



UNAP



**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE ACUICULTURA**

TESIS

**EFFECTO DE UN ALIMENTO ELABORADO A BASE DE TORTA DE
SOYA PREDIGERIDA SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA
SUPERVIVENCIA DEL PACO *Piaractus brachypomus* EN LA FASE
DE ALEVINAJE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO(A) ACUICULTOR(A)**

PRESENTADO POR:

**LILIAN SANDOVAL FLORES
NICOLAS ANTONIO DÁVILA DÍAZ**

ASESOR:

Blgo. ENRIQUE RÍOS ISERN, Dr.

YURIMAGUAS, PERÚ

2024

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



UNAP

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE ACUICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 003-CGT-UNAP-2024

En la ciudad de Iquitos, Departamento de Loreto, mediante sala presencial, a los 17 días del mes de junio del 2024, a las 17:00 horas se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: "EFECTO DE UN ALIMENTO ELABORADO A BASE DE TORTA DE SOYA PREDIGERIDA SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA SUPERVIVENCIA DEL PACO *Piaractus brachyomus* EN LA FASE DE ALEVINAJE" presentado por los Bachilleres LILIAN SANDOVAL FLORES y NICOLAS ANTONIO DÁVILA DÍAZ, autorizada mediante RESOLUCIÓN DECANAL N° 283-2024-FCB-UNAP, para optar el Título Profesional de **BIÓLOGO(A) ACUICULTOR(A)**, que otorga la UNAP de acuerdo a Ley 30220, su Estatuto y el Reglamento de Grados y Títulos vigente.

El Jurado Calificador y dictaminador designado mediante RESOLUCIÓN DECANAL N° 258-2023-FCB-UNAP, de fecha 02 de agosto de 2023, integrado por los siguientes Profesionales:

- | | |
|--|--------------|
| - Bigo. JAVIER DEL ÁGUILA CHÁVEZ, Dr. | - Presidente |
| - Bigo. LUIS EXEQUIEL CAMPOS BACA, Dr. | - Miembro |
| - Bigo. LUIS GARCÍA RUIZ, Dr. | - Miembro |



Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas, las cuales fueron absueltas:

Satisfactoriamente

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la Tesis han sido aprobada con la calificación de Buena estando los Bachilleres aptos para obtener el Título Profesional de **BIÓLOGO(A) ACUICULTOR(A)**.

Siendo las 18:20 horas se dio por terminado el acto de sustentación.


Bigo. JAVIER DEL ÁGUILA CHÁVEZ, Dr.
Presidente


Bigo. LUIS EXEQUIEL CAMPOS BACA, Dr.
Miembro


Bigo. LUIS GARCÍA RUIZ, Dr.
Miembro


Bigo. ENRIQUE RÍOS ISERN, Dr.
Asesor

JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR



Blgo. JAVIER DEL ÁGUILA CHÁVEZ, Dr.

Presidente



Blgo. LUIS EXEQUIEL CAMPOS BACA, Dr.

Miembro



Blgo. LUIS GARCÍA RUIZ, Dr.

Miembro

ASESOR



Bigo. ENRIQUE RÍOS ISERN, Dr.

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

FCB_TESIS_SANDOVAL FLORES_DAVILA DIAZ.pdf

AUTOR

SANDOVAL FLORES / DAVILA DIAZ

RECUENTO DE PALABRAS

7397 Words

RECUENTO DE CARACTERES

37808 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

38 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

316.1KB

FECHA DE ENTREGA

Jul 30, 2024 1:11 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 30, 2024 1:11 PM GMT-5

● 22% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 21% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a Dios, por darme la sabiduría y ser mi guía constante en mi Vida.

A mis padres Armando Sandoval Saldaña y Silvia del Pilar Flores Asipali, por su amor invaluable, esfuerzo y apoyo constante para alcanzar mis metas.

A mis herman@s; Blanca, Karina y Harold Smith, a mis sobrinos Gael, Dereck y Liam Neil, quienes son mi inspiración y motivación para cumplir mis sueños en la vida.

Lilían

Dedico el presente trabajo con sabor a éxito a Dios por darme la vida y estar siempre presente en cada decisión que tomo.

A mis padres Omar Guido Dávila y Elia Luz Díaz por todo el apoyo moral y espiritual que me brindaron para seguir adelante y así poder cumplir una de mis metas.

Finalmente, a mis hermanos Xiomar, Belu y Omar por sus palabras de aliento, por la confianza que depositan en mí y por el constante apoyo emocional que recibo de ellos.

Nicolás

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, a través de la Facultad de Ciencias Biológicas - Escuela profesional de Acuicultura, por habernos brindado la oportunidad de superarnos y por brindarnos una calidad educativa a través de su plana docente.

Al ex director Ing. Gabriel Doza y al Ing. David Bocanegra actual director de la Agencia Agraria de Alto Amazonas, por brindarnos desinteresadamente sus instalaciones para la ejecución de la tesis.

Al Blgo. Enrique Ríos Isern, Dr. por asesorarnos en la tesis de principio a fin y por ayudarnos a concluir esta importante investigación.

Al Blgo. Julio Cesar Villa Lavy por contribuir con sus conocimientos y por el constante apoyo durante la ejecución de la tesis.

A la Estudiante Isabel Rengifo practicante de la Escuela de Acuicultura de la UNAP Sede Yurimaguas, por su apoyo en la medición de los parámetros de la calidad de agua.

Asimismo, a todas aquellas personas que han contribuido de una u otra manera en la culminación del presente trabajo.

Mil gracias a todos...

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
PORTADA.....	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	ii
JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR.....	iii
ASESOR.....	iv
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Bases Teóricas.....	10
1.3. Definición de términos básicos.....	11
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	15
2.1. Formulación de la hipótesis.....	15
2.2. Variables y su operacionalización.....	15
CAPÍTULO III: METODOLOGIA.....	17
3.1. Área de Estudio.....	17
3.2. Tipo y Diseño de Investigación.....	17
3.3. Diseño Muestral.....	17
3.4. Procedimiento de Recolección de Datos.....	18
3.5. Procesamiento y Análisis de Datos.....	25
3.6. Aspectos Éticos.....	25
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	26
4.1. Crecimiento en peso y longitud.....	26
4.2. Parámetros productivos.....	28
4.3. Digestibilidad aparente de la proteína en las dietas balanceadas.....	30

4.4. Parámetros de calidad del agua.....	30
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	31
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES.....	35
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES.....	36
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN.....	37
A N E X O S.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Operacionalización de las variables de estudio.	16
Tabla 2: Niveles de inclusión de la torta de soya según tratamiento.	20
Tabla 3: Composición porcentual de los insumos en las raciones experimentales.	21
Tabla 4: Valores promedio de peso (g) y longitud (cm) inicial y final de alevinos de paco, <i>P. brachypomus</i> alimentados con una dieta a base de torta de soya predigerida durante 90 días.	26
Tabla 5: Valores promedio de los parámetros productivos del paco, <i>P.</i> <i>brachypomus</i> alimentados con una dieta a base de torta de soya predigerida, durante 90 días.	29
Tabla 6: Coeficiente de digestibilidad aparente de proteína de las dietas con tres niveles de inclusión de torta de soya predigerida.	30
Tabla 7: Parámetros físicos y químicos del agua registrados en el cultivo de paco, <i>P. brachypomus</i> bajo un sistema de recirculación cerrado durante 90 días.	30

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1: Curva de crecimiento en peso (g) de alevinos de paco, <i>P. brachypomus</i> alimentados con una dieta a base de torta de soya predigerida, durante 90 días.	27
Gráfico 2: Curva de crecimiento en longitud (cm) de alevinos de paco, <i>P. brachypomus</i> alimentados con una dieta a base de torta de soya predigerida, durante 90 días.	28

RESUMEN

Este presente estudio se realizó en las instalaciones de la Agencia Agraria Alto Amazonas entre noviembre del 2022 - abril del 2023, con el propósito de evaluar el crecimiento de “paco”, *Piaractus brachypomus*, alimentado con una dieta a base de torta de soya predigerida (TSP) y cultivados bajo un sistema de recirculación cerrado. El sistema de recirculación estuvo conformado por 9 unidades experimentales tipo bandejas de plástico de 160 l, aplicándose 3 tratamientos (T1=30% TSP; T2=40% TSP y T3=50% TSP), cada tratamiento con 3 repeticiones, contándose con 9 unidades experimentales; asimismo, se realizó el estudio de digestibilidad de la dieta. Los resultados evidencian un mayor aprovechamiento en los peces alimentados con el tratamiento T3, alcanzando un mayor crecimiento en peso y longitud, encontrándose diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados; del mismo modo, se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) en la tasa de crecimiento específico (TCE), factor de conversión alimenticia (FCA) y supervivencia (S), a diferencia del parámetro del factor de condición (K), quienes registraron valores similares; por otro lado, los parámetros de calidad del agua se registraron dentro del rango aceptable para la especie. Se concluye que, en relación a los parámetros productivos del paco *P. brachypomus*, con el T3 registra una mayor ganancia de peso y longitud.

