....	4
Tabla 2: Valor nutricional del polvillo de arroz (base fresca) .....	7
Tabla 3: Variables limnológicas de un estanque de cultivo de paiche .....	9
Tabla 4: Fórmulas y valor nutricional de la dieta referencia (DR).....	15
Tabla 5: Formula de la premezcla de vitaminas, minerales y aditivos .....	16
Tabla 6: Metodología de control de parámetros ambientales.....	19
Tabla 7: Parámetros de calidad del agua durante el periodo experimental .....	20
Tabla 8: Contenido nutricional y digestibilidad de la harinilla de trigo y polvillo de arroz (base seca) .....	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujo del proceso de obtención de los subproductos del trigo.....	3
Figura 2. Flujo del proceso de obtención de los subproductos del arroz.....	6

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Instalaciones y equipos del LINAPC .....	35
Anexo 2. Laboratorio de investigación en nutrición y alimentación de peces y crustáceos (LINAPC) .....	36
Anexo 3. Análisis químico proximal de la dieta referencia (tratamiento 1).....	37
Anexo 4. Análisis químico proximal de la dieta prueba (tratamiento 2).....	37
Anexo 5. Análisis químico proximal de la dieta prueba (tratamiento 3).....	38
Anexo 6. Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta referencia (tratamiento 1) .....	38
Anexo 7. Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta referencia (tratamiento 1) .....	39
Anexo 8. Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta referencia (tratamiento 1) .....	39
Anexo 9. Análisis químico proximal promedio de las heces obtenidas de la dieta referencia (tratamiento 1).....	40
Anexo 10. Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 2).....	40
Anexo 11. Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 2).....	41
Anexo 12. Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 2).....	41
Anexo 13. Análisis químico proximal promedio de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 2) .....	42
Anexo 14. Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 3).....	42
Anexo 15. Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 3).....	43

Anexo 16. Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 3).....	43
Anexo 17. Análisis químico proximal promedio de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 3).....	44
Anexo 18. Valores de óxido de cromo en dietas y heces .....	45
Anexo 19. Coeficiente de digestibilidad de la dieta prueba (tratamiento 2).....	46
Anexo 20. Coeficiente de digestibilidad de la dieta prueba (tratamiento 3).....	46
Anexo 21. Coeficiente de digestibilidad de la dieta referencia .....	47
Anexo 22. Coeficiente de digestibilidad del ingrediente prueba (tratamiento 2).....	47
Anexo 23. Coeficiente de digestibilidad del ingrediente prueba (tratamiento 3).....	48
Anexo 24. Análisis químico proximal de los ingredientes prueba .....	48
Anexo 25. Nutrientes digestibles de los ingredientes pruebas .....	49

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). El objetivo principal en el Experimento fue determinar la Digestibilidad de nutrientes y el contenido de energía digestible (E<sup>°</sup>.D) de la Harinilla de Trigo (H.T) y el Polvillo de Arroz (P.A) utilizando el método indirecto con el marcador óxido de cromo (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Para este experimento se formularon tres dietas: 1era dieta referencia (99.5% dieta estándar y 0.5% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 2da dieta H.T (40% de harinilla de trigo, H.T; 59.5% dieta estándar y 0.5% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y la 3era dieta P.A (40% de polvillo de arroz, P.A; 59.5% dieta estándar y 0.5% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Además, se utilizó 18 alevines de paiche con peso promedio de 237 g para formar nueve unidades experimentales (U.E). Cada U.E con 2 peces que fueron distribuidos al azar en los tres tratamientos. Los resultados obtenidos de los coeficientes de digestibilidad aparente y energía digestible para harinilla de trigo son 43.25% de materia seca, 85.61% de proteína cruda, 85.59% de extracto etéreo, 49.75% de energía bruta (E<sup>°</sup>.B) y 2.11 Mcal/kg de energía digestible (E<sup>°</sup>D) en base seca; y para polvillo de arroz son 52.58% de materia seca, 76.01% de proteína cruda, 86.42% de extracto etéreo, 65.45% de energía bruta (E<sup>°</sup>.B) y 3.27 Mcal/kg de energía digestible (E<sup>°</sup>D) en base seca.

**Palabras clave:** Paiche, harinilla de trigo, polvillo de arroz, energía digestible, digestibilidad.

## ABSTRACT

The present research work was conducted at the Laboratory of Nutrition and Food Research of fish and crustaceans (LINAPC), academic department of Nutrition, at National Agrarian University La Molina (UNALM). The aim of this study was to determine the digestibility of nutrients and the content of digestible energy (D.E) of Wheat Middling (W.M) and Rice Bran (R.B), using the indirect method with the chromium oxide marker. ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Three diets were formulated for this experiment: 1st reference diet (99.5% standard diet and 0.5%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), 2nd W.M diet (40% wheat middling, W.M; 59.5% standard diet and 0.5%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) and 3rd R.B diet (40% rice bran, R.B; 59.5% standard diet and 0.5%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). In addition, 18 paiche fingerlings with an average weight of 237 g were used to form nine experimental units (E.U). Each E.U with 2 fish that were randomly distributed in the three treatments. The results obtained from the apparent digestibility and digestible energy coefficients for wheat middling are 43.25% dry matter, 85.61% crude protein, 85.59% ethereal extract, 49.75% gross energy (G.E) and 2.11 Mcal/ kg of digestible energy (D.E) on a dry basis; and for rice bran are 52.58% dry matter, 76.01% crude protein, 86.42% ethereal extract, 65.45% gross energy (G.E) and 3.27 Mcal/kg of digestible energy (D.E) on a dry basis.

**Keywords:** Paiche, wheat middling, rice bran, digestible energy, digestibility

## I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura desde el año 2014 se ha convertido en uno de los rubros más productivos económicamente a nivel global. Este incremento se debe a la demanda de especies hidrobiológicas cultivadas; superando de esta manera a la pesca de captura. Con esta información la ONU ha incluido el desarrollo sostenible de la acuicultura en su agenda para el 2030. Esta actividad se convertirá en la primera fuente abastecedora de peces para contribuir con la seguridad alimentaria (FAO, 2016). Del mismo modo, la acuicultura en el Perú está generando crecimiento económico con sus diversos tipos de cadena de valor. Un claro ejemplo es la trucha con una producción de 19,962 toneladas en el año 2011 a 54,188 toneladas en el año 2020; sin embargo, hay especies como el paiche (*Arapaima gigas*) que requiere mayores investigaciones para ser explotado por los pobladores como fuente sostenible de desarrollo económico debido a un incremento lento de su producción con dos toneladas en el 2006 hasta 99 toneladas en el 2020 mencionado por el Ministerio de la producción (Produce, 2020). Así mismo, conocer los coeficientes de digestibilidad; así como el aporte de energía digestible de los ingredientes a través de las investigaciones nutricionales son importantes para la formulación de alimentos balanceados en el paiche acorde a sus etapas productivas. Por otro lado, no existe información para los ingredientes locales como la harinilla de trigo y polvillo de arroz en el arapaima gigas.

Por lo antes citado, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la digestibilidad aparente de nutrientes y el contenido de energía digestible de la harinilla de trigo y el polvillo de arroz en alevines de paiche.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Harinilla de trigo

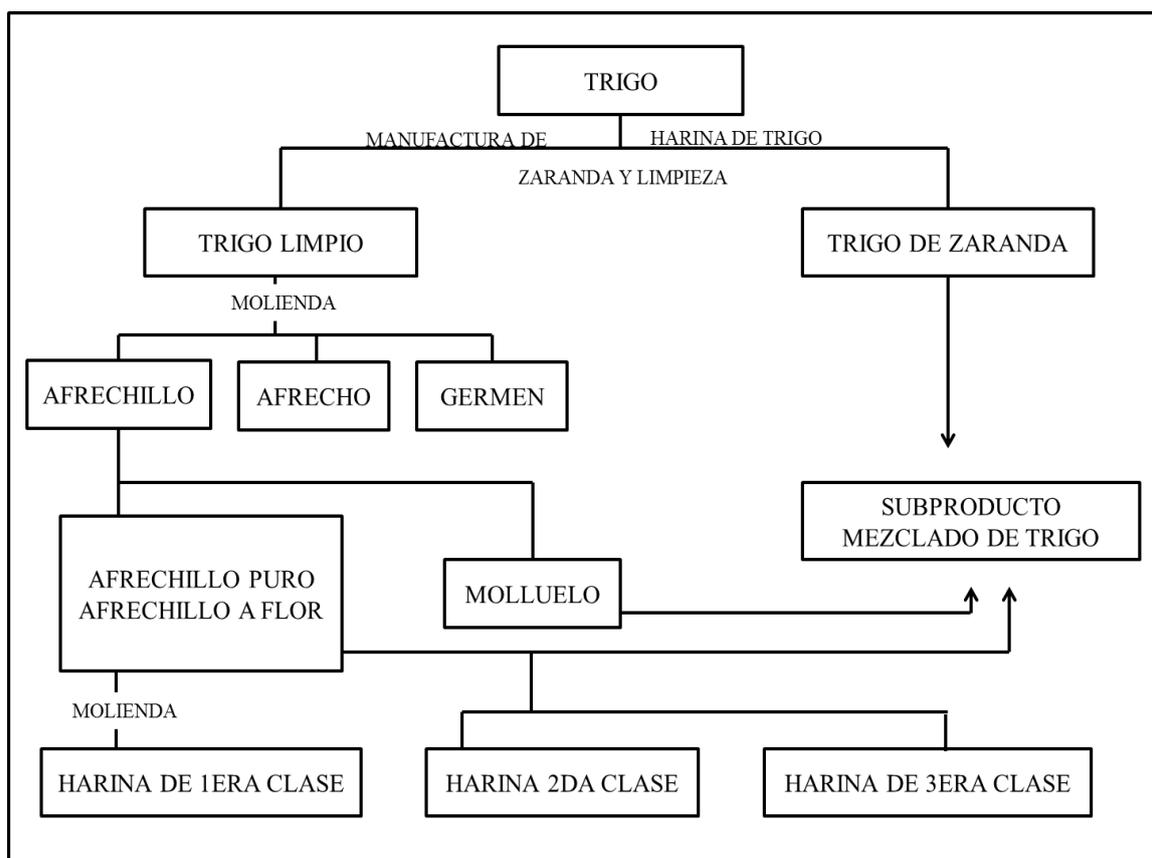
La harinilla de trigo o afrechillo es un subproducto que proviene del proceso de elaboración industrial del grano de trigo y se presenta en la figura 1. Cada grano de trigo se obtiene un rendimiento promedio de 75 por ciento de harina para consumo humano y un 25 por ciento de subproducto destinado mayormente al consumo animal (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal [FEDNA], 2021). Sin embargo, Valerio (2015) menciona que el subproducto de trigo representa en promedio entre 20 a 22 por ciento del peso bruto total de la molienda del trigo.

