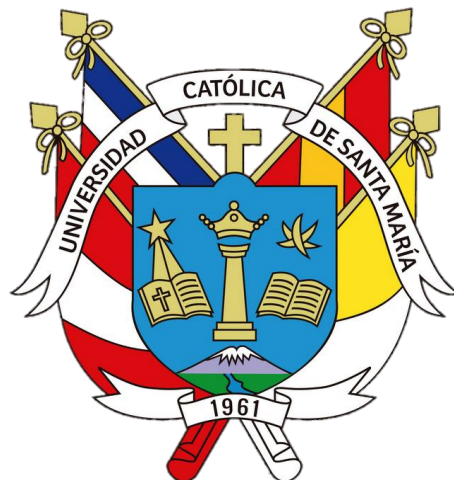


Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y
Biotechnológicas
Escuela profesional de Ingeniería Biotechnológica



“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRUSION EN LA PRODUCCIÓN DE PELETS ELABORADOS A PARTIR DE LA HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA (*Hermetia illucens*), PARA LA ALIMENTACIÓN DE ALEVINES Y JUVENILES DE TRUCHA ARCOIRIS (*Oncorhynchus Mikyss*).”

Tesis presentada por la Bachiller:

Suma Sulca, Yaneth.

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniera Biotechnóloga.

Asesor (a):

Ing. López Álvarez, Natalia Paola

Arequipa-Perú

2022

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA BIOTECNOLOGICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 21 de Octubre del 2022

Dictamen: 004333-C-EPIB-2022

Visto el borrador del expediente 004333, presentado por:

2016222542 - SUMA SULLCA YANETH

Titulado:

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRUSION EN LA PRODUCCIÓN DE PELETS ELABORADOS A PARTIR DE LA HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA (HERMETIA ILLUCENS), PARA LA ALIMENTACIÓN DE ALEVINES Y JUVENILES DE TRUCHA ARCOIRIS (ONCORHYNCHUS MIKYSS).

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**0737 - PAZ ALIAGA CARLOS EITEL IVAN
DICTAMINADOR**



**1164 - BARDALES ALVAREZ ROXANA MARGARITA
DICTAMINADOR**



**2780 - VALDIVIA CARPIO WILLY ANIBAL
DICTAMINADOR**



Dedicatoria

A Dios, mis padres, hermana, quienes fueron el motor de mi esfuerzo, y apoyo incondicional, ya que siempre estuvieron guiándome e incentivándome durante el camino para cumplir mis sueños.



Agradecimientos

*Un profundo agradecimiento al Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura PNIPA, ya que gracias a su financiamiento dentro del marco de ejecución del proyecto SIAD-PP-00551 “FORMULACION DE DIETAS BALANCEDAS COSTO EFECTIVAS PARA ACUICULTURA, UTILIZANDO UNA FUENTE NUTRICIONAL ALTERNATIVA: HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA (*Hermetia illucens*), ESTANDARIZADA”, fue posible llevar a cabo este trabajo de tesis conducido también por la Universidad Católica de Santa María.*



ÍNDICE

Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
HIPÓTESIS	3
DEFINICIÓN OPERACIONAL Y CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES.....	4
OBJETIVOS.....	5
CAPÍTULO I.....	6
1 MARCO TEÓRICO.....	6
1.1 Estado del arte.	6
1.2 Mosca soldado negra (<i>Hermetia Illucens</i>).....	9
1.2.1 Generalidades.....	9
1.2.2 Etapas de desarrollo de la Mosca Soldado Negra:.....	10
1.2.3 Condiciones ambientales para la crianza de la Mosca Soldado Negra (<i>Hermetia illucens</i>).	11
1.2.4 Harina de larvas de mosca soldado negra.	11
1.3 Trucha Arco iris.....	13
1.3.1 Clasificación taxonómica:.....	13
1.3.2 Generalidades.....	14
1.3.3 Características.....	15
1.3.4 Etapas de crecimiento.	15
1.3.5 Requerimiento nutricional.....	15
1.4 Tipos de Alimento en la crianza intensiva.....	18
1.4.1 Alimento peletizado.....	18
1.4.2 Alimento extruido.....	19