Palabras clave: Torta de soya predigerido, probiótico, *Piaractus brachypomus*, digestibilidad, recirculación.

ABSTRACT

This present study was carried out at the facilities of the Alto Amazonas Agrarian Agency between November 2022 - April 2023, with the purpose of evaluating the growth of “paco”, *Piaractus brachypomus*, fed with a diet based on predigested soybean cake (TSP) and grown under a closed recirculation system. The recirculation system was made up of 9 experimental units such as 160 l plastic trays, applying 3 treatments (T1=30% TSP; T2=40% TSP and T3=50% TSP), each treatment with 3 repetitions, with 9 experimental units; Likewise, the diet digestibility study was carried out. The results show greater use in the fish fed with the T3 treatment, achieving greater growth in weight and length, finding a significant difference ($p < 0.05$) between the treatments evaluated; Likewise, a significant difference ($p < 0.05$) was found in the specific growth rate (SGR), feed conversion factor (FCA) and survival (S), unlike the condition factor parameter (K), who recorded similar values; On the other hand, water quality parameters were recorded within the acceptable range for the species. It is concluded that in relation to the productive parameters of the paco *P. brachypomus*, with T3 it registers a greater gain in weight and length.

Keywords: Predigested soybean cake, probiotic, *Piaractus brachypomus*, digestibility, recirculation.

INTRODUCCIÓN

El avance de la acuicultura en Perú está en sus primeras etapas, orientándose primordialmente a la producción de camarón, concha de abanico, trucha, tilapia y distintas especies amazónicas ⁽¹⁾. Las opciones para su cultivo en la Amazonía son muy altas, gracias a la cantidad considerable de especies con potencial acuícola, como los peces amazónicos, como la “gamitana”, “paco”, y otras especies hidrobiológicas, que podrían transformarse en un rubro de producción económica muy considerable para el país ⁽¹⁾; esto conlleva a tener entendimientos que involucran varios puntos técnicos, uno de ellos es el saber sobre nutrición de cada clase, el cual es primordial para el avance de la acuicultura en nuestra amazonia, de tal manera conociendo sus requerimientos nutricionales se mejorara el desarrollo y supervivencia de esta especie ⁽²⁾.

La proteína es el componente más caro y, lo que es más importante, el más crítico en la producción de piensos acuícolas, por lo tanto, cualquier plan más eficiente para minimizar los costos de alimentación son alternativas adecuadas ⁽³⁾; En este contexto, obtener alimentos excelentes es uno de los problemas a los que se enfrentan una población en rápido aumento y un planeta con recursos limitados. Para satisfacer la demanda humana, se debe impulsar la búsqueda de componentes alternativos, siendo la harina de soya la más prometedora ⁽⁴⁾.

Durante muchos años, los piensos derivados de la soya fueron utilizadas en las dietas de muchas especies de peces para la producción acuícola. Varias

especies de peces omnívoros de agua dulce se han alimentado tradicionalmente con dietas con cantidades bastante elevadas de harina de soya (hasta un 60% en peso). Esta categoría de peces representa un gran porcentaje en términos de tonelaje y es la principal consumidora de productos a base de soya. De tal manera, todos estos productos tienen cantidades aceptables de proteína bruta que oscilan entre el 38 y el 49% en peso. Los productos a base de soya tienen la composición de aminoácidos más equilibrada de todas las dietas a base de plantas, y los niveles de aminoácidos esenciales contenidos en estos productos son extremadamente similares a los representados como porcentaje de proteína bruta ⁽⁵⁾.

Por otro lado, la fermentación de las materias vegetales elimina la mayoría de los elementos anti nutricionales que contienen, produciendo también un conjunto diverso de enzimas que comienzan con la descomposición de macromoléculas y terminan produciendo azúcares, ácidos grasos, aminoácidos y una plétora de sustancias simples y libres que son fáciles de digerir. Además, se producen ácidos orgánicos de cadena corta, muy útiles por sus propiedades anti patógenas. El alimento predigerido tiene un pH bajo ⁽⁵⁾, lo que acidifica el tracto digestivo de peces y camarones y tiene una actividad bacteriana anti patógena directa. La soya fermentada es abundante en proteínas, y las bacterias probióticas que crecen en ella contienen proteínas altamente digestibles ⁽⁶⁾.

Sustancias nutritivas como aminoácidos, monosacáridos y ácidos grasos son accesibles en el alimento predigerido como resultado de la predigestión de un

alimento por bacterias probióticas fuera del organismo de un animal. La absorción de este alimento por el animal ahorra el trabajo de su propia digestión, aumentando la digestibilidad y asimilación del alimento. Este proceso de predigestión dotará al organismo de un gran número de enzimas y bacterias probióticas que puede albergar, además de aliviarle de mucho trabajo. En resumen, todo ello conduce a un aumento de la energía y los nutrientes, lo que ayuda al animal a mantener un estado saludable. Por lo tanto, paco, *P. brachypomus*, es un pez amazónico con un alto potencial acuícola debido a su rápido desarrollo y producción de carne. Además, es omnívoro y absorbe fácilmente los piensos artificiales ⁽⁷⁾.

En ese sentido el objetivo general del presente estudio fue evaluar el efecto de un alimento elaborado a base de torta de soya predigerida sobre el crecimiento y la supervivencia del paco, *Piaractus brachypomus* en la fase de alevinaje, y como objetivos específicos: Determinar los efectos de un alimento elaborado a base de torta de soya predigerida sobre el crecimiento en peso y longitud del paco, *P. brachypomus* en la fase de alevinaje. Determinar los parámetros productivos del cultivo de paco, *P. brachypomus*, alimentados con una dieta a base de torta de soya predigerida. Determinar la digestibilidad aparente de la proteína en dietas conteniendo 30%, 40% y 50% de torta de soya predigerida. Determinar la influencia de la calidad del agua en el crecimiento del paco *P. brachypomus*.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

2008, se publicó un estudio con base científica donde se evaluaron los coeficientes de digestibilidad aparente de la proteína y energía máximas de glicina de soya (ADC_p y ADC_e) utilizada en dietas para *P. brachypomus*. Los coeficientes se estimaron mediante una técnica indirecta con un marcador de óxido de cromo, con heces recolectadas mediante un sistema Guelph modificado. Se seleccionaron cachamas juveniles de 91 ± 24g de peso y se asignaron al azar a grupos de 10 peces en tanques cónicos de 200 L. 30% de los ingredientes examinados: soya integral cruda (SIC), soya integral tostada (SIT) y torta de soya (TS). Había nueve tanques experimentales en servicio. Durante un periodo de cuatro semanas, se recogieron heces 9 horas después de la alimentación, cada hora durante 12 horas todos los días. La CDA del SIC fue del 75,6%, la del SIT del 81,1% y la del ST del 83,2%. La digestibilidad del SIC fue sustancialmente inferior ($p < 0,05$) a la de los otros dos preparados de soya ⁽²¹⁾.

2012, se desarrolló un experimento donde se sustituyó el alimento tradicional del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* por harina de soya (*G. max*) y bioflóculos en proporciones variables. Los resultados fueron alentadores. Se demostró que el crecimiento de los camarones con harina de soya y bioflóculos era comparable al de los piensos compuestos de harina de pescado ⁽¹¹⁾.

2012, en la Universidad de Nariño de Colombia, evaluaron el crecimiento ponderal de un híbrido de *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachipomus* cultivado en un sistema de recirculación de agua (RAS). Los resultados revelaron un aumento de peso de 627,567 g. a un peso total de 651,3 g. Asimismo, el aumento de peso absoluto diario fue de 2,99 g/día, y el peso específico diario fue del 5,893%/día. El híbrido alcanzó un índice de conversión alimenticia de 1,6 en condiciones de cultivo. ⁽¹⁷⁾.

2014, en la Universidad Nacional de Tailandia, evaluaron la sustitución de la harina de pescado, por un subproducto de atún (TBM) fermentados por *Bacillus sp.* en concentraciones 30 y 20%, durante 48h y harina de soya, constatando que no hubo un efecto negativo en la tasa de crecimiento en juveniles de *Paralichthys olivaceus* ⁽¹⁰⁾.

2015, realizaron un estudio, reemplazando una dieta a base de harina de pescado (contenido del 20 % y 10 %) por harina de *Glycine max* “soya”, evidenciando, que existe un bajo rendimiento de los peces si se sustituye toda la harina de pescado ⁽⁸⁾.

2015, en un estudio realizado en China, evaluaron la proteína de soya hidrolizada en dietas para juveniles de lenguado, *Platichthys stellatus*, descubriendo que la eficiencia nutricional proteica y el factor de aptitud disminuyeron con el reemplazo total de harina de pescado, lo que a través de un modelo matemático estimaron un valor de reemplazo

máximo de 54, 86-59, 02%, llegando a la conclusión que el hidrolizado de soya puede reemplazar efectivamente la harina de pescado ⁽⁹⁾.