Por otro lado, Rojas (1979) informa que de la cantidad total del grano molido sólo el 18 por ciento es subproducto de trigo y está constituido aproximadamente por 8.6 por ciento de afrecho, seis por ciento de afrechillo, 2.6 por ciento de moyuelo y 0.8 por ciento de harinilla. Sin embargo, para Valerio (2015) afirma que los diferentes tipos de ingredientes del subproducto es aproximadamente 48 por ciento de afrecho, 33 por ciento de afrechillo, 15 por ciento de moyuelo y cuatro por ciento de harinilla.

#### 2.1.1. Proceso de obtención

El proceso de obtención de harina de trigo comienza con un riguroso control previo como la separación de impurezas del grano. Para esto se requiere separadores tipo vaivén, separadores de aire, separadores de disco y separadores magnéticos. Luego, se adiciona agua a las semillas de trigo como acondicionamiento para ablandar las coberturas externas que son de consistencia dura (Marchán, 2019). Así mismo, cabe mencionar que la composición de la semilla está conformada de 82 por ciento de endospermo, 15 por ciento de salvado y 3 por ciento de germen; y que al utilizar los rodillos dispuestos en pareja rompen y liberan la capa de salvado del endospermo, y luego del germen. Además, se utiliza tamices para separar la harina de otras partículas de mayor tamaño. Por último, dependiendo de las cantidades de salvado, endospermo y germen se obtendrá productos como afrecho, afrechillo, germen y moyuelo que se muestra en la figura 1 del flujo de proceso de obtención de los subproductos

de trigo para obtener harinilla de trigo (McDonald *et al.*, 2011).



**Figura 1.** Flujo del proceso de obtención de los subproductos del trigo

**FUENTE:** Rojas (1979)

### 2.1.2. Valor nutricional

El valor nutricional depende en primer lugar de la variedad de semilla, las precipitaciones, la temperatura, el riego, la textura y composición del suelo; y en segundo lugar depende del tipo de proceso de molienda que al mezclar las diversas proporciones de capas del grano de trigo (tegumentos, germen, capa de aleurona y endospermo) originan el tipo de subproducto como afrecho, afrechillo, moyuelo y harinillas (Hertrampf y Piedad-Pascual, 2000). Así mismo, Valerio (2015) señala que la diversidad de subproductos obtenidos contiene las estructuras fundamentales que son las células de distintos tamaños con distinto contenido de proteína, fibra y minerales más que el grano de trigo. Coincidiendo con McDonald *et al.* (2011) quienes mencionan sobre las composiciones aleatorias de las harinillas depende de la mezcla de granos original y del rendimiento. Además, agrega que la proteína bruta tiene un intervalo de 160 a 210 gramos por kilogramo en materia seca y para la fibra es de 40 a 100 gramos por kilogramo de materia seca. El valor nutricional del trigo y sus subproductos se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1:** Valor nutricional del trigo y sus subproductos (base seca)

Nutrientes	Grano de trigo	Harina de trigo	Salvado de trigo	Afrecho de trigo	Harinilla de trigo	Germen de trigo	Gluten de trigo
Materia seca %	100	100	100	100	100	100	100
Proteína %	15.39	16.36	17.59	18.90	19.10	32.13	87.64
Fibra %	2.17	1.93	5.30	4.92	8.99	9.92	1.64
Extracto etéreo %	2.96	1.25	13.87	8.72	4.83	3.95	0.55
Ceniza %	2.05	1.14	6.31	5.26	-	5.52	0.77
Extracto libre de nitrógeno %	91.45	93.07	69.67	74.05	-	61.22	18.82

FUENTE: Hertrampf y Piedad-Pascual (2012) y NRC (2011)

## 2.2. Polvillo de arroz

El polvillo de arroz es un subproducto proveniente del proceso de elaboración industrial del grano de arroz para consumo humano; dónde se extrae las capas celulares que cubren el endospermo del grano de arroz (Tinarelli, 1989). Es decir, extraer la cutícula (pericarpio, tegumento y la capa de aleurona) que se encuentra alrededor del endospermo para obtener mayor cantidad de proteínas, ceras vegetales, ácidos grasos, ácidos amínicos y enzimas (Alamo *et al.*, 1997).

### 2.2.1. Proceso de obtención

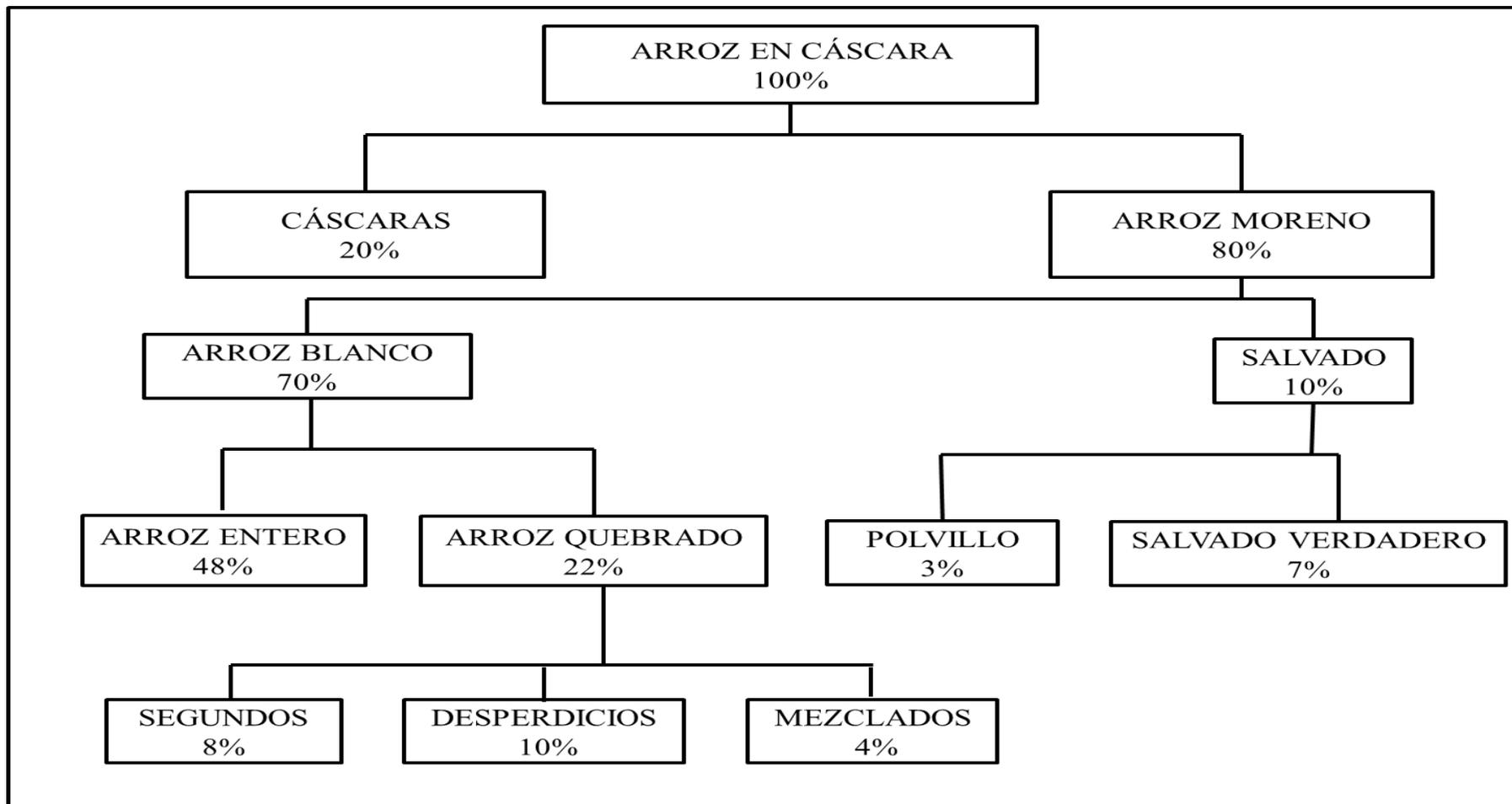
El arroz cosechado contiene entre 4 a 10 por ciento de impurezas y una humedad entre 18 a 24 por ciento; en consecuencia, se tiene que realizar una limpieza y reducir el porcentaje de humedad para que las maquinarias de molindas realicen su trabajo (Tascón y García, 1985). El primer proceso consiste en el descascarillado para obtener arroz moreno o integral; luego en el segundo proceso se aplica el blanqueado o decortinado para extraer gradualmente el salvado (pericarpio + germen) del arroz integral y quedar el arroz blanco comercial (Othon, 1996). Es decir, la máquina de fricción roza al arroz integral removiendo el pericarpio, tegumento, la capa de aleurona, embrión y fracción externa del endospermo que dan producto al arroz pulido (consumo humano) y salvado de arroz (compuesto por germen y polvillo de arroz) (Hertrampf y Piedad, 2000).

Rojas (1979) menciona que el subproducto como el polvillo de arroz es estabilizado por una corriente de vapor sobrecalentado a 100°C por un periodo mínimo de 50 minutos. Luego se reduce la humedad hasta obtener ocho por ciento. Por último, es comprimido y envasado. Por otro lado, la estabilización del polvillo de arroz permite un fácil transporte y

almacenamiento hasta por dos meses. El flujo del proceso de obtención de los subproductos de arroz para obtener polvillo de arroz se visualiza en la Figura 2.

### 2.2.2. Valor nutricional

El valor nutricional del polvillo de arroz depende del tipo de proceso de pulido (Gómez *et al.*, 1978) y la estabilidad del aceite (McDonald *et al.*, 1995). Además, cabe señalar que el contenido de aceite en el polvillo de arroz se encuentra entre 13 a 21 por ciento, nivel considerado como alto, por lo que puede ser un factor determinante para la rancidez (Rojas, 1979). Por último, se han encontrado inhibidores de proteínas en el polvillo de arroz (Ruíz, 2008).