1.4.3	Proceso de Extrusión.....	19
1.4.4	Factores que influyen en la calidad física del pellet.	20
1.4.5	Parámetros que evalúan la calidad de pellet.	22
1.4.6	Alimento comercial.....	24
CAPITULO II		26
2	MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	26
2.1	Lugares de ejecución.	26
2.2	Materiales.	26
2.3	Métodos.	27
2.3.1	Determinación de la composición próxima de la harina de <i>Hermetia illucens</i>	27
2.3.2	Formulación de mezclas que contienen la harina de <i>Hermetia illucens</i>	27
2.3.3	Procesamiento de Extrusión.....	27
2.3.4	Evaluación de los parámetros de hidroestabilidad, flotabilidad, y atractabilidad.....	28
CAPITULO III.....		31
3	RESULTADOS Y DISCUSIONES	31
3.1	Determinación de la composición próxima de la harina de <i>Hermetia illucens</i> utilizado como reemplazo proteico en el alimento balanceado para trucha arcoíris.	31
3.2	Formulación de mezclas que contienen la harina de <i>Hermetia illucens</i>	32
3.3	Procesamiento de Extrusión.	35
3.4	Evaluación de los parámetros de hidroestabilidad, flotabilidad, y atractabilidad.	36
3.4.1	Hidroestabilidad.....	37
3.4.2	Flotabilidad	41
3.4.3	Atractabilidad.....	47
CAPITULO IV		50
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
4.1	CONCLUSIONES	50
4.2	RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		52
ANEXOS.		58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables de investigación	4
Tabla 2: Comparación de la composición bromatológica entre la harina de pescado y los datos experimentales de la harina de <i>Hermetia illucens</i>	12
Tabla 3: Composición de aminoácidos (%Materia seca) de <i>Hermetia illucens</i> .	13
Tabla 4: Condiciones físicoquímicas del agua para la crianza de trucha arcoíris	14
Tabla 5: Porcentaje de aminoácidos para trucha	16
Tabla 6: Cantidad por (mg) de vitaminas	18
Tabla 7: Estrategia de alimentación	24
Tabla 8: Composición bromatológica nutricional de la dieta Aquatech.	25
Tabla 9: Composición de la dieta comercial Aquatech.	25
Tabla 10: Composición bromatológica de harina de <i>Hermetia illucens</i>	32
Tabla 11: Insumos requeridos para la dieta en etapa de alevinaje incluyendo harina de <i>Hermetia illucens</i>	34
Tabla 12: Insumos requeridos para la dieta en la etapa de juvenil con inclusión de harina de <i>Hermetia illucens</i>	35
Tabla 13: Resultados del %PMS y %Atractabilidad tanto para la etapa de alevinaje como la de juvenil.	37
Tabla 14. Resultados de la prueba post hoc para %PMS según Tukey	40
Tabla 15. Resultados de la prueba post hoc para %flotabilidad según tukey HSD	45
Tabla 16. Prueba post hoc para % flotabilidad en las interacciones según Tukey HSD.	46
Tabla 17. Resultados de la prueba post hoc para % Atractabilidad según tukey.	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de una extrusora de un solo tornillo (González,1988) (35).....	20
Figura 2. Porcentaje de pérdida de materia seca. En A) Según etapa de desarrollo de la trucha,b) Según tipo de alimento.....	38
Figura 3. Porcentaje de pérdida de materia seca en función a las Humedades Relativas de trabajo para los dos tamaños de pellet.....	39
Figura 4. Porcentaje de flotabilidad. En A) según etapa de la trucha,B) Según tipo de tratamiento.....	42
Figura 5. Porcentaje de flotabilidad en la interacción tamaño de pellet, dieta y tiempo (min)	44
Figura 6. Porcentaje del índice de atractabilidad (%IA),según el tipo de alimento tratado.....	47



RESUMEN

Para el crecimiento de la acuicultura, es importante la búsqueda de nuevos insumos alternativos de buena calidad y de bajo costo, que ayude a sustituir la fuente proteica incluida en las dietas balanceadas para salmónidos, por lo que, en este estudio, se usó un nivel de inclusión del 50% de Harina de las Larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens.*), reemplazando a la Harina de pescado en el formulado para la alimentación de trucha arcoíris (*Oncorhynchus Mikyss*). Así también, se dio la optimización del proceso de extrusión para la elaboración de pellets de alta calidad comparándola con un Alimento comercial.