2015, en la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, compararon los efectos de dos densidades de siembra sobre la productividad del paco, *P. brachypomus*, a partir de 818 alevines, se sembraron en 8 unidades experimentales con densidades de T1= 50 peces/m³ y T2= 75 peces/m³, con 4 repeticiones cada una. Los peces tenían un peso medio de 10,1g y una longitud de 8,20cm. Al final del cultivo, los peces del T1 obtuvieron los siguientes resultados: (71.7 g y 17.15 cm final), con un FCA (1.9:1) y un rendimiento 4.34 kg/m³, mientras que los peces del T2 (54.5 g y 15.68 cm final), con un FCA de (3.1:1), con un rendimiento 4.80 kg/m³. ⁽¹⁶⁾.

2016, en la Universidad Nacional de Colombia, evaluaron el impacto de la fuente de proteína del alimento en el rendimiento productivo de paco, *P. brachypomus*. Aplicaron tres tratamientos con tres réplicas cada uno: Los tratamientos T1 y T2 comprendieron cada uno torta de soya, harina de pescado y harina de espirulina. Se monitoreó el consumo de alimentos, se monitoreó el desarrollo de los peces dos veces por semana usando datos biométricos y evaluaron la productividad. ⁽¹⁵⁾.

2017, en la Universidad Nacional Agraria la Molina, determinaron a través del método indirecto, el coeficiente de digestibilidad aparente (CAD) de la energía digestible de materia seca, proteína cruda, extracto

etéreo, extracto libre de nitrógeno y torta de soya (*Glycine max*). Se utilizaron 24 Sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*), y se distribuyeron 4 peces en 6 crisoles tipo Guelph. La fase experimental se ejecutó durante 30 días de mayo a junio de 2016 e incluyó muestras de heces diarias. El coeficiente de digestibilidad aparente de la torta de soya para de Sábalo cola roja joven (*B. erythropterum*) fue 60,29% para materia seca, 82,73% para proteína, 96,16% para extracto etéreo, 54.26 para extracto sin nitrógeno y 78,17% de la energía total. ⁽²⁰⁾.

2018, en la Universidad Nacional Agraria la Molina, analizaron la digestibilidad nutricional y la energía digestible del arroz partido y el arroz polvo en paco, *P. brachypomus*. Utilizando óxido de cromo como indicador, se calcularon los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) del arroz y el arroz polvo mediante un enfoque indirecto. La dieta de referencia contiene un 40% de los componentes; se recogió materia fecal de tres tanques duplicados en ambos regímenes. Los CDA del arroz para materia seca, proteína y grasa fueron 69,00, 66,82 y 88,90%, respectivamente, mientras que los CDA del arroz polvo fueron 63,77, 68,96 y 77,97% ⁽¹⁹⁾.

2019, se ha demostrado que el fermento de soya tiene un impacto muy positivo dentro la alimentación animal. Además, durante el proceso de fermentación se producen numerosos ácidos orgánicos e importantes antioxidantes, flavonoides y sustancias químicas polifenólicos, que funciona como elementos bactericidas en patógenos bacterianos ⁽¹²⁾.

2019, en la Universidad Nacional de Ucayali, sustituyeron torta de soya por sachá inchi *Plukenetia volúbilis*, como dieta alimenticia del paco, *P. brachypomus*. Los tratamientos examinados fueron T0 (control sin sustitución de la pulpa de sachá inchi), T1 (sustitución al 20%), T2 (sustitución al 30%) y T3 (sustitución al 40%) partir de una población de 480 alevines. Concluyendo, que los distintos grados de sustitución de la pulpa de sachá inchi no tenían ningún efecto sobre el desarrollo de los alevines alimentados con dietas peletizadas ($p > 0,05$) ⁽⁷⁾.

2019, en la Universidad Nacional Agraria la Molina, determinaron el requerimiento proteico de la harina de soya en alevines de paco y determinar su digestibilidad, 150 alevines de Paco de 2,6kg de peso vivo fueron alimentados con niveles de proteína cruda de 26, 28, 30, 32 y 34% en cinco entornos diferentes durante seis semanas, El análisis de regresión cuadrática y la ganancia de peso/conversión alimenticia como variables de respuesta revelaron que la dieta cumplió con el 33,99% del requerimiento proteico ⁽²²⁾.

2020, en la ciudad de Puerto Maldonado, evaluaron el coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de la proteína y la energía en juveniles de paco, *Piaractus brachypomus* de torta de castaña, *Bertholletia excelsa*. Utilizaron el sistema Guelph modificado para agarrar las heces. Los peces fueron introducidos en las dietas experimentales en tanques de aclimatación y durante siete días; se les suministró alimento tres

ocasiones al día a las 9, 14 y 20 horas, siete días por semana. La etapa en fase de prueba se extendió 60 días. Las heces se congelaron a -20°C, después se liofilizaron y se conservaron a -17°C. Finalmente, las dos configuraciones tienen la posibilidad de incluirse en las dietas ⁽¹⁸⁾.

2021, en la Universidad Técnica de Babahoyo, realizaron una investigación para conocer la capacidad nutricional de la harina de soja en peces para consumo humano, la cual ha hecho aportes significativos a las dietas diversas especies de peces a nivel mundial por su alta calidad en nutrientes esenciales. El estudio encontró resultados positivos para la dieta del pescado en base a la soja (10%, 20%, 30%), por lo que esta dieta es beneficiosa en incrementar la densidad poblacional de las diferentes especies de peces para la alimentación humana ⁽²³⁾.

2022, en Tarapoto, evaluaron los efectos de tres densidades de siembra de postlarvas (pl) de paco, *P. brachypomus* a los 10 días de su eclosión, a través de un sistema de recirculación de agua durante 35 días. El proceso de alimentación se dividió en dos etapas: la primera incluyó alimento vivo más alimento comercial y un aditivo, y la segunda incluyó alimento comercial más un aditivo. Cada 17 días midieron el crecimiento; y los parámetros físicos. Los indicadores de calidad del agua no mostraron fluctuaciones bruscas que hubieran creado circunstancias desfavorables para el cultivo de postlarvas de paco, *P. brachypomus*. Concluyendo, que un sistema de acuicultura de recirculación es capaz de producir peces de gran tamaño y peso comercial ⁽¹⁴⁾.

2022, en la Universidad Amazónica de Madre de Dios, realizaron una investigación para determinar cómo afectaba la adición de polvo de hoja de coca a la respuesta de estrés en juveniles de paco *P. brachypomus* utilizando un sistema de biofloc. Se sembraron 900 juveniles de paco y se dispersaron aleatoriamente en tres tratamientos con dos repeticiones. Los resultados revelaron que el uso de polvo de coca en juveniles de paco, *P. brachypomus* durante 60 días mejoraba su desarrollo y condición fisiológica, además no tuvo efecto sobre la calidad del agua, parámetros productivos o hematológicos ($p>0.05$), promedios examinados por la prueba de Tukey. La investigación demostró, que la administración de polvo de hoja de coca ⁽¹³⁾.

1.2. Bases Teóricas

Características biológicas de la especie en estudio

El paco, *P. brachypomus* es un pez relativamente grande, con el cuerpo comprimido y aplanado lateralmente. Presenta una mancha negra en el opérculo, que hace que las crías parezcan las pirañas más duras protegiéndose. La diferencia física entre ambos es la protuberancia de la mandíbula (mucho menor en el paco que en la piraña), que sirve para mostrar la naturaleza omnívora del paco y carnívora de la piraña, *Serrasalmus sp* ⁽²⁴⁾.

El paco, además de tener una aleta adiposa carnosa, tienen el dorso gris con reflejos azulados, el vientre blanquecino y marcas de color naranja

brillante. Las aletas anal y caudal, así como la porción anterior del abdomen, suelen tener colores brillantes en la fase juvenil, cuando suelen ser de color más claro ⁽²⁴⁾.

Alimentos predigeridos

Los alimentos predigeridos indican que se ha producido una digestión previa. Ciertos procesos digestivos exógena ya han comenzado antes de entrar en el sistema digestivo del animal. La fermentación de los materiales vegetales elimina la mayoría de los elementos anti nutricionales. También se produce una gran variedad de enzimas. Comienzan con la descomposición de las macromoléculas. Finalmente, se producen azúcares, ácidos grasos, aminoácidos y una enorme variedad de moléculas simples y libres que se digieren fácilmente. También se producen ácidos orgánicos de cadena corta ⁽²⁵⁾.

Son bastante eficaces en términos de control de patógenos. El pH de la comida predigerida es bajo (<5), lo que acidifica el sistema digestivo de peces y camarones. Además, tiene un efecto directo sobre los agentes patógenos. Tiene muchas proteínas porque la soya es rica en este nutriente. Además, la alta concentración de bacterias probióticas que crecen en ella contiene proteínas altamente digeribles ⁽²⁵⁾.

1.3. Definición de términos básicos

Acuicultura: Actividad para la conservación de especies acuáticos en aguas continentales o marinos, con objetivos de sostenibilidad ⁽²⁶⁾.