**Figura 2.** Flujo del proceso de obtención de los subproductos del arroz  
**FUENTE:** Tuesta (2003)

**Tabla 2:** Valor nutricional del polvillo de arroz (base fresca)

VALOR NUTRICIONAL (%)	AUTORES					
	CAMPABADAL Y NAV ARROU (1993)	NRC (1994)	HERTRAMPF Y PIEDAD (2000)	TUESTA (2003)	LEESON Y SUMMER (1993)	HY-LINE (2002)
E. Met., (Mcal/Kg)	2.90	3.09		3.00	2.73	3.09
Materia Seca	90.60	90.00	90	90.95	90.00	90.00
Proteína	13.10	12.20	12.24	13.96	11.00	12.00
Fibra	11.70	4.10	3.78	5.49	2.40	6.00
Extracto etéreo	13.60	11.00	13.05	18.47	15.00	12.00
Ceniza	10.50	11.00	7.47	9.93	10.00	
Extracto Libre de Nitrógeno	41.70	51.70	53.46	43.10	51.60	
Lisina	0.50	0.57	0.45	0.54	0.50	0.60
Metionina	0.30	0.22	0.18	0.22	0.20	0.25
Metionina-Cistina	0.50	0.48		0.30	0.50	
Arginina	0.90	0.78	0.54	0.60	0.60	0.90
Calcio	1.57	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06
Fósforo total	0.38	1.31	1.02		1.35	1.20
Fósforo disponible	0.03	0.38		0.26	0.18	0.20
Sodio	0.88	0.10	0.09	0.10	0.11	0.17
Magnesio	1.71	0.65	0.51		0.65	
Potasio		1.06	0.64		1.17	0.02
Ac. Linolénico	1244.00	3.58			3.30	3.00
Colina (ppm)		1320.00	1080	1230.00	1320.00	
Niacina (ppm)		520.00			528.00	
Tiamina (ppm)		20.00			19.30	
Riboflavina (ppm)		1.80			1.80	

**FUENTE:** Ruíz (2008) y Tuesta (2003)

### 2.3. Paiche (*Arapaima gigas*)

El *Arapaima gigas* es conocido en el Perú, Ecuador, Venezuela y Bolivia como “paiche”; en Guayana le dicen “arapaima” o “de-chi”; mientras que, en Brasil y Colombia lo denominan como “pirarucú”. El hábitat natural de este pez es la cuenca amazónica; la cual comprende los países de Perú, Brasil, Guyana, Colombia, Bolivia, Ecuador y Venezuela. En el Perú habita en las cuencas bajas de los ríos Napo, Putumayo, Marañón, Pastaza y Ucayali (Carvajal-Vallejos *et al.*, 2011; Rebaza *et al.*, 1999).

El paiche es un pez que pertenece a la familia Arapaimidae; esta familia se compone por una sola especie *Arapaima gigas* originario del neotrópico de América del Sur. Además, pertenece a la superfamilia Osteoglossomorpha por presentar una lengua osificada muy parecida a la familia Osteoglossidae; la cual pertenecen las arawanas (Reis *et al.*, 2003; Franco y Peláez, 2007)

El pirarucú puede llegar a tener un peso promedio de 200 kg y una longitud promedio de tres metros. La cabeza del pez es pequeña en relación al tamaño del cuerpo (10 por ciento del peso vivo), la parte superior de la boca es grande, oblicua y presenta pequeños dientes filiformes. Posee una lengua con una estructura ósea de 25 cm de longitud y cinco centímetros de ancho que le permite triturar junto con sus dos placas óseas laterales a sus presas (IIAP, 2006; Campos, 2001; Rebaza *et al.*, 1999).

#### 2.3.1. Condiciones medioambientales

El hábitat natural del paiche se encuentra en la cuenca del río Amazonas; cuya extensión es aproximadamente dos millones de km<sup>2</sup> (Carvajal-Vallejos *et al.*, 2011). Generalmente el pez habita en ecosistemas lenticos; es decir, los ríos de bajo caudal, lagunas poco profundas, aguas ácidas de color oscuro o ligeramente verduzco y presenta abundante vegetación acuática (Franco y Peláez, 2007; Rebaza *et al.*, 1999).

La disminución del nivel de oxígeno disuelto en el agua se debe a la utilización de la vegetación para su metabolismo; lo cual es una condición adversa hacia el pirarucú (Val & De Almeida-Val, 1995 citados por Carvajal-Vallejos *et al.*, 2011). Sin embargo, el animal presenta anatómicamente una vejiga natatoria ubicada en todo el techo de la cavidad abdominal; cuya finalidad permite almacenar el 90 por ciento de oxígeno requerido (Marques, 2003; Carvajal-Vallejos *et al.*, 2011). A continuación, en la tabla 3 se tiene variables limnológicas de un estanque de cultivo de paiche

**Tabla 3:** Variables limnológicas de un estanque de cultivo de paiche

PARÁMETROS	RANGO	PROMEDIO
Temperatura ambiental (C°)	23-32.8	28.4
Temperatura del agua (C°)	25.7-34.8	29.6
Transparencia	32-105	52.4
pH	5-9.5	6.5
Conductividad eléctrica (UMHos/CM)	10.2-33	19.3
Oxígeno disuelto (ppm)	4.5-10.6	8
Anhidro carbónico (ppm)	0-4	0.9

FUENTE: Rebaza et al. (1999)

## 2.4. Digestibilidad

La digestibilidad explica como la fracción del nutriente o energía proveniente del alimento ingerido; no es excretado en las heces (NRC, 1993). Es decir, es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento; el cual fue facilitado por el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición del animal (Au y Bidart, 1992). Además, el valor nutritivo de un alimento no depende sólo de su contenido en nutrientes; sino también de la capacidad del animal para digerirlos y absorberlos (Guillaume *et al.*, 2004).

### 2.4.1. Coeficiente de digestibilidad

El coeficiente de digestibilidad (CD) según Guillaume *et al.* (2004) cuantifica la digestibilidad. Así mismo, define de dos maneras teniendo en cuenta o no en el balance la presencia eventual de una posible fracción de origen endógeno en el desecho fecal (esencialmente en el caso de lípidos, aminoácidos y minerales).

De este modo, se define para un nutriente dado el CDA (coeficiente de digestibilidad aparente) y el CDR (coeficiente de digestibilidad real):

- Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA)

El CDA dependerá de la integración del estado fisiológico del pez y del nivel de ingesta. De esta manera, permite evaluar la aptitud del animal en retener o utilizar una ración alimenticia (Guillaume *et al.*, 2004).

$$CDA = (Ingesta - Fecal)/Ingesta$$

- Coeficiente de digestibilidad real (CDR)

Depende sobre todo de la naturaleza de la dieta y de las capacidades digestivas de la especie, permitiendo evaluar la aptitud del alimento para proveer al animal con el nutriente utilizable. De esta forma rutinaria se calcula el CDA ya que la determinación de la fracción endógena, reducida en un pez, es delicada. De otra manera, es la digestibilidad aparente menos la cuantificación de compuestos de origen metabólicos o endógenos; tales como los compuestos nitrogenados, lípidos y minerales que se mezclan en las heces (Bondi, 1989).

$$\text{CDR} = [\text{Ingesta} - (\text{Fecal} - \text{Fecal endógeno})] / \text{Ingesta}$$

#### 2.4.2. Métodos para determinar la digestibilidad in vivo

- **Método directo**

Según Bondi (1989) consiste en proporcionar al animal una cantidad de alimento conocido en estudio y de cuantificar la excreción fecal durante el periodo experimental. Para realizar este procedimiento, es necesario un periodo adaptativo previo por tres días de alimentación con el alimento a evaluar para que el aparato digestivo del animal quede libre de restos de comidas anteriores.

La desventaja con respecto a este método es la necesidad de recolectar la totalidad de materia fecal excretado por los peces, lo cual es muy difícil de lograr; además, presenta el inconveniente de que no todos los elementos excretados corresponden a los incorporados por la ración diaria de alimento (Choubert *et al.*, 1979).

- **Método indirecto**

Este método fue desarrollado para evitar problemas de recolección total de excretas usando un marcador inerte no digerible que se incorpora al alimento (Manríquez, 1993). Este marcador ideal debe cumplir las siguientes características: «a) ser absolutamente inerte, sin ningún efecto comportamental o fisiológico en el animal; b) no ser absorbido, ni metabolizado; c) no influir en los fenómenos de absorción, de secreción, de digestión, ni en la motilidad gastrointestinal» (Guillaume *et al.*, 2004). Para la realización de los experimentos existen muchos marcadores inertes externos que pueden ser utilizados; los más importantes son: óxido de cromo (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), óxido de Itrio (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), óxido de lantano (La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>), dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), óxido de iterbio (Yb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), polietileno, Celite, Sipernat y el microtraza Fe-Ni (Calderon, 2010) y marcadores inertes internos como

ceniza insoluble en ácido y lignina (Vandenberg y De la Noüe, 2001; Goddard y Mclean, 2001).

Una de las desventajas del método indirecto es la lixiviación que sufren las heces al estar en contacto con el agua. Para realizar todos los procedimientos es necesario que todas las muestras sufran el mismo grado de lixiviación; así los resultados continuarán siendo Válidos (Remicio, 2016).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución y duración de la fase experimental**

El desarrollo del experimento se ejecutó por un periodo de 30 días en las instalaciones del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC) del Departamento Académico de Nutrición, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). La elaboración del alimento experimental fue realizada en la Planta de Alimentos Balanceados del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos (PIPS) de la Facultad de Zootecnia. Por otro lado, el análisis químico proximal de las dietas y heces fue realizado en La Molina Calidad Total Laboratorios; y el análisis de Energía bruta en el Instituto de Investigación Nutricional (IIN). Por último, el análisis de óxido de cromo se realizó en el Laboratorio de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) del Departamento de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

#### **3.2. Instalaciones, equipos y materiales**

El Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos (LINAPC) cuenta con un sistema moderno de recirculación de agua que permite el control eficiente de la calidad de agua y filtración de contaminantes biológicos y físicos para las especies que se encuentren en evaluación. El laboratorio cuenta con dos acuarios de adaptación. Además, para realizar la investigación se utilizaron 9 acuarios de digestibilidad con las siguientes especificaciones: Acuario tipo Guelph elaborado con fibra de vidrio, de color blanco, liso externamente e internamente, frontis de vidrio de 6 mm de grosor; capacidad para 54 litros con medidas de 45 cm. de ancho, 45 cm. de profundidad, 55 cm altura y base en plano inclinado (ángulo 13°) para realizar la colección de las heces (Anexo II).

Durante el manejo de los alevines de paiche se utilizaron placas Petri, mallas metálicas de 100  $\mu\text{m}$ , una balanza de precisión (4500 g de capacidad y 0.01 g de precisión) utilizada para el pesaje del alimento suministrado y heces recolectadas; así como envases de plástico, estufa para secado de las heces colectas y un refrigerador para su posterior almacenamiento. Además, se utilizaron instrumentos (ver tabla 6) para medir la calidad de agua (conductividad eléctrica, temperatura, oxígeno disuelto, pH, dureza, nitrito y nitrógeno amoniacal).

### **3.3. Animales experimentales**

Se utilizaron 18 alevines de paiche con un peso promedio de 237 g adquiridos del Fundo Palmeiras de la Empresa Silver Corporation S.A.C. en el Distrito de Rio Negro, provincia de Satipo, región Junín. Los peces fueron recepcionados en dos acuarios de adaptación donde permanecieron por tres días. Luego fueron distribuidos aleatoriamente en nueve acuarios de digestibilidad, con tres alevines por acuario. Por último, cada acuario representa una unidad experimental.

### **3.4. Ingredientes evaluados**

Los ingredientes evaluados por el LENA fueron harinilla de trigo y polvillo de arroz. Ambos son ingredientes energéticos:

Harinilla de trigo (nutrientes en base fresca): Materia seca de 89.40 %, proteína cruda de 18.00 %, extracto etéreo de 5.10 %, ceniza de 4.10 %, extracto libre de nitrógeno de 54.40 % y energía bruta de 3.79 Mcal/kg.

Polvillo de arroz (nutrientes en base fresca): Materia seca de 86.70 %, proteína cruda de 14.00 %, extracto etéreo de 15.60 %, ceniza de 8.70 %, extracto libre de nitrógeno de 43.00 % y energía bruta de 4.33 Mcal/kg.

### **3.5. Dietas experimentales**

Se evaluaron tres dietas denominadas tratamientos con tres repeticiones cada una; la cual son las siguientes:

Dieta de Referencia: Contiene 99.5 por ciento de dieta estándar y 0.5 por ciento de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ).

Dieta Prueba 1: Contiene 59.5 por ciento de Dieta Estándar, 40 por ciento de Harinilla de Trigo y 0.5 por ciento de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ).

Dieta Prueba 2: Contiene 59.5 por ciento de Dieta Estándar, 40 por ciento de Polvillo de Arroz, y 0.5 por ciento de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ).

En las tablas 4, 5, 6 y 7 muestran la preparación de las dietas experimentales a utilizar.

### **3.6. Preparación de las dietas**

Los ingredientes fueron molidos hasta obtener un tamaño de partícula de 300 a 400  $\mu\text{m}$  promedio con el fin de disminuir la disgregación al mezclarlo con el óxido de cromo. Se preparó la premezcla utilizando como vehículo la torta de soya, la mezcla de los ingredientes se realizó por 5 – 7 minutos.

Se realizó la mezcla de 20 kg de dieta estándar (también llamado dieta comercial; cuyo contenido es el requerimiento nutricional del pez que se obtuvo de las investigaciones en el LINAPC) de paiches en alevines y se dividió en dos partes, cada una de 10 kg. Para obtener la dieta referencia se reemplazó el 0.5 por ciento de la mezcla estándar por óxido de cromo en el mismo porcentaje. Para obtener la dieta prueba 1 se reemplazó el 40.5 por ciento de la mezcla estándar por 0.5 por ciento del óxido de cromo y 40 por ciento de harinilla de trigo. Para obtener la dieta prueba 2 se reemplazó el 40.5 por ciento de la mezcla estándar por 0.5 por ciento del óxido de cromo y 40 por ciento de polvillo de arroz. A las tres dietas se les agregó humedad con agua caliente, lográndose una mezcla húmeda que se hizo pasar de forma directa por la prensa de la peletizadora con molde de 2 mm. Obtenidos los pellets se llevaron a secar en una estufa eléctrica a 60 °C durante 30 minutos.

Una vez secos los pellets, se tamizaron para eliminar el polvillo y los pellets quebrados, obteniendo pellets de 2 mm de diámetro y 3 a 4 mm de longitud. Los pellets se colocaron en frascos debidamente rotulados y se almacenaron en un ambiente adecuado, hasta su posterior uso.

A continuación, se muestran la tabla 4 sobre fórmula y valor nutricional de la dieta referencia (DR) y la tabla 5 sobre fórmula de la premezcla de vitaminas, minerales y aditivos.

**Tabla 4:** Fórmulas y valor nutricional de la dieta referencia (DR)

<b>Ingredientes (%)</b>	<b>Dieta de referencia</b>
Harina de pescado prime, 66	71.86
Torta de soya, 46	19.91
Aceite crudo de soya	6.80
Ligante	0.80
Premezcla vitaminas y minerales	0.30
Cloruro de colina, 60%	0.10
Oxido de cromo	0.50
Total	100
<b>Contenido nutricional estimado</b>	
Materia seca (%)	91.48
Proteína (%)	56.56
Fibra (%)	1.40
Grasa (%)	14.18
ED (Mcal/kg)	4.42
Lisina (%)	4.41
Metionina (%)	1.61
Cistina (%)	0.60
Arginina (%)	3.52
Treonina (%)	2.45
Triptófano (%)	0.69
Met + Cist (%)	2.18
Fen + Tir (%)	4.45
Ac. Gs. N-3 (%)	3.21
Ac. Gs. N-6 (%)	3.18
Fosf. Total (%)	1.89
Calcio (%)	2.74
Sodio (%)	0.79
Prot. Dig	52.24

**FUENTE:** Vergara *et al.* (2016a y 2016b)

**Tabla 5:** Formula de la premezcla de vitaminas, minerales y aditivos

<b>Nutriente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Vitamina A	14 000 000	UI
Vitamina D3	2 800 000	UI
Vitamina E	140 000	UI
Tiamina (B1)	18.000	g
Riboflavina (B2)	20.000	g
Niacina	150.000	g
Ácido pantoténico	50.000	g
Piridoxina (b6)	15.000	g
Biotina	0.800	g
Ácido fólico	4.000	g
Ácido ascórbico	600.000	g
Vitamina B12	0.030	g
Cloruro de Colina	600.000	g
Manganeso	40.000	g
Hierro	20.000	g
Zinc	20.000	g
Cobre	1.500	g
Yodo	1.500	g
Selenio	0.300	g
Cobalto	1.150	g
Antioxidante	120.000	g
Excipientes c.s.p	3000.000	g

3 kg de premezcla por 1 Tn de alimento

**FUENTE:** DSM Nutritional Products Peru S.A. (2014)

La tabla 5 se aplica para la dieta referencia, dieta prueba con harinilla de trigo y dieta prueba con polvillo de arroz.

### **3.7. Procedimiento experimental**

La determinación de los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) para la materia seca, proteína, extracto etéreo y energía digestible son para harinilla de trigo y polvillo de arroz. Así mismo, para determinar estos coeficientes se utilizó el método de digestibilidad indirecta usando un marcador inerte como es el óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) en las dietas pruebas y referencia. También, cada acuario de digestibilidad contiene dos alevines de paiches; así mismo, se consideró como una unidad experimental. Entonces, de las 9 unidades experimentales (U.E) se ofreció a tres U.E la dieta referencia, a otras tres U.E la dieta prueba harinilla de trigo y a las tres últimas U.E disponibles fue para la dieta prueba polvillo de arroz.

#### **3.7.1. Recepción de los peces alevines**

En la recepción de los alevines de paiche fueron colocados en dos acuarios de adaptación con una capacidad de cada uno de 120 litros. El periodo de adaptación tuvo una duración de siete días. El primer día no se le proporcionó alimento debido al estrés del viaje. Desde el segundo día hasta el séptimo día se suministró al pez la dieta estándar tres veces al día a punto de saciedad.

#### **3.7.2. Adaptación a las dietas**

La adaptación de los peces a las dietas (referencia, prueba harinilla de trigo y prueba polvillo de arroz) se realizó durante tres días. En ese tiempo se realizó la eliminación de excretas y residuos de alimentos. A partir del cuarto día se inició la colección de excretas.

#### **3.7.3. Suministro de dietas**

Al cuarto día, se ofreció alimento a los peces a las 17:00 horas y en los siguientes días en las mañanas a las 8:00 horas y en las tardes a las 17:00 horas. Además, para poder asegurar que todo el alimento ofrecido sea ingerido por los peces, se suministró grano por grano para asegurar que todo el alimento ofrecido sea ingerido por los alevines.

#### **3.7.4. Colección y manejo de heces**

En el cuarto día se inició la recolección de las heces desde las 16:00 horas hasta las 17:00 horas. Así mismo, una hora después de la última alimentación cada acuario fue sometido a limpieza con el fin de eliminar del sistema los residuos de alimento y heces; para lo cual un tercio del agua contenido en cada acuario fue vaciado. En los días siguientes en las mañanas

desde las 7:00 horas hasta las 8:00 horas y en las tardes desde las 16:00 horas hasta las 17:00 horas.

Las excretas sedimentadas fueron extraídas cuidadosamente del sistema de colección de heces del acuario para luego pasar por un proceso de filtración mediante un tubo de pvc con una malla de 100  $\mu\text{m}$ . Posteriormente, fue depositado en placas Petri con el objetivo de eliminar las escamas. Por último, se secó las excretas en una estufa a 65°C por seis horas con la finalidad de reducir la humedad e inmediatamente fueron congeladas a -15°C. Cada acuario o unidad experimental recolecto 15 g de excreta para la realización de los análisis en el laboratorio.

### **3.8. Análisis en el laboratorio**

Se realizó el Análisis químico proximal (AQP) para determinar la composición nutricional de las dietas mediante la metodología AOAC 2002 (934.01 para humedad, 954.02 para grasa y 954.01 para proteína). La energía bruta fue determinada por cálculos MS-INN Collazos (1993) para la dieta referencia (tratamiento 1); mientras que las dietas pruebas (tratamiento 2 y 3) fueron determinados por el método ASTM D-2015-66 (1972) en el Instituto de Investigación Nutricional (IIN). También se determinó la concentración del óxido de cromo en las dietas y heces en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF). Además, la energía bruta para las excretas utilizo el método ASTM D-2015-66 (1972) en el IIN. Por último, se determinó el AQP en las heces con los métodos AOAC 2005 (984.13 para proteína cruda, 950.46 para humedad y 2003.05 extracto etéreo).

### **3.9. Calidad de agua**

El agua potable proveniente de la red pública del Distrito de La Molina sirve como materia para el sistema de recirculación del LINAPC. Además, para mantener la calidad del agua en los acuarios se procedió la limpieza de los acuarios, filtros y recambio del 20 por ciento de agua del sistema. Así mismo, se utilizó equipos de medición y kits colorimétricos para evaluar la calidad del agua. En la Tabla 6 se especifica la metodología de control de parámetros ambientales. Además, en la Tabla 7 se puede apreciar los resultados de las mediciones de los parámetros de calidad del agua durante el experimento.