Aireación: Proceso por medio el cual se adiciona aire al agua con el objetivo de aumentar los niveles de oxígeno disuelto ⁽²⁷⁾.

Alimento predigerido: alimento que ya ha sido descompuesto y e antes de llegar al tubo digestivo del animal se ha producido una digestión previa o que se han iniciado procesos específicos de digestión externa. ⁽²⁸⁾.

Análisis bromatológico: Son un tipo específico de análisis de alimentos tanto de animales domésticos como de otros animales, estos análisis pueden determinar con precisión la calidad de los alimentos, así como el balance nutricional con lo cual se puede hacer un seguimiento más preciso a la salud al rendimiento y a la capacidad reproductiva de los animales ⁽²⁸⁾.

Alevino: Término utilizado comúnmente en actividades como la piscicultura y acuicultura, o en ciencias como la ictiología, para designar a las crías recién nacidas de peces ⁽³¹⁾.

Crecimiento de los peces: Es el resultado directo de procesos químicos, osmóticos y de otro tipo que contribuyen a que el organismo se abastezca de material, que se distribuye por numerosas zonas del cuerpo ⁽³¹⁾.

Dieta: Son nutrientes vitales para que el organismo desarrolle mecanismos de lucha contra las enfermedades. Las proteínas que aportan energía al organismo forman parte de su composición, junto con los aminoácidos necesarios y no esenciales ⁽²⁸⁾.

Digestibilidad: Velocidad y grado en que un organismo digiere y absorbe su alimento. ⁽²⁹⁾.

Digestión: Proceso por el cual los compuestos químicos complejos se descomponen en moléculas más simples que pueden ser ingeridas y utilizadas en el metabolismo. Las enzimas digestivas desempeñan un papel fundamental en la nutrición ⁽³⁰⁾.

Factor de digestibilidad: Cantidad de alimento consumido y cantidad excretada con las heces, considerando que todo lo que no ha pasado por el colon se ha descompuesto y absorbido ⁽³⁰⁾.

Óxido de cromo: Sustancia inorgánica que se emplea con frecuencia como indicador de digestibilidad en experimentos con dietas para peces ⁽³⁰⁾.

Nutrientes: Sustancias químicas que forman parte de los alimentos y que nuestro organismo necesita, dichos nutrientes participan en las reacciones metabólicas para mantener las funciones energética, estructural o reguladora del organismo ⁽³¹⁾.

Probióticos: Bacterias vivas que aportan beneficios para la salud cuando se administran en las cantidades adecuadas. ⁽³¹⁾.

Sistemas de recirculación de acuicultura (RAS): Instalaciones acuícolas situadas en tierra que reciclan el agua haciéndola circular a través de un sistema de filtros ⁽²⁶⁾.

Soya fermentada: Modificación de los componentes de la semilla para crear otros alimentos enriquecidos con vitaminas, minerales, proteínas o antioxidantes y libres de anti nutrientes ⁽³¹⁾.

Torta de soya: Subproducto que queda de la soya integral, luego de extraer el aceite; posee además contenidos altos de proteína, además de contener un buen balance de aminoácidos esenciales ⁽³¹⁾.

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

La torta de soya predigerida incorporada en las raciones balanceadas, presenta efectos positivos sobre el crecimiento en peso y longitud del “paco”, *Piaractus brachypomus*.

2.2. Variables y su operacionalización

a. Variable Dependiente

Crecimiento en peso y longitud.

b. Variable Independiente

Alimento elaborado a bases de torta de soya predigerida.

Tabla 1: Operacionalización de las variables de estudio.

Variables	Definición	Tipo por su naturaleza y relación	Indicadores	Escala de medición	Categorías	Valores de las categorías	Medio de verificación
Variable dependiente: • Crecimiento en peso y longitud.	Considera el crecimiento en peso y talla de los peces durante la fase experimental.	dependiente y cualitativa.	Incremento de la talla y peso de los peces.	Nominal.	talla, peso de los peces.	cm. g.	Ficha de registro de evaluaciones biométricas. Ficha de producción .
Variable independiente: • Alimento elaborado a bases de torta de soya predigerida.	Alimento que incluye en su composición torta de soya predigerida.	independiente y cuantitativa.	Participación en la dieta.	Intervalo.	Niveles de inclusión.	30%, 40% y 50% de inclusión	Ficha de recolección de datos.

CAPÍTULO III: METODOLOGIA

3.1. Área de Estudio

Se realizó en las instalaciones de la Agencia Agraria Alto Amazonas, ubicado en la Calle Julio C. Ruiz N° 323, en el distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas dentro de las coordenadas 5°53'09.2"S, 76°06'57.3.3"W. (Anexo 01).

3.2. Tipo y Diseño de Investigación

La investigación es del tipo experimental, porque se utilizó un diseño completamente al azar que consta de tres tratamientos experimentales en diferentes concentraciones de inclusión de torta de soya predigerida.

De acuerdo al fin que se persigue, el diseño de la investigación es del tipo experimental porque considera la evaluación de la relación que existe entre las variables del estudio.

3.3. Diseño Muestral

3.3.1. Población

Representada por alevinos *Piaractus brachipomus*, ubicado dentro de la clasificación taxonómica ⁽²⁴⁾.

Reino	:	Animalia
Filo	:	Chordata
Clase	:	Actinopterygii
Orden	:	Characiformes
Familia	:	Serrasalmidae

Subfamilia : Colossominae
Género : *Piaractus*
Especie : *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818)

3.3.2. Muestra

Constituido por 72 ejemplares en fase de alevinos de la especie *Piaractus brachypomus*, con peso y longitud promedio de 12.2 g y 8.2 cm, muestra obtenida de la empresa Buchisapa Fish, empresa dedicada a la venta de alimento balanceado para peces y a la venta de alevinos, la misma que se encuentra ubicada en la calle Libertad 215, Yurimaguas.

3.4. Procedimiento de Recolección de Datos

3.4.1. Instalación de las unidades experimentales

Se utilizaron 9 unidades experimentales tipo bandejas de plástico con una capacidad de 160 litros y 3 baldes de plástico con capacidad de 60 litros como sedimentadores; adaptada la parte inferior con llaves para recolección de las muestras de heces. Tanto las bandejas de cultivo como los sedimentadores fueron acondicionados de tal forma que el agua recircula por todas las unidades experimentales conectadas permanente con difusores de aire. En cada unidad experimental se acondicionaron 8 alevinos de paco, *Piaractus brachypomus*.

3.4.2. Obtención del fermento de soya

Para obtener el fermento de soya, se utilizó 1 l del probiótico EM-COMPOST diluido en 18 l de agua con adición de 1 l de melaza para la activación.

Luego de realizar la mezcla, este se dejó reposar por un lapso de tiempo de 3 a 5 días para su respectiva activación.

Pasado el tiempo de activación, se procedió a mezclar con la torta de soya y posterior a ello, se deja reposar dicha mezcla por un periodo de 48 horas para la obtención de torta de soya predigerida (fermento).

3.4.3. Formulación de las dietas experimentales

Se elaboró un alimento balanceado del tipo peletizado con 30% de proteína bruta, utilizando para ello el método de cuadrado de Pearson. Con los siguientes niveles de inclusión de torta de soya predigerida. (Tabla 02).

Tabla 2: Niveles de inclusión de la torta de soya según tratamiento.

Factor	Niveles	Especificaciones	Denominación	Réplicas	Unidades
Inclusión	(T1, T2, T3)	T1: 30% inclusión (fermento soya)	Tratamiento T1	T1R1, T1R2, T1R3,	1,2,3
		T2: 40% inclusión (fermento soya)	Tratamiento T2	T2R1, T2R2, T2R3,	4,5,6
		T3: 50% inclusión (fermento soya)	Tratamiento T3	T3R1, T3R2, T3R3,	7,8,9

Para la preparación de los pellets, se mezcló la harina de pescado con los demás insumos para finalmente ser mezclado con la torta de soya predigerida.

Luego se procedió a homogenizar ambas mezclas; esta mezcla totalmente homogenizada y compacta fue paletizada obteniéndose el alimento en forma de pellets.

Finalmente, los pellets fueron almacenados en baldes de plástico para su posterior uso y análisis en el laboratorio de bromatología de ICT. ⁽³⁴⁾.

Tabla 3: Composición porcentual de los insumos en las raciones experimentales.

Insumos	Tratamientos		
	T1 (30% TSP)	T2 (40% TSP)	T3 (50% TSP)
Harina de pescado	22.00	15.00	6.00
Torta de soya predigerida	30.00	40.00	50.00
Polvillo de arroz	12.00	13.00	12.00
Harina de maíz	24.00	20.00	20.00
Melaza	11.50	11.50	11.50
Oxido de cromo	0.50	0.50	0.50
Total	100.00	100.00	100.00
Proteína Bruta	30.00	30.00	30.00

Leyenda: TSP= Torta de soya predigerida

3.4.4. Alimentación y técnica de recolección fecal

Alimentación

Al inicio de la fase experimental, no se consideró el suministro de las raciones balanceadas a los peces durante 5 días con la finalidad limpiar completamente el tracto digestivo, posteriormente las raciones diarias se suministraron tres veces/día (7:00, 11:00 y 17:00h) con una tasa de alimentación del 10% de la biomasa total.

Para el registro biométrico de la población en estudio, estos fueron evaluados cada 15 días, los datos registrados fueron peso (g) y longitud (cm) de los peces; para ello se utilizó una balanza de 500g de capacidad, con un nivel de sensibilidad de 0.01g, además de un ictiometro de madera. Graduado en centímetros.

Una vez registrado los valores biométricos, los peces fueron devueltos a su bandeja de origen.

Recolección de heces

Las heces fueron extraídas diariamente de los baldes sedimentadores, abriendo la llave de paso para la extracción de la misma.

Las heces sobrantes en las bandejas, fueron extraídas utilizando una manguera plástica de 1cm de diámetro.

Las muestras recolectadas fueron tamizadas y lavadas con agua destilada.

Luego de recolectar y limpiar las heces, estos fueron puestos en vasos descartables y secadas a 65°C durante 5h.

Finalmente se almacenaron en recipientes cerrados y colocados en un frigobar a una temperatura de 2 °C hasta obtener 100g. de muestra para su análisis respectivo.

3.4.5. Evaluación de la calidad de agua

El control de la temperatura y el pH fueron medidos semanalmente utilizando el multiparámetro digital 4 en 1 de la marca WATERPROOF, mientras que el nitrito, amonio, dióxido de carbono y oxígeno, fueron medidos de manera quincenal, utilizando el kit de análisis de agua para acuicultura de agua dulce de la marca API.

3.4.6. Análisis de proteína de las dietas experimentales

El examen del contenido de proteínas de las dietas suministradas, se han realizado por medio del procedimiento descrito por la AOAC (35), materia seca por desecación en estufa a 105°C, proteína cruda por el procedimiento de Kjeldahl, usando el aspecto 6,25.

3.4.7. Evaluación del coeficiente de digestibilidad

Las estimaciones del % de coeficiente de digestibilidad se basaron en la cantidad de excrementos recogidos de cada réplica a lo largo de 82 días. Se calcularon mediante las fórmulas de Halver y Hardy (36).

$$\text{CDA (\%)} = 100 \times \left[1 - \left(\frac{\% \text{ cromo en el alimento}}{\% \text{ cromo en heces}} \times \frac{\% \text{ proteina en heces}}{\% \text{ proteina en alimento}} \right) \right]$$

3.4.8. Crecimiento y parámetros productivos

Se consideró los siguientes parámetros:

Ganancia de Peso. Es la ganancia de peso del pez en el final del desarrollo en fase de prueba.

- **GP**=Peso promedio final-Peso promedio inicial

Ganancia de Longitud. Es la ganancia de longitud del pez en el final del desarrollo en fase de prueba.

- **GL**=Longitud promedio final-Longitud promedio inicial

Tasa de Crecimiento Específico. La tasa de desarrollo concreto se determinó por medio de la siguiente ecuación.

- $TCE\% = (\ln W_f - \ln W_i) / t \times 100$

Donde:

$\ln W_i$ = Logaritmo natural peso inicial

$\ln W_f$ = Logaritmo natural peso final

t = Intervalo de tiempo

Conversión de Alimento. El factor de conversión de alimento (CA) se determinó mediante la siguiente fórmula.

- $CA = Q / I$

En donde:

Q = Cantidad de alimento suministrado (Kg) en un tiempo dado

I = Incremento en peso (Kg) de la población en el mismo tiempo dado

Factor de Condición. Es la relación que existe entre el ambiente acuático y el alimento que recibe el pez y se calculó de la siguiente manera.

- $K = W / L^3 \times 100$

Donde:

W= Peso total

L= Longitud total

Supervivencia. - Estuvo expresada como el porcentaje de los organismos cosechados en relación con los organismos sembrados, dividiendo el número de organismos que quedaron al final del ciclo de

cultivo (N_t) entre el número inicial de organismos sembrados (N_0) y multiplicando por 100.

- **$S = N_t/N_0 \times 100$**

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

Para el procesamiento de los datos, se utilizó una hoja de cálculo de Excel 2021. (Anexo: 02) La prueba estadística utilizada fue el análisis de la varianza (ANOVA) con la finalidad de comparar las varianzas de las medias, y la prueba de Tukey con $P = 0,05$ grados de libertad para determinar la significación. Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el programa informático Minitab 19.

3.6. Aspectos Éticos

El presente estudio fue planificado de acuerdo a los lineamientos establecidos por el consejo universitario de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP). La recolección de las muestras de excremento se realizó cuidadosamente para no estresar a los peces. En este estudio no se sacrificaron peces experimentales.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Crecimiento en peso y longitud

Los alevines de paco, *P. brachypomus* tenían un peso homogéneo al inicio del periodo experimental, sin variaciones significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos (Anexo: 03). Al final del periodo experimental, los peces del tratamiento T3 registraron aumento de peso y longitud, y estos valores eran superiores a los de los tratamientos T1 y T2, lo que indicaba una diferencia sustancial entre tratamientos (Anexo: 04).

Los peces de los tratamientos T1, T2 y T3 tuvieron pesos promedio iniciales de 12.23; 12.21 y 12.24 g. respectivamente. Al finalizar el periodo experimental los peces registraron pesos promedios finales de 92.30; 93.80 y 95.70 g. Asimismo, los peces de los tratamientos T1; T2 y T3 iniciaron con longitudes promedio iniciales de 8.23; 8.10 y 8.13 cm. y finalizaron con longitudes de 16.30; 16.90 y 17.50 cm respectivamente.

Tabla 4: Valores promedio de peso (g) y longitud (cm) inicial y final de alevinos de paco, *P. brachypomus* alimentados con una dieta a base de torta de soya predigerida durante 90 días.

Parámetros	Tratamientos		
	T1 (30% TSP)	T2 (40% TSP)	T3 (50% TSP)
Peso Inicial (g.)	12.23 a	12.21 a	12.24 a
Peso final (g.)	92.30 c	93.80 b	95.70 a
Longitud inicial (cm.)	8.23 a	8.10 a	8.13 a
Longitud final (cm.)	16.30 c	16.90 b	17.50 a

Legenda: TSP= torta soya predigerida /

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

El grafico 01 se muestra la curva de crecimiento en peso de los peces; se puede observar que a partir de los 30 días el peso de los peces empieza a diferenciarse, siendo los peces del tratamiento T3 quienes obtuvieron un mayor crecimiento en peso que fue de 95.70g, en comparación a los peces de los tratamientos T2 y T1, quienes registraron pesos promedios finales de; 93.80g. y 92.30g. respectivamente.

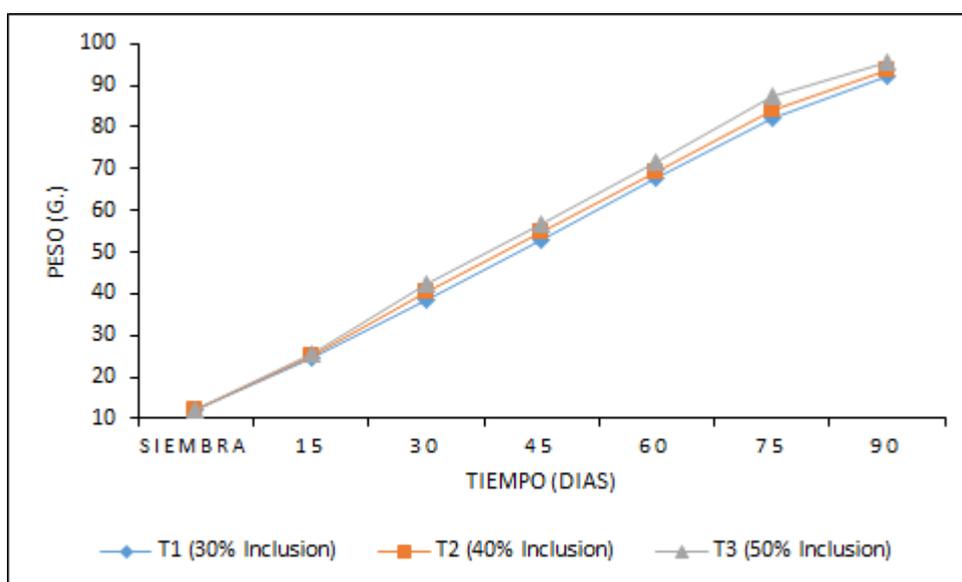


Gráfico 1: Curva de crecimiento en peso (g) de alevinos de paco, *P. brachypomus* alimentados con una dieta a base de torta de soya predigerida, durante 90 días.

El gráfico 02 se muestra la curva de crecimiento en longitud de los peces. El grafico nos muestra como los peces de los tratamientos T1; T2 y T3 iniciaron con longitudes similares, empezando a notarse variaciones en el crecimiento a partir de los 15 días hasta finalizar el cultivo. Al finalizar los 90 días de cultivo se registraron longitudes promedio de 14.5 y 13.6cm para los tratamientos T 1 y T2 respectivamente.