**Tabla 6:** Metodología de control de parámetros ambientales

Parámetros	Metodología
Temperatura en el acuario (°C)	La temperatura de los acuarios se midió con un conductímetro de la marca Hanna Instruments con una sensibilidad de 0.1°C.
Temperatura ambiental (°C)	La temperatura ambiental se midió con un termómetro electrónico de la marca Sper Scientific con una precisión de 1°C.
Oxígeno disuelto (mg/l)	Se utilizó un oxímetro de la marca PinPoint II con un rango de medición de 0 - 20 mg/l.
Potencial de hidrógeno (ph)	Se utilizó un ph-metro PhTestr 10 de la marca Waterproof con un rango de medición de 1 - 10 pH y con una precisión de 0.1 pH.
Conductividad eléctrica (mS)	Se utilizó un conductímetro de la marca Hanna Instruments con una sensibilidad de 0.01 mS.
Nitrógeno amoniacal (mg/l)	Se utilizó un Kit colorimétrico Ammonia Nitrogen Test de la marca Hanna Instruments con una sensibilidad de 0.01 mg/l.
Nitrito (mg/l)	Se utilizó un kit colorimétrico Nitrit (NO <sub>2</sub> ) de la marca Sera que indica 5 valores de nitritos respectivamente: 0.3 mg/l, 0.9 mg/l, 1.6 mg/l, 3.3 mg/l y 16.5 mg/l.
Dureza (ppm)	Se utilizó un kit colorimétrico Hardness Liquid Vers de la marca LaMotte con un rango de medición de 0 - 200 ppm y con una sensibilidad de 4 ppm.

La temperatura del agua registrada en los acuarios durante la fase experimental tuvo en promedio 28° C, encontrándose dentro del rango recomendado (23 a 32.8° C) por Rebaza *et al.*, (1999). Además, los peces que habitan en aguas tropicales (25 a 32° C) tiene un mayor crecimiento (Da Costa *et al.*, 2010).

**Tabla 7:** Parámetros de calidad del agua durante el periodo experimental

Parámetro	Unidad	Equipo	Periodicidad	Lugar de muestreo	Promedio
Temperatura acuario	°C	Termómetro Hanna Instruments	2 veces por semana	Acuarios de digestibilidad	27.8
Temperatura atmosférica	°C	Termómetro Spers Scientific	2 veces por semana	Acuarios de digestibilidad	22.3
Oxígeno disuelto	mg/L	Oxímetro Pinpoint II	2 veces por semana	Acuarios de digestibilidad	7.3
pH		pHmetro Waterproof	2 veces por semana	Acuarios de digestibilidad	7.4
Dureza	ppm	Kit colorimétrico La Motte	2 veces por semana	Tanque sumidero	183
Conductividad eléctrica	mS	Conductímetro Hanna Instruments	2 veces por semana	Acuarios de digestibilidad	3.2
Nitritos	mg/L	Kit colorimétrico Nitrit-Test	2 veces por semana	Tanque sumidero	< 0.9
Nitrógeno amoniacal	mg/L	Kit colorimétrico La Motte	2 veces por semana	Tanque sumidero	< 0.3

### 3.10. Monitoreo de la calidad de agua durante la evaluación

Los parámetros de calidad de agua observados durante el desarrollo del experimento se encuentran en la tabla 7. El oxígeno disuelto del agua registrado en los acuarios durante la fase experimental tuvo en promedio 7.3 mg/L. Este resultado es superior al mínimo recomendado por Dal (2015), quien menciona que para preservar la vida acuática se requiere un mínimo de 5.0 mg/L de oxígeno disuelto. Además, valores cercanos a 7.2 mg/L de oxígeno disuelto favorece la crianza de los paiches (Dos Santos-Cipriano *et al.*, 2015). Sin embargo, IIAP (2006) menciona que el pirarucú al poseer sacos de aire, le permite respirar aire atmosférico en ambientes acuáticos pobres de oxígeno.

El pH del agua registrado en los acuarios durante la fase experimental tuvo en promedio 7.4, encontrándose dentro del rango recomendado (5 a 9.5 [H]<sup>+</sup>) por Rebaza *et al.*, (1999) y por Franco y Pelaez (2007) quien sugiere que los parámetros adecuados para el pH del agua

están entre 6.5 a 8 [H]<sup>+</sup>. Por otra parte, valores cercanos a 5.8 [H]<sup>+</sup> sería adecuado para los paiches según Akifumi *et al.*, (2008).

Los valores de los parámetros del agua en los acuarios medidos como la dureza (promedio 183 ppm), la conductividad eléctrica (promedio 3.15 mS), el nitrógeno amoniacal (< 0.3 mg/L) y nitrito (< 0.1 mg/L); permanece dentro del rango sugerido para las especies de peces tropicales (Kubitza, 2003).

### **3.11. Cálculo del coeficiente de digestibilidad aparente de los nutrientes y energía de las dietas harinilla de trigo y polvillo de arroz.**

El coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) estima cuanto de lo que consume el animal lo absorbe; en función de las dietas, excretas y el marcador Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Ecuación para la determinación del coeficiente de digestibilidad aparente en las dietas formuladas (Cho et al., 1982).

$$CDA (d) = 100 - \left( 100 * \left( \frac{\%Cr_2O_3 d}{\%Cr_2O_3 h} \right) x \left( \frac{\%N h}{\%N d} \right) \right)$$

Donde:

CDA (d): Coeficiente de digestibilidades aparente de los nutrientes o energías digestibles de la dieta referencia y prueba.

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> d: Porcentaje de óxido crómico en la dieta.

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> h: Porcentaje de óxido crómico en las heces.

N d: Porcentaje de nutriente o energía digestible en la dieta.

N h: Porcentaje de nutriente o energía digestible en las heces.

Ecuación para la determinación del coeficiente de digestibilidad aparente en los ingredientes (Pezzato et al., 2004)

$$CDA (ing) = \frac{CDA_{dp} - b * CDA_{dr}}{a}$$

Donde:

CDA (ing): Coeficiente de digestibilidad aparente de los nutrientes o energía digestible del ingrediente de prueba.

CDA (dp): Coeficiente de digestibilidad aparente de los nutrientes o energía digestible de la dieta prueba.

CDA (dr): Coeficiente de digestibilidad aparente de los nutrientes o energía digestible de la dieta de referencia.

a: Porcentaje del ingrediente de prueba.

b: Porcentaje de la dieta de referencia.

### **3.12. Cálculo de la digestibilidad de nutrientes y energía digestible en la harinilla de trigo y polvillo de arroz**

Los resultados que se obtendrán del análisis proximal (base seca) tanto en la harinilla de trigo como en el polvillo de arroz y de los coeficientes de digestibilidad de los ingredientes pruebas (harinilla de trigo y polvillo de arroz) serán utilizados para determinar el valor de digestibilidad de los nutrientes y energía digestible.

$$D = (\% N) * (CDA_{Ing})$$

Donde:

D: Valor de la energía digestible o de los nutrientes (materia seca, proteína, extracto etéreo, etc) para el ingrediente prueba a utilizar.

% N: Valor de los nutrientes o de la energía bruta en base seca tomado por el análisis químico proximal de los ingredientes pruebas.

CDA<sub>ing</sub>: Coeficiente de digestibilidad aparente para la energía o de los nutrientes obtenidos de los ingredientes pruebas.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Coeficientes de digestibilidad aparente de la harinilla de trigo y el polvillo de arroz

Los resultados de Coeficientes de Digestibilidad Aparente (CDA) de la materia seca para harinilla de trigo y polvillo de arroz se presentan en la Tabla 8, Anexo XXII y XXIII. Se observa que el CDA de la materia seca para el polvillo de arroz ( $52.58 \pm 0.08$  por ciento) y para la harinilla de trigo ( $43.25 \pm 0.23$  por ciento) son parecidos a lo encontrado por Dos Santos-Cipriano *et al.* (2015) quienes mencionan que el CDA de la materia seca del salvado de trigo y salvado de arroz fue de  $45.13 \pm 0.80$  y  $46.23 \pm 2.79$  por ciento respectivamente. Sin embargo, estos cuatro resultados son inferiores comparado con los resultados de esta misma publicación del 2015; quienes trabajando con paiche encontraron que el CDA de la materia seca del almidón de maíz y la harina de maíz fue de  $70.66 \pm 2.54$  y  $76.37 \pm 0.42$  por ciento respectivamente. Esto puede ser posible por la fisiología digestiva del pez *Arapaima gigas* como carnívoro que obtiene una baja digestibilidad en ingredientes con contenido de fibra bruta (F.B) como ocurre con H.T (8.0 por ciento F.B), salvado de trigo (11.1 por ciento F.B), salvado de arroz (7.8 por ciento F.B); mientras que para P.A (0.1 por ciento F.B) es más por factores antinutricionales que por contenido de fibra en comparación con el maíz que tiene 2.1 por ciento F.B y un CDA de 71.00 por ciento mencionado por FEDNA (2019), Ruíz (2008) y Ochoa (2020).

Por otro lado, comparando los resultados con otras especies carnívoras de cultivo como la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) se puede encontrar valores diferentes a los presentados. Por ejemplo, Gaylord *et al.* (2008) encuentran que el CDA de la materia seca para la harinilla de trigo y el salvado de arroz fue de 37 y 54 por ciento, respectivamente. Aquí es muy probable como menciona Remicio (2016) que las truchas al ser de la familia de los salmónidos su requerimiento es menos afín a la fibra; debido a esto, se obtiene valores bajos de CDA para las truchas en este experimento del 2008.

El coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína para harinilla de trigo se presenta en la Tabla 8 e indica como resultado  $85.61 \pm 0.03$  por ciento; mientras que, para polvillo de

arroz fue  $76.01 \pm 0.07$  por ciento ubicado también en la Tabla 8. Ambos resultados en CDA de la proteína son inferiores comparado con el almidón de maíz ( $90.94 \pm 3.5$  por ciento) y harina de maíz ( $93.44 \pm 3.44$  por ciento); y superiores comparado con salvado de trigo ( $68.58 \pm 2.25$  por ciento) y salvado de arroz ( $68.23 \pm 6.27$  por ciento) mencionado por Dos Santos-Cipriano *et al.* (2015). Con respecto a estos valores, Campagnoli y Machado (2006) informan que para las especies carnívoras tendrán mejores digestibilidades en ingredientes proteicos con bajos niveles de fibra. Es por este motivo que Gaylord *et al.*, (2008) encuentran que los valores en CDA de la proteína para truchas son menores a los presentados: harinilla de trigo (68.00 por ciento) y salvado de arroz (64.00 por ciento). No obstante, la investigación realizada por Cheng y Hardy (2002), demuestra en truchas que la adición de fitasas de origen microbiano puede mejorar la digestibilidad, llegando hasta 98.5 por ciento el CDA de la proteína en la harinilla de trigo. Así mismo, Gonçalves y Carneiro (2003) trabajando en otras especies como la doncella (*Pseudoplatystoma coruscans*) determinaron que el coeficiente de digestibilidad aparente para la proteína en salvado de trigo fue 49.47 por ciento y para salvado de arroz fue 44.21 por ciento; lo cual indican ser inferiores a lo encontrado en esta investigación.