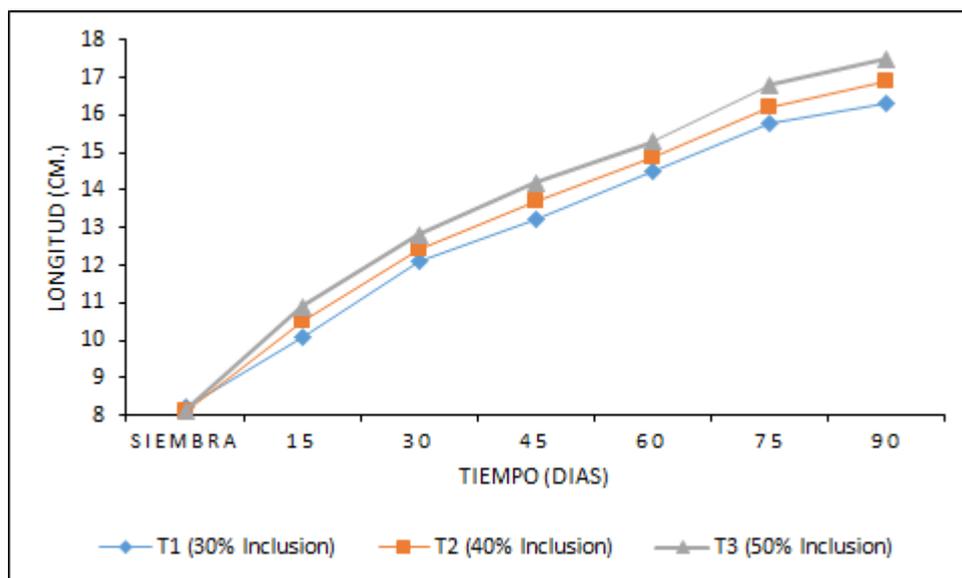


Gráfico 2: Curva de crecimiento en longitud (cm) de alevinos de paco, *P. brachypomus* alimentados con una dieta a base de torta de soya predigerida, durante 90 días.

4.2. Parámetros productivos

Al finalizar el experimento, la ganancia de peso de los peces mostró diferencia significativa ($p < 0.05$), siendo los peces del tratamiento T3 quienes obtuvieron una mejor ganancia de peso, registrando un valor de 83.46 g, frente a los peces del tratamiento T2 y T1, quienes registraron una ganancia de peso de 81.59 g y 80.7 g respectivamente.

Asimismo, los peces del tratamiento T3 mostraron una mayor ganancia de longitud (9.37 cm), superior a lo registrado por los peces del tratamiento T2 y T1, quienes registraron ganancia de longitud inferiores de 8.80 cm y 8.07 cm encontrándose diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Del mismo modo, se encontró diferencia significativa entre los tres tratamientos ($p < 0.05$) para la tasa de crecimiento, dado que los peces

del tratamiento T3 registraron una tasa de crecimiento específico de 2.23 %, siendo este valor superior a lo registrado por los peces del tratamiento T2 y T1, quienes obtuvieron una tasa de crecimiento inferior a lo antes mencionado.

Los peces del tratamiento T3 registraron una conversión alimenticia de 2.19, mientras que los peces del tratamiento T2 y T1 registraron conversiones superiores a este, encontrándose diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos. Por último, también se encontró diferencia significativa para el factor de condición y la supervivencia.

Tabla 5: Valores promedio de los parámetros productivos del paco, *P. brachypomus* alimentados con una dieta a base de torta de soya predigerida, durante 90 días.

Parámetros productivos	Tratamientos		
	T1 (30% TSP)	T2 (40% TSP)	T3 (50% TSP)
Ganancia de peso	80.07 ± 0.61 ^c	81.59 ± 0.35 ^b	83.46 ± 0.35 ^a
Ganancia de longitud	8.07 ± 0.25 ^c	8.80 ± 0.21 ^b	9.37 ± 0.21 ^a
Tasa de crecimiento específico	2.12 ± 0.15 ^c	2.18 ± 0.13 ^b	2.23 ± 0.16 ^a
Conversión alimenticia	2.31 ± 0.11 ^c	2.24 ± 0.14 ^b	2.19 ± 0.17 ^a
Factor de condición	2.15 ± 0.08 ^a	2.13 ± 0.09 ^a	2.10 ± 0.09 ^a
Supervivencia	87.50 ± 1.00 ^b	91.67 ± 0.57 ^a	91.67 ± 0.57 ^a

Leyenda: TSP= Torta de soya predigerida

Medias con una letra común no son significativamente diferentes. Prueba de Tukey $p > 0.05$

4.3. Digestibilidad aparente de la proteína en las dietas balanceadas

En la tabla 6 se detalla los resultados del coeficiente de digestibilidad de Proteína de las dietas evaluadas. En el anexo se muestra el análisis proximal de las heces.

Tabla 6: Coeficiente de digestibilidad aparente de proteína de las dietas con tres niveles de inclusión de torta de soya predigerida.

CDA (%)	Tratamientos		
	T1 (30% TSP)	T2 (40% TSP)	T3 (50% TSP)
CDA PB	78,1	79,5	81,9

4.4. Parámetros de calidad del agua

La tabla 07 muestra los promedios de las propiedades fisicoquímicas del agua, que incluyen temperatura, pH, oxígeno disuelto, dióxido de carbono, nitrito y amonio. Los valores indicados estuvieron dentro de los rangos permisibles para el cultivo de paco y no variaron como resultado del flujo constante del sistema de recirculación y la aireación del agua.

Tabla 7: Parámetros físicos y químicos del agua registrados en el cultivo de paco, *P. brachypomus* bajo un sistema de recirculación cerrado durante 90 días.

Parámetros	T°	O ₂	pH	CO ₂	NO ₂	NH ₄ ⁺
Promedio	29.24	2.98	6.47	2.21	0.50	0.25
V máx.	29.83	3.56	6.92	3.56	1.00	1.00
V mín.	28.01	2.46	5.93	2.16	0.25	0.50

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Al finalizar el periodo experimental, se determinó, que el tratamiento T3 (50% TSP) obtuvo mejores resultados en cuanto al crecimiento en longitud registrando una longitud final de 17.50 cm en comparación con los datos registrados los tratamientos T2 (40% TSP) y T1(30% TSP), quienes registraron una longitud final de 16.90 cm. y 16.30 cm. respectivamente, encontrándose diferencia significativa entre los tratamientos. Además, se registraron pesos finales de 92.30 g; 93.80 g y 95.70 g para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente. Asimismo, se registraron ganancias de peso de 80.07 g; 81.59 y 83.46 g para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente. Valores similares fueron reportados por Gómez *et al*, (2022), quienes usando polvillo de hoja de coca en la respuesta al estrés en juveniles de paco *P. brachypomus* cultivados bajo un sistema de recirculación con biofloc obtuvieron peces con longitudes finales entre 17.31 y 17.75 cm ⁽¹³⁾. A su vez Mendoza (2019) quien probó diferentes niveles de sustitución de torta de soya por pulpa de sachu inchi obteniendo ganancias de peso de 89.50 g; 89.21 g; 70.32 g y 77.42 g para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente ⁽⁷⁾, siendo estos valores similares a lo obtenido en el presente trabajo. Por otro lado, Alzate y Pardo (2016) obtuvieron pesos promedios finales entre 181 y 197g para la especie paco, *P. brachypomus* en 84 días bajo un sistema biofloc ⁽¹⁵⁾. De igual modo Gaitan (2008) registró una ganancia de peso de 184.6g. en 60 días de cultivo ⁽²³⁾, siendo ambos resultados superiores a lo obtenido en la presente investigación.

La tasa de crecimiento específica registrada en el presente trabajo fue de 2.12%/día para el tratamiento T1, 2.18%/día para el tratamiento T2 y 2.23 %/día para el tratamiento T3, siendo estos valores inferiores a lo reportado por Coral-Cashu (2022) quien registró tasas de crecimiento específico de 13.5 %/día; 13.28 %/día y 13.17 %/día para los tres tratamientos evaluados ⁽¹⁴⁾. Por lo contrario, Abimorad *et al*, (2014) obtuvo valores similares a lo reportado en este estudio, registrando valores entre 1.93%/día a 2.24%/día cultivando *Piaractus mesopotamicus* en sistema biofloc ⁽¹³⁾. Del mismo modo, Brú-Cordero *et al*, (2017) registraron valores similares al de nuestro estudio, registrando una tasa de crecimiento específico promedio de 1.35 %/día ⁽²⁰⁾. Respecto al factor de condición, en el presente trabajo se registró un factor de condición superior a 1 para los tres tratamientos, lo cual es indicativo que los peces tuvieron cierto grado de estrés. Por otro lado, Coral-Cashu (2022) reportó valores similares de factor de condición con valores registrados de 1.71; 1.89 y 1.86 ⁽¹⁴⁾. Asimismo, un factor de condición de 5 fue determinado por Chaverra *et al*. (2017) en un estudio con cachama blanca (*P. brachypomus*) en biofloc. Ambos autores llegaron a la misma conclusión de que los peces se encontraban en buenas condiciones físicas al comparar el valor publicado por Br-Cordero *et al*. (2017) para la misma especie, quienes obtuvieron un factor de condición de 2 ^(14, 17). Según Chaverra *et al*. (2017), la diferencia en el peso de los peces es lo que provoca esta variación en el factor de condición. Este último autor utilizó ejemplares de 70 g mientras que Br-Cordero *et al*. (2017) utilizaron especímenes de 200 g ⁽²⁰⁾.

En relación a la conversión alimenticia obtenida en este estudio, se registraron conversiones de 2.31, 2.24 y 2.19 para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente, valores elevados si lo comparamos con los valores registrados por Gómez *et al* (2022), obtuvieron conversiones de alimento entre 1.81 a 1.91, del mismo modo, Miranda (2018) obtuvo valores similares de conversión alimenticia con valores entre 1.05 y 1.17. ^(13, 19). Asimismo, Alzate y Pardo (2016) encontraron valores promedio de conversión alimenticia de 1.1 ± 0.1 ⁽¹⁵⁾, siendo estos valores iguales a los reportados por Chaverra *et al* (2017), lo cual demuestra aceptación de las dietas experimentales usadas ⁽²⁰⁾. Por otro lado, Mendoza (2019) registró valores elevados de conversión alimenticia, siendo el mínimo de 19.20 y el máximo de 26.98 ⁽¹²⁾.

Al finalizar el periodo experimental se registraron sobrevivencia del 87.5 %; 91.67% y 91.67% para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente, valores cercanos a lo obtenido por Gómez y otros (2022) quienes registraron supervivencias entre 89% y 90%. Sin embargo, Coral-Cashu (2022) registró sobrevivencias más bajas, registrando valores de 22.7%; 15% y 13%. ^(13, 14). Luego de analizar el coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de los tres tratamientos, el tratamiento con 50% de inclusión de torta de soya predigerida (T3= 50% TSP) registró un CDA de 81.9, lo cual es un indicador de un mejor aprovechamiento del alimento por parte los peces, coincidiendo con los valores registrados por Gutiérrez & Vásquez (2008) quienes al evaluar la digestibilidad de la soya en juveniles de paco, *P. brachypomus* registraron un CDA para la proteína de 83.2,⁽²¹⁾ siendo estos valores muy cercanos a lo obtenido en el presente trabajo.

Dentro los parámetros fisicoquímicos de agua, se midió la temperatura del agua de las unidades experimentales, registrándose una temperatura promedio de 29.24 °C, un pH promedio de 6.47, oxígeno disuelto promedio de 2.98mg/l nitrito 0.5mg/l y amonio de 0.25mg/l, estando estos valores dentro del rango permisible para el cultivo de la especie, sin embargo los valores registrados para la temperatura y el pH fueron similares a lo reportado por Coral-Cashu (2022) quien registro una temperatura promedio de 27.77°C y un pH de 7.8UI ⁽¹⁴⁾ .

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados, se concluye lo siguiente:

- La torta de soya predigerida tuvo un efecto positivo en el crecimiento en peso y longitud del paco, *P. brachypomus* con valores de 92.30; 93.80 y 95.70g y longitudes de 8.23; 8.10 y 8.13cm respectivamente.
- En relación a los parámetros productivos del paco *P. brachypomus*, en el T3 se obtuvo una mayor ganancia de peso y longitud, con valores de 83.46g y 9.37cm respectivamente. Mientras, que, en la conversión alimentaria y factor de condición, el T1, presento valores de 2.31 y 2.15 y una supervivencia similar en el T2 y T3 con valores de 91.67.
- El coeficiente de digestibilidad fue mayor en el T3, con 81.9 correspondiente al contenido del 50% de la torta de soya predigerida.
- La calidad del agua presentó oscilaciones moderadas, garantizó un rendimiento óptimo en el proceso de incremento de peso y longitud del paco, *P. brachypomus*.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

- Se deben evaluar condiciones de estrés en los peces experimentales, con la finalidad de mejorar el rendimiento del cultivo.
- Se debe considerar la implementación de un backup (respaldo) para los bajones de energía eléctrica.
- Realizar otros trabajos de investigación con otra especie, tomando como base la inclusión de 50% de torta de soya predigerida.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Sánchez LM. La producción acuícola mediante la adición de concentrado de pescado en el alimento y de un probiótico (enzima) en el agua para el crecimiento y supervivencia del paco (*Piaractus brachipomus*, Cuvier 1818). Tesis para optar el título profesional de ingeniero pesquero acuicultor. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal; 2018.
2. Knapp G. Offshore Aquaculture in the United States: Economic Considerations, Implications & Opportunities. [Online].; 2008 [cited 2019 julio 23. Available from: http://www.nmfs.noaa.gov/aquaculture/docs/economics_report/econ_report_all.pdf
3. Knapp G. Offshore Aquaculture in the United States: Economic Considerations, Implications & Opportunities. [Online].; 2008 [cited 2019 julio 23. Available from: http://www.nmfs.noaa.gov/aquaculture/docs/economics_report/econ_report_all.pdf.
4. APROMAR. La Acuicultura en España. [Online].; 2013 [cited 2019 agosto 12. Available from: https://docs.google.com/file/d/0B4_4E-v9oqL_X1ZjQUVPOFphUDA/edit.
5. Aquahoy. 61% de la harina de pescado en dietas de camarón puede ser reemplazado con soya fermentada. [Online].; 2017 [cited 2021 junio 9. Available from: <https://www.aquahoy.com/i-d-i/nutricion/29277-61-de-la-harina-de-pescado-en-dietas-de-camaron-puede-ser-reemplazado-con-soya-fermentada>.

6. Bioaquafloc. Alimento predigerido, de fertilizante orgánico a revolucionario alimento en acuicultura. [Online].; 2020 [cited 2021 julio 17]. Available from: <https://www.bioaquafloc.com/aquamimicry/alimento-predigerido-de-fertilizante-organico-a-revolucionario-alimento-en-acuicultura>.
7. Mendoza DD. Sustitución de torta de soya por pulpa de Sacha Inchi (*Plukenetia volúbilis*) Linneo) para disminuir el precio de alimentos en paco (*Piaractus brachypomus*) en alevinos bajo condiciones controladas en Pucallpa. Tesis para optar el título académico de ingeniero agrónomo. Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali; 2019.
8. Glencross B, Blyth D, Irvin S, Bourne N, Campet M, Boisot P, et al. An evaluation of the complete replacement of both fishmeal and fish oil in diets for juvenile asian seabass, *Latescalcarifer*. *Aquaculture*. 2015: p. 298-309.
9. Li P, Wang J, Song Z, Zhang L, Zhanga H, Li X, et al. Evaluation of soy protein concentrate as a substitute for fishmeal in diets for juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). *Aquaculture*. 2015: p. 578-585.
10. Kim H, Jung W, Myung S, Cho S, Kim D. Substitution effects of fishmeal with tuna by product meal in the diet on growth, body composition, plasma chemistry and amino acid profiles of juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*. 2014: p. 92-98.
11. Bauer W, Prentice-Hernandez C, Tesser MB, Wasielesky Jr W, Poersch LH. Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 2012: p. 112-116.

12. Bioaquafloc a. bioaquafloc. [Online].; 2019 [cited 2021 Agosto 18. Available from: <https://www.bioaquafloc.com/aquamimicry/el-fermento-de-soya-revoluciona-el-mundo-de-la-acuicultura-simbiotica/>.
13. Gómez-Matos H, Lizaraso-Huaman F, Mahoma-Yupe C, Delgado-Soriano V. Uso de polvilo de hoja de coca en la respuesta al estrés en juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*) bajo un sistema de recircuacion con biofloc. Ariotake-Revista de Investigación Veterinaria y Amazonía. 2022; 1(1).
14. Coral- Cashú BH. Cultivo de postlarvas de paco *Piaractus brachypomus*, Cuvier 2018 serrasalmidae) bajo tres densidades de siembra en un sistema de recirculación acuicola, banda de shilcayo, san Martin. Tesis para optar el título profesional de Biólogo Acuicultor. Tarapoto: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana; 2022.
15. Alzate-Diaz HA, Pardo-Carrasco SC. Evaluación de fuentes proteicas para el desempeño productivo de cachama blanca *Piaractus brachypomus* en sistema biofloc. Orinoquia. 2016 diciembre; 20(2).
16. Pilco-Vergaray J. Comportamiento poductivo de dos densidades de siembra de *Piaractus brachypomus* "paco" en un sistema acuapónico superintensivo, en el IESPPB, 2015. Tesis para optar el titulo de Ingeniero Agroforestal Acuícola. Yarinacocha: Universddidad Nacional Intercultural de la Amazonia; 2015.
17. Benavides-Mora L, López-Moreno W. Evaluación del efecto biofloc en la producción de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en condiciones de laboratorio. [Online].; 2012 [cited 2023 diciembre 12. Available from: <http://sired.udenar.edu.co/3330/>.