El coeficiente de digestibilidad aparente del extracto etéreo para harinilla de trigo se presenta en la Tabla 8 e indica como resultado  $85.59 \pm 0.01$  por ciento; mientras que, para polvillo de arroz fue  $86.42 \pm 0.05$  por ciento ubicado también en la Tabla 8. Otras especies como *Cyprinus carpio l.*, presenta el CDA del extracto etéreo del salvado de trigo con 82.01% (Degani, 2006); mientras que para el polvillo de arroz en *Labeo rohita* según el investigador Salim *et al.* (2004), encuentra que el CDA del extracto etéreo es 38.38%. Asimismo, Furuya *et al.* (2001), en juveniles de tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*), encontraron que el coeficiente de digestibilidad aparente del extracto etéreo para la harina de trigo es 75.98%. Por otro lado, Pezzato *et al.* (2002), investigando en la misma especie (tilapia de Nilo), encontraron que el CDA para la harina de trigo es 67.37% y para la harina de arroz es 57.47%.

**Tabla 8:** Contenido nutricional y digestibilidad de la harinilla de trigo y polvillo de arroz (base seca)

Contenido nutricional y Energía bruta	Harinilla de trigo	Polvillo de arroz
Materia Seca (%)	100.00	100.00
Proteína (%)	20.13	16.15
Extracto etéreo (%)	5.70	17.99
Energía Bruta (Mcal/Kg)	4.24	4.99
Coeficientes de digestibilidad aparente		
Materia Seca (%)	43.25 ± 0.23	52.58 ± 0.08
Proteína (%)	85.61 ± 0.03	76.01 ± 0.07
Extracto etéreo (%)	85.59 ± 0.01	86.42 ± 0.05
Energía Bruta (%)	49.75 ± 0.18	65.45 ± 0.04
Nutrientes Digestibles por 100g MS		
Materia Seca (g)	43.25	52.58
Proteína (g)	17.24	12.27
Extracto etéreo (g)	4.88	15.55
Energía Digestible (Mcal/Kg) en base seca	2.11	3.27

#### 4.2. Energía digestible de la harinilla de trigo y del polvillo de arroz

La energía digestible (ED) de la harinilla de trigo y el polvillo de arroz se presenta en el Anexo XXV. Los resultados registran un valor de 2.11 y 3.27 Mcal/Kg en base seca, respectivamente. El trabajo realizado por Dos Santos-Cipriano *et al.* (2015) en paiches muestra un menor valor de ED para el salvado de arroz (2.15 Mcal/Kg) comparado con el polvillo de arroz. Por otro lado, el valor de ED para el salvado de trigo (2.04 Mcal/Kg) es menor comparado con la harinilla de trigo y polvillo de arroz. De la misma manera, otra presente investigación informado por Gonçalves y Carneiro (2003) trabajando con el bagre rayado (*Pseudoplatystoma coruscans*), encuentran que la ED para la harina de trigo es 2.27 Mcal/Kg y para la harina de arroz es 2.33 Mcal/Kg; siendo ambos valores superiores a la harinilla de trigo e inferiores al polvillo de arroz.

## V. CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación bajo las condiciones en las que se realizó, se estableció las siguientes conclusiones:

- El coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca, proteína, extracto etéreo y energía bruta obtenido para la harinilla de trigo en el paiche son de 43.25, 85.61, 85.59 y 49.75 por ciento, respectivamente.
- El contenido de energía digestible para la harinilla de trigo en el paiche es 2.11 Mcal/kg en base seca.
- El coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca, proteína, extracto etéreo y energía bruta obtenido para el polvillo de arroz en el paiche son de 52.58, 76.01, 86.42 y 65.45 por ciento, respectivamente.
- El contenido de energía digestible para el polvillo de arroz en el paiche es 3.27 Mcal/kg en base seca.

## **VI. RECOMENDACIONES**

A partir del presente trabajo de investigación se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda utilizar los valores de digestibilidad de nutrientes obtenidos de la harinilla de trigo y polvillo de arroz en la formulación de alimentos balanceados para alevines de paiche.
- Se recomienda utilizar el valor de 1.89 Mcal ED/Kg de harinilla de trigo en base fresca referido a 89.40 por ciento de materia seca en la formulación de alimentos balanceados para alevines de paiche.
- Se recomienda utilizar el valor de 2.84 Mcal ED/Kg de polvillo de arroz en base fresca referido a 86.70 por ciento de materia seca en la formulación de alimentos balanceados para alevines de paiche.
- Se recomienda realizar pruebas para determinar los valores óptimos de inclusión de la harinilla de trigo y polvillo de arroz en dietas comerciales para paiche.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Akifumi, E., Santiago, E., Campos, J., Pereira, M. & Roubach, R. (2008). Digestibilidad aparente de dietas prácticas com diferentes relações energia:proteína em juvenis de pirarucu. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 43(2), 249 - 254.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000200014>
- Alamo, J.L., Bustos, C.O. & Diaz, H. (1997) Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de aceite comestible a partir del polvillo de arroz [Tesis de Pre Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional – Universidad Nacional Agraria La Molina.
- AOAC. (2005). Official Methods of Analysis. (18th Edition).
- AOAC. (2002). Official Methods of Analysis. (16<sup>th</sup> Edition).
- Au, N., Bidart, J. (1992). Manual de harina de pescado. Compañía pesquera San Pedro S.A.C.I. Coronel, Chile. 56 pp.
- Bondi, A. (1989). Nutrición Animal. España. Editorial Acribia. 572 pp.
- Calderon, R.C. (2010) Evaluación de la digestibilidad y desempeño en salmón del atlántico salmo salar (LINNAEUS, 1758), utilizando dietas con diferentes niveles de proteína [Tesis de Pre Grado, Universidad Austral de Chile].  
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bpmfpc146e/doc/bpmfpc146e.pdf>
- Campagnoli, P. & Machado, D. (2006). Coeficientes de digestibilidad aparente de ingredientes para juvenis de jundia. *R.Bras. Zootec.* 35(4): 1581-1587.  
<https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000600002>
- Campos, L. (2001). Historia biológica del paiche o pirarucú *Arapaima gigas* (Cuvier) y bases para su cultivo en la Amazonía Iquitos - Perú. Instituto de investigación de la Amazonía [Versión Dx. Reader]. Recuperado de  
<http://www.iiap.org.pe/Archivos/Publicaciones/ArapaimaGigasHist.pdf>

- Carvajal-Vallejos, F.M., Van Damme, P.A., Cordova, L. & Coca, C. (10 de octubre de 2021). Introducción de *arapaima gigas* (paiche) en la amazonía boliviana. <http://www.faunagua.org/biblioteca/3Cap15.pdf>
- Cheng, Z.J. & HARDY, R.W. (2002). Effect of microbial phytase on apparent nutrient digestibility of barley, canola meal, wheat and wheat middlings, measured in vivo using rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 8(4), 271-277. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2002.00219.x>
- Choubert, G., De La Noue, J. & Luquet, P. (1979). Un nouveau collecteur automatique quantitatif de feces de poissons [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <https://www.kmae-journal.org/articles/kmae/pdf/1983/05/kmae198328804.pdf>
- Cho, C., Slinger, S. & Bayley, H. (1982). Bioenergetic of salmonid fishes: energy intake, expenditure and productivity. *Comparative Biochemistry and Physiology* 73B: 25-41.
- Collazos, C. (1993). La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. (6ta edición). Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Nutrición.
- Da Costa., Gabriel, F., Pontini, F., Favoreto, E., Moreira, D. & Alves, A. (2010). Monitoramento da qualidade da água de um viveiro de cultivo de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). (en línea). Recuperado de [http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2011/anais/arquivos/RE\\_0521\\_1119\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2011/anais/arquivos/RE_0521_1119_01.pdf)
- DAL, G. (2015). Adaptações respiratórias em peixes: os efeitos das vantagens evolutivas sobre o sucesso de espécies em ambientes extremos. (en línea). Recuperado de <https://gia.org.br/portal/adaptacoes-respiratorias-em-peixes-os-efeitos-das-vantagens-evolutivas-sobre-o-sucesso-de-especies-em-ambientes-extremos/>
- Degani, G. (2006). Digestible energy in dietary sorghum, wheat bran, and rye in the common carp (*Cyprinus carpio L*). (en línea). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/259932728\\_Digestible\\_energy\\_in\\_dietary\\_sorghum\\_wheat\\_bran\\_and\\_rye\\_in\\_the\\_common\\_carp\\_Cyprinus\\_carpio\\_L](https://www.researchgate.net/publication/259932728_Digestible_energy_in_dietary_sorghum_wheat_bran_and_rye_in_the_common_carp_Cyprinus_carpio_L)
- Dos Santos-Cipriano, F. (2015). Apparent digestibility of energetic ingredients by pirarucú juveniles, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). (en línea). Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/lajar/v43n4/art18.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2016. El estado mundial de la pesca y la acuicultura: contribución a la seguridad alimentaria y la

nutrición para todos [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <https://www.fao.org/3/i5798s/i5798s.pdf>

FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). (13 de septiembre de 2021). Harinillas de trigo (30% de almidón).

[http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/harinillas-de-trigo-40-almid%C3%B3n-actualizado-nov-2011](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harinillas-de-trigo-40-almid%C3%B3n-actualizado-nov-2011)

Franco, H.H. & Pelaez, M. (2007). Cría y producción de pirarucú en cautiverio. Experiencias en el Piedemonte Caqueteño. (en línea). Recuperado de <http://apps.udla.edu.co/documentos/docs/ViceRectoria%20de%20Investigaciones%20y%20Posgrados/Publicaciones/Libros/Manual%20pirarucu.pdf>

Furuya, W.M., Pezzato, L.E., Carvahó, E., Barriviera, V.R. & Barros, M.M. (2001). Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e nutrientes alguns ingredientes pela tilapia-do-nylo, *Oreochromis niloticus* (L.) (linhagem tailandesa). Acta Scientiarum, 23(2), 463 – 469. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v23i0.2701>

Gaylor, T.G., Barrows, F.T. & Rawles, S.D. (2008). Apparent digestibility of gross nutrients from feedstuffs in extruded feeds for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of the world aquaculture society. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00220.x>

Goddard, J.S. & Mclean, E. (2001). Acid-insoluble ash as an inert reference material for digestibility studies in tilapia, *Oreochromis aureus*. Aquaculture. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00499-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00499-3)

Gómez, G., Alvarado, F., Chamorro, J. & Maner, J. (1978). Utilización de las puliduras (polvillo) de arroz en raciones para cerdos en crecimiento y acabado. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. p. 26.

Gonçalves, E. & Carneiro, D. (2003). Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). Revista brasileira de zootecnia. 32(4): 779-786. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000400001>

Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P. & Métailler, R. (2004). Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Madrid, ES. Editorial Mundi-Prensa.

Hertrampf, J. & Piedad-Pascual, F. (2012). Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. Springer Science & Business Media.

- Hertrampf, J. & Piedad-Pascual, F. (2000). Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. Ed. Kluwer Academic Publishers. Holanda. 573 p.
- IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana). (2006). Paiche el gigante del amazonas: Aspectos generales sobre la biología del paiche [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://www.iiap.org.pe/upload/Publicacion/L031.pdf>.
- Kubitza, F. (2003). Qualidade da gua no cultivo de peixes e camarões. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/312654529\\_Qualidade\\_da\\_agua\\_no\\_cultivo\\_de\\_peixes\\_e\\_camaroes](https://www.researchgate.net/publication/312654529_Qualidade_da_agua_no_cultivo_de_peixes_e_camaroes)
- LASPAF (Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes, PE). (2016). Determinación de concentración de óxido de cromo. Lima, Perú.
- LENA (Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos, PE). (2016). Análisis químico proximal.
- Manríquez, J. (1993). La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos – Su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S08.htm#ch8>
- Marchán, A. (2019). Determinación del requerimiento de energía del sábalo cola roja (*Brycon erythropterus*) [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional – Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Mcdonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C., Sinclair, L. & Wilkinson, R. (2011). Nutrición Animal. Edición 7. Zaragoza, España, Editorial Acribia.
- Mcdonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J. & Morgan, C. (1995). Nutrición Animal. Ed. Acribia. Zaragoza. España. 571 p.
- NRC (National Research Council, U.S.). (2011). Nutrient requirements of fish and shrimp. 335p
- NRC (National Research Council, U.S.). (1993). Committee on animal nutrition board on agriculture. Nutrient Requirements of Fish. (en línea). Recuperado de [https://www.bouillettes-dependance-baits.com/res/site19627/res588041\\_nutriments.pdf](https://www.bouillettes-dependance-baits.com/res/site19627/res588041_nutriments.pdf)
- Ochoa, D. (2020). Digestibilidad de nutrientes y energía digestible del maíz (*Zea mays*) en juveniles de paiche (*Arapaima gigas*) [Tesis de Pre Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4559/ochoa-orihuela-david-trinidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Othon, S. (1996). Química, Almacenamiento e Industrialización de los cereales. 1ra Edición. Ed. AGT, SA. Monterrey, México. 521 p.

Pezzato, L.E., Carvalho, E., Barros, M., Matssumitu, W. & Quintero, L.G. (2004). Digestibilidade aparente da la materia seca e da proteína bruta e a energia digestivel de alguns alimentos alternativos pela tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Acta scientiarum. Animal sciences, 29(3), 329 - 337. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v26i3.1798>

Pezzato, L.E., Miranda, E.C., Barros, M.M., Quintero, L.G., Furuya, W.M. & Pezzato, A.C. (2002). Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilapia do nilo (*Oreochromis niloticus*). Rev. Bras. Zootec. 31(4), 1595 - 1604. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000700001>

PRODUCE (Ministerio de la producción). (2020). Anuario estadístico pesquero y acuícola [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oe-documentos-publicaciones/publicaciones-anales/item/1001-anuario-estadisticoo-pesquero-y-acuicola-2020>

Rebaza, M., Alcántara, F. & Valdivieso, M. (1999). Manual de piscicultura del paiche [Versión Dx. Reader]. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-ak492s.pdf>

Reis, R.E., Kullander, S.O. & Ferraris, C.J. (2003). Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America: Family Arapaimatidae (en línea). Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=9tiDHzxf9QC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=9tiDHzxf9QC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Remicio, A. (2016). Determinación de la digestibilidad y energía digestible del aceite acidulado de soya en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus myskiss*) [Tesis de Pre Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2853/M12-R4-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rojas, S. (1979). Nutrición Animal Aplicada – Aves, Porcinos, Vacunos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 230 p.

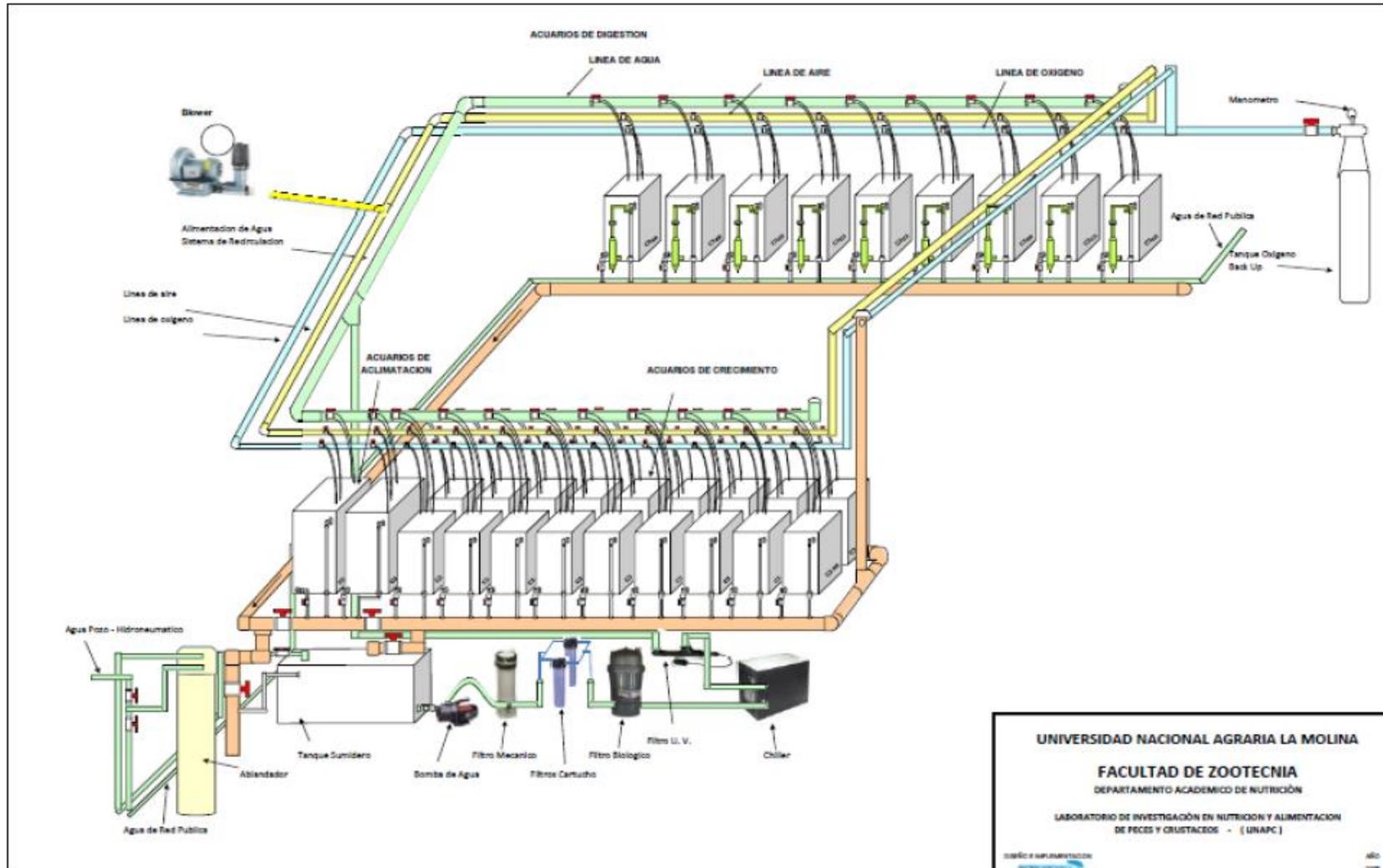
- Ruíz, J. (2008). Evaluación del Polvillo de Arroz Mediante Pruebas de Digestibilidad y Alimentación en Cuyes (*Cavia porcellus l 1758*) en la Etapa de Crecimiento [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional – Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Salim, M., Aziz, I., Sultan, J. & Mustafa, I. (2004). Evaluation of apparent digestibility of fish meal, sunflower meal and rice polishing for Labeo rohita. (en línea). Recuperado de [http://www.pjlss.edu.pk/pdf\\_files/2004\\_2/2004\\_139-144.pdf](http://www.pjlss.edu.pk/pdf_files/2004_2/2004_139-144.pdf)
- Tascón, E. & García, E. (1985). Arroz: Investigación y Producción. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) –Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Colombia. 696 p.
- Tinarelli, A. (1989). El Arroz. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 575 p.
- Tuesta, K. (2003). Evaluación de 4 Niveles de Polvillo de Arroz en Dietas de Postura Peletizados sobre el Comportamiento Productivo de la Codorniz Japonesa (*Coturnix coturnix japónica l*) [Tesis de Pre Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional – Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Valerio, H.Y. (2015). Determinación de la energía metabolizable y digestible del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo en cuyes (*cavia porcellus*) [Tesis de Pre Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1831/L02.V34-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vandenberg, G. & De La Noüe, J. (2001). Apparent digestibility comparison in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and three digestibility markers. Aquaculture Nutrition. Blackwell Science, 7, 237 – 245. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2001.00181.x>
- Vergara, V., Camacho, R. & Bustamante, P. (2016a). Determinación del requerimiento de energía digestible para el Paiche (*Arapaima gigas*). LAQUA 16 Inovative Aquaculture under Environmental Challengues. 317 p.
- Vergara, V., Camacho, R. & Bustamante, P. (2016b). Determinación del requerimiento de proteína cruda para el paiche (*Arapaima gigas*). LAQUA 16 Inovative Aquaculture under Environmental Challengues. 318 p.