18. Portocarrero K. Digestibilidad proteico-energética de la torta de castaña *Bertholletia excelsa* en juveniles de paco *Piaractus brachypomus* en condiciones controladas, Puerto Maldonado - Perú. Tesis para optar el título profesional de Biólogo Acuicultor. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana; 2020.
19. Miranda JD. Digestibilidad de nutrientes y determinación del requerimiento energético de juveniles de paco, *Piaractus brachypomus*. Tesis para optar el grado de Maestro en Nutrición. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2018.
20. Espinoza AS. Digestibilidad de nutrientes y energía digestible de torta de soya (*Glycine max*) en juveniles de sábalo cola roja (*Brycon erythopterum*). Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento Académico de Nutrición; 2017.
21. Gutierrez-Espinoza MC, Vásquez-Torres W. Digestibilidad de Glicine max L. soya. en juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus* Cuvier 1818. Orinoquia. 2008; 12(2): p. 141-148.
22. Briones, K. Digestibilidad de ingredientes proteicos y requerimientos de proteína para el paco, *Piaractus brachypomus* en la etapa de alevinos. Tesis para optar el Grado de Maestro en Nutrición. Universidad Nacional Agraria la Molina. 2019.
23. Mantilla, B. Uso de harina de soya (*Glycine max*)” en la Alimentación de tilapia. Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ecuador. Tesis para optar el título de Médico Veterinario Zootecnistas.2021

24. Abimorad E, Ducati C, Castellani D, Jomori R, Portella M, Carneiro D. The use of stable isotopes to investigate the effects of supplemental lysine and methionine on protein turnover and amino acid utilization in pacu, *Piaractus mesopotamicus*, juveniles. *Aquac Res.* 2014;(433): p. 119-124.
25. Brú-Cordero SB, Pertúz-Buelvas V, Ayazo-Genes J, Atencio-García VJ, Pardo-Carrasco S. Bicultivo de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en biofloc alimentadas con dietas de origen vegetal. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia.* 2017; 64(1): p. 44-60.
26. Camara EM, Pellegrini E, Petry AC. Fator de condicao: bases conceituais, aplicacoes e perspectivas de uso em pesqueiras ecologicas com peixes. *Oecologia Australis.* 2011; 15(2): p. 51-64.
27. Chaverra S, García J, Pardo S. Efectos del biofloc sobre los parámetros de crecimiento de juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus*. *CES Medicina veterinaria y zootecnia.* 2017.
28. Miranda JD. Digestibilidad de nutrientes y determinación del requerimiento energético de juveniles de paco, *Piaractus brachypomus*. Tesis para optar el grado de Maestro en Nutrición. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2018.
29. Gutierrez-Epinoza MC, Vásquez-Torres W. Digestibilidad de Glicine max L. soya. en juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus* Cuvier 1818. *Orinoquia.* 2008; 12(2): p. 141-148.
30. Batista K, Lochmann R, Alcántara B. Apparent digestible energy and nutrient digestibility coefficients of diet ingredients for pacu *Piaractus brachypomus*. *World Aquaculture Society.* 2004; 35(2): p. 237-244.

31. Celdrán-Sabater D. Alimento predigerido de fertilizante orgánico como alimento en la acuicultura. Revista Acuicultura. 2021 febrero: p. 43-45.
32. <http://www.fishbase.org/Summary/speciesSummary.php?ID=5808&genusname=Piaractus&speciesname=brachypomus&AT=Piaractus+brachypomus&lang=Spanish>

ANEXOS

Anexo 1:

Imagen de ubicación del área de estudio.



Anexo 02

Instrumentos de recolección de datos

Parámetros productivos	Tiempo (días)						
	Siembra	15	30	45	60	75	90
Fecha de evaluación							
Periodo de cultivo (días)							
Población (und.)							
Peso promedio (g)							
Talla promedio (cm)							
Ganancia de peso (g)							
Ganancia de talla (cm)							
Incremento de biomasa (kg)							
Tasa de alimentación (%)							
Ración (g)							
Biomasa total (kg)							

Alimento total consumido (g)

Factor de conversión del alimento

Tasa de crecimiento específico

Factor de condición

Ficha de muestreo biométrico quincenal.

N°	Tratamiento: _____					
	R1		R2		R3	
	Talla (cm)	Peso (g)	Talla (cm)	Peso (g)	Talla (cm)	Peso (g)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
Σ						

Anexo 03:

Estadística complementaria de los pesos y longitudes Iniciales

Cuadro de análisis de varianza (ANOVA) de la longitud promedio inicial de los peces.

Fuente	SC Ajust.	gl	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	0.02889	2	0.014444	1.63	0.273
Error	0.05333	6	0.008889		
Total	0.08222	8			

Cuadro de análisis de varianza (ANOVA) del peso promedio inicial de los peces.

Fuente	SC Ajust.	gl	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	0.002222	2	0.001111	0.03	0.974
Error	0.253333	6	0.042222		
Total	0.255556	8			

Anexo 04:

Estadística complementaria de los pesos y longitudes finales

Cuadro de análisis de varianza (ANOVA) de la longitud promedio final de los peces.

Fuente	SC Ajust.	gl	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2.4067	2	1.20333	28.50	0.001
Error	0.2533	6	0.04222		
Total	2.6600	8			

Leyenda: gl= Grados de libertad, SC= Suma de Cuadrados, MC= Cuadrado Medio, F= Valor

F calculado, p= Probabilidad

Cuadro de análisis de varianza (ANOVA) del peso promedio final de los peces.

Fuente	SC Ajust.	gl	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	17.0467	2	8.5233	61.37	0.000
Error	0.8333	6	0.1389		
Total	17.8800	8			

Leyenda: gl= Grados de libertad, SC= Suma de Cuadrados, MC= Cuadrado Medio, F= Valor

F calculado, p= Probabilidad

Anexo: Panel Fotográfico



01: Iniciando la instalación de las unidades experimentales.



02: Culminando la instalación de las unidades experimentales.



03: Instalación de los baldes sedimentadores para la recolección de heces.



04: Marcha en blanco del sistema de recirculación para el cultivo de paco.



05: Preparación del fermento a base de probiótico EM-COMPOST, agua y melaza.



06: Mezclado de la torta de soya con el fermento.



07: Torta de soya predigerido para la elaboración de dieta.



08: Aclimatación de los alevinos de paco *P. brachypomus*.



09: Muestreo biométrico de los peces experimentales.

Anexo:

Análisis proximal de las dietas experimentales.



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA
CERTIFICADO INDECOPRI N° 00072183

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS

REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS

N° SOLICITUD	: 0054-23	FECHA DE MUESTREO	: 04/03/2023
SOLICITANTE	: LILIAN SANDOVAL FLORES	FECHA DE RECEP. LAB	: 06/03/2023
PROCEDENCIA	: YURIMAGUAS	FECHA DE REPORTE	: 11/03/2023
TIPO DE MATRIZ	: ALIMENTO (BALANCEADO DE TORTA DE SOYA PREDIGERIDA)		

Item	Número de la muestra				Humedad	Acet & gras	Proteína
	Lab.		Campo		%	%	%
01	23	03	0335	T1	29.76	13.69	29.96
02	23	03	0336	T2	36.99	13.73	30.61
03	23	03	0337	T3	43.97	14.14	32.03

MÉTODOS:

HUMEDAD : Gravimetría a 105 °C

ACEITES & GRASAS : Extracción según Soxhlet (n-Hexano)

PROTEÍNA : Kjeldhal (factor: 6.25)


 INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
 TARAPOTO - PERU
 Cesar O. Arvalo Hernandez, MSc
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

La Banda de Shilcayo, 11 de Marzo del 2023

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

Pag. 1 de 1

Análisis proximal de heces de los peces por tratamiento



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA
CERTIFICADO INDECOPRI N° 00072183

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS

REPORTE DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS

N° SOLICITUD	: 0054-23	FECHA DE MUESTREO	: 04/03/2023
SOLICITANTE	: LILIAN SANDOVAL FLORES	FECHA DE RECEP. LAB	: 06/03/2023
PROCEDENCIA	: YURIMAGUAS	FECHA DE REPORTE	: 11/03/2023
TIPO DE MATRIZ	: HECES DE PECES		

Item	Número de la muestra				Humedad	Acet & gras	Proteína
	Lab.		Campo		%	%	%
01	23	03	0332	T1	12.29	3.43	12.76
02	23	03	0333	T2	12.36	3.69	12.71
03	23	03	0334	T3	11.97	4.16	13.14

MÉTODOS:

HUMEDAD : Gravimetría a 105 °C

ACEITES & GRASAS : Extracción según Soxhlet (n-Hexano)

PROTEÍNA : Kjeldhal (factor: 6.25)


 INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
 TARAPOTO - PERU
 Cesar O. Arvalo Hernandez, MSc
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

La Banda de Shilcayo, 11 de Marzo del 2023

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

Pag. 1 de 1