## **VIII. ANEXOS**

**Anexo 1.** Instalaciones y equipos del LINAPC

<b>EQUIPO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>FUNCIÓN</b>
<b>Ablandador de agua</b>	1m <sup>3</sup>	Al poseer el agua de La Molina 1500 ppm (concentración de iones de Ca <sup>++</sup> y Mg <sup>++</sup> ), el ablandador cumple la función de disminuir la dureza hasta 16 ppm.
<b>Tanque sumidero</b>	Capacidad 360 Lt	Recepciona directamente el agua del ablandador. Consta de un desagüe por rebose y una salida hacia la bomba de agua.
<b>Bomba de agua</b>	1 HP de potencia	Permite el movimiento del agua desde el tanque sumidero a través de todos los filtros hacia todos los acuarios.
<b>Filtro mecánico (Reemy)</b>	1 unidad	Tiene la capacidad para retener partículas de hasta un mínimo de 20 µm.
<b>Filtros Housing</b>	2 unidades	Apoyan al filtro mecánico con la retención de partículas de 20 µm
<b>Enfriador/calentador de agua</b>	2 HP de potencia	Enfriar o calienta el agua entre un rango de 13 – 32 °C.
<b>Esterilizador U.V.</b>	25 watts	Esteriliza el agua disminuyendo de esta forma la presencia de algas, bacterias y virus no deseada en los acuarios.
<b>Filtros Cuno</b>	4 unidades	Compuesto por dos pares de filtros (5 µm y 1 µm), permite que el agua llegue con mayor pureza a los acuarios.
<b>Bomba de aire (Blower)</b>	1/3 HP de potencia	Toma aire del ambiente y lo traslada a través de las líneas de aire hacia los acuarios, donde se encuentran las piedras difusoras de aire.
<b>Acuarios para pruebas de digestibilidad</b>	9 unidades	Cada acuario de fibra de vidrio tiene capacidad de 55 litros, de color blanco, liso por dentro y fuera, con frontis de vidrio de 6 mm y dimensiones de 0.45 ancho x 0.45 profundidad x 0.50 altura (cm) y pendiente de 13°.
<b>Acuarios para pruebas de crecimiento</b>	18 unidades	Cada acuario de fibra de vidrio tiene capacidad de 75 L de capacidad, liso por dentro y por fuera, y frontis de vidrio, dimensiones de 0.47 cm ancho x 0.47 cm profundidad x 0.50 cm altura.
<b>Acuarios de adaptación</b>	2 unidades	Cada acuario de 120 L de capacidad, liso por dentro y por fuera, y frontis de vidrio.

Anexo 2. Laboratorio de investigación en nutrición y alimentación de peces y crustáceos (LINAPC)



**Anexo 3.** Análisis químico proximal de la dieta referencia (tratamiento 1)

NUTRIENTES (%)	BASE FRESCA	BASE SECA
Materia seca	91.30	100
Proteína	59.20	64.84
Extracto etéreo	12.50	13.69
EB (Mcal/Kg)	3.77	4.12

**Anexo 4.** Análisis químico proximal de la dieta prueba (tratamiento 2)

NUTRIENTES (%)	BASE FRESCA	BASE SECA
Materia seca	90.00	100
Proteína	45.30	50.33
Extracto etéreo	10.00	11.11
EB (Mcal/Kg)	4.41	4.90

**Anexo 5.** Análisis químico proximal de la dieta prueba (tratamiento 3)

NUTRIENTES (%)	BASE FRESCA	BASE SECA
Materia seca	88.90	100
Proteína	42.20	47.47
Extracto etéreo	16.80	18.90
EB (Mcal/Kg)	4.56	5.13

**Anexo 6.** Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta referencia (tratamiento 1)

NUTRIENTES (%) D1	BASE FRESCA	BASE SECA
Materia seca	92.78	100
Proteína	29.40	31.69
Extracto etéreo	1.06	1.14
EB (Mcal/Kg)	3.03	3.27

\* D1 es el acuario 1 y es la repetición 1.

**Anexo 7.** Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta referencia (tratamiento 1)

NUTRIENTES (%) D4	BASE FRESCA	BASE SECA
Materia seca	92.73	100
Proteína	29.66	31.99
Extracto etéreo	1.02	1.10
EB (Mcal/Kg)	3.01	3.25

\* D4 es el acuario 4 y es la repetición 2.

**Anexo 8.** Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta referencia (tratamiento 1)

NUTRIENTES (%) D8	BASE FRESCA	BASE SECA
Materia seca	92.62	100
Proteína	30.09	32.49
Extracto etéreo	1.19	1.28
EB (Mcal/Kg)	3.06	3.31

\* D8 es el acuario 8 y es la repetición 3.

**Anexo 9.** Análisis químico proximal promedio de las heces obtenidas de la dieta referencia (tratamiento 1)

NUTRIENTES (%) PROMEDIO	BASE FRESCA	BASE SECA
Materia seca	92.71	100
Proteína	29.72	32.05
Extracto etéreo	1.09	1.18
EB (Mcal/Kg)	3.04	3.27

\* Promedio de la repetición 1 (D1), 2 (D4) y 3 (D8).

**Anexo 10.** Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 2)

NUTRIENTES (%) D2	BASE FRESCA	BASE SECA
Materia seca	92.21	100
Proteína	17.47	18.95
Extracto etéreo	2.01	2.18
EB (Mcal/Kg)	3.84	4.16

\*D2 es el acuario 2 y es la repetición 1.

**Anexo 11.** Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 2)

NUTRIENTES (%) D6	BASE FRESCA	BASE SECA
Materia seca	91.95	100
Proteína	16.07	17.48
Extracto etéreo	1.86	2.02
EB (Mcal/Kg)	3.85	4.19

\*D6 es el acuario 6 y es la repetición 2.

**Anexo 12.** Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 2)

NUTRIENTES (%) D9	BASE FRESCA	BASE SECA
Materia seca	91.69	100
Proteína	17.09	18.64
Extracto etéreo	2.06	2.25
EB (Mcal/Kg)	3.78	4.12

\*D9 es el acuario 9 y es la repetición 3.

**Anexo 13.** Análisis químico proximal promedio de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 2)

NUTRIENTES (%) PROMEDIO	BASE FRESCA	BASE SECA
Materia seca	91.95	100
Proteína	16.88	18.35
Extracto etéreo	1.98	2.15
EB (Mcal/Kg)	3.82	4.16

\*Promedio de la repetición 1 (D2), 2 (D6) y 3 (D9).

**Anexo 14.** Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 3)

NUTRIENTES (%) D3	BASE FRESCA	BASE SECA
Materia seca	91.73	100
Proteína	23.93	26.09
Extracto etéreo	4.31	4.70
EB (Mcal/Kg)	3.55	3.87

\*D3 es el acuario 3 y es la repetición 1.

**Anexo 15.** Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 3)

NUTRIENTES (%) D5	BASE FRESCA	BASE SECA
Materia seca	92.21	100
Proteína	21.96	23.82
Extracto etéreo	3.36	3.64
EB (Mcal/Kg)	3.63	3.94

\*D5 es el acuario 5 y es la repetición 2.

**Anexo 16.** Análisis químico proximal de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 3)

NUTRIENTES (%) D7	BASE FRESCA	BASE SECA
Materia seca	91.50	100
Proteína	20.34	22.23
Extracto etéreo	2.87	3.14
EB (Mcal/Kg)	3.60	3.93

\*D7 es el acuario 7 y es la repetición 3.

**Anexo 17.** Análisis químico proximal promedio de las heces obtenidas de la dieta prueba (tratamiento 3)

---

NUTRIENTES (%) PROMEDIO	BASE FRESCA	BASE SECA
Materia seca	91.81	100
Proteína	22.08	24.05
Extracto etéreo	3.51	3.83
EB (Mcal/Kg)	3.59	3.91

---

\* Promedio de la repetición 1 (D3), 2 (D5) y 3 (D7).

**Anexo 18.** Valores de óxido de cromo en dietas y heces

MUESTRA		OXIDO DE CROMO (%)		
		Base fresca	Base seca	
Dieta referencia		0.32	0.35	
Dieta prueba (Harinilla de trigo)		0.36	0.40	
Dieta prueba (Polvillo de arroz)		0.35	0.39	
Heces de la dieta referencia	Repeticiones	D1	1.10	1.19
		D4	1.17	1.26
		D8	1.20	1.30
Heces de la dieta prueba (Harinilla de trigo)	Repeticiones	D2	0.95	1.03
		D6	0.83	0.90
		D9	1.00	1.09
Heces de la dieta prueba (Polvillo de arroz)	Repeticiones	D8	0.95	1.04
		D6	1.05	1.14
		D7	1.00	1.09

**Anexo 19.** Coeficiente de digestibilidad de la dieta prueba (tratamiento 2)

NUTRIENTES (%)	D2	D6	D9
Materia seca	61.17	55.69	63.32
Proteína	85.39	84.61	86.42
Extracto etéreo	92.38	91.93	92.58
EB (Mcal/Kg)	67.02	62.13	69.18

**Anexo 20.** Coeficiente de digestibilidad de la dieta prueba (tratamiento 3)

NUTRIENTES (%)	D3	D5	D7
Materia seca	61.99	65.43	63.98
Proteína	79.11	82.65	83.13
Extracto etéreo	90.55	93.33	94.02
EB (Mcal/Kg)	71.35	73.44	72.38

**Anexo 21.** Coeficiente de digestibilidad de la dieta referencia

NUTRIENTES (%)	D1	D4	D8	PROMEDIO
Materia seca	70.44	72.22	72.95	71.87
Proteína	85.55	86.30	86.45	86.10
Extracto etéreo	97.53	97.77	97.46	97.59
EB (Mcal/Kg)	76.59	78.10	78.32	77.67

**Anexo 22.** Coeficiente de digestibilidad del ingrediente prueba (tratamiento 2)

NUTRIENTES (%)	D2	D6	D9	PROMEDIO
Materia seca	46.03	32.31	51.41	43.25
Proteína	85.39	83.46	87.97	85.61
Extracto etéreo	85.80	84.67	86.30	85.59
EB (Mcal/Kg)	52.03	39.79	57.42	49.75

**Anexo 23.** Coeficiente de digestibilidad del ingrediente prueba (tratamiento 3)

NUTRIENTES (%)	D8	D5	D7	PROMEDIO
Materia seca	48.06	56.66	53.04	52.58
Proteína	69.70	78.56	79.75	76.01
Extracto etéreo	81.21	88.17	89.89	86.42
EB (Mcal/Kg)	62.85	68.08	65.42	65.45

**Anexo 24.** Análisis químico proximal de los ingredientes prueba

NUTRIENTES (%)	HARINILLA DE TRIGO (BASE FRESCA)	HARINILLA DE TRIGO (BASE SECA)	POLVILLO DE ARROZ (BASE FRESCA)	POLVILLO DE ARROZ (BASE SECA)
Materia seca	89.40	100	86.70	100
Proteína	18.00	20.13	14.00	16.15
Extracto etéreo	5.10	5.70	15.60	17.99
EB (Mcal/Kg)	3.79	4.24	4.33	4.99

**Anexo 25.** Nutrientes digestibles de los ingredientes pruebas

NUTRIENTES DIGESTIBLES (%)	HARINILLA DE TRIGO	POLVILLO DE ARROZ
Materia seca	43.25	52.58
Proteína	17.24	12.27
Extracto etéreo	4.88	15.55
ED (Mcal/Kg)	2.11	3.27