Para ello se evaluó el efecto del uso de diferentes humedades relativas (HR22%,HR25% y HR28%), durante el pre-acondicionamiento en el proceso de extrusión de la dieta desarrollada mencionada, sobre la calidad de pellet, determinando su Hidroestabilidad interpretado como el porcentaje de Pérdida de Materia Seca (%PMS), porcentaje de flotabilidad (%F) y el porcentaje del índice de Atractabilidad (%IA), siendo comparadas con alimento comercial (AC).

Para la interpretación de resultados, se realizó un análisis de varianza ANOVA y la prueba de tukey en el programa Statgraphics 19. En cuanto al %PMS, resultó una diferencia estadísticamente significativa entre las dietas (HR22%, HR25%, y HR28% AC) obteniendo el menor %PMS, el AC (9.8%) y la dieta con una HR28% (12.33%), para ambas etapas de desarrollo. En cuanto al % Flotabilidad entre las dietas con HR 25% y HR 28% con un promedio de 53.75% y 58.13% respectivamente fueron similares, la dieta que tuvo mejores resultados respecto a tiempo fue HR 28%, con 100%, 45% y 29.38% en tiempos de 0 min, 1min, 2 min respectivamente.

Para el %IA las diferentes dietas resultaron con una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$) por lo que, con la prueba de Tukey se confirmó, que se obtuvo mejor resultado con la dieta HR 28%, siguiéndole el AC con 55.92 % y 53.33% respectivamente.

En general ha sido posible obtener pellets de buena calidad tratadas con una humedad relativa (HR) de 28%, tanto para truchas en etapa juvenil como de alevinaje resultando ser competitivo frente al alimento comercial (AC).

Palabras claves: Extrusión, humedad, Larva de Mosca Soldado negra, proceso.

ABSTRACT

For the growth of aquaculture, it is important to search for new alternative inputs of good quality and low cost, which help to replace the protein source included in balanced diets for salmonids, for which, in this study, a level was used. of inclusion of 50% of Black Soldier Fly Larvae Meal (*Hermetia illucens.*), replacing fishmeal in the formulation for feeding rainbow trout (*Oncorhynchus Mikyss*), Likewise, the optimization of the process of extrusion for the production of high quality pellets compared to a commercial feed.

For this, the effect of the use of different relative humidities (HR22%, HR25% and HR28%), during the pre-conditioning in the extrusion process of the developed diet mentioned, on the quality of the pellet was evaluated, determining its Hydrostability interpreted as the percentage of Loss of Dry Matter (%PMS), percentage of buoyancy (%F) and the percentage of the Attractability Index (%IA), being compared with commercial feed (AC).

For the interpretation of results, an analysis of variance ANOVA and Tukey's test were performed in the Statgraphics 19 program. Regarding the %PMS, there was a statistically significant difference between the diets (HR22%, HR25%, and HR28% AC) obtaining the lowest %PMS, the AC (9.8%) and the diet with a HR28% (12.33%), for both stages of development. Regarding the % of buoyancy between the diets with HR 25% and HR 28% with an average of 53.75% and 58.13% respectively, they were similar, the diet that had the best results with respect to time was HR 28%, with 100%, 45% and 29.38% in times of 0 min, 1 min, and 2 min, respectively.

For the %IA, the different diets resulted in a statistically significant difference ($p < 0.05$) so, with the Tukey test, it was achieved that the best result was obtained with the 28% HR diet, followed by the AC with 55.92% and 53.33. % respectively.

In general, it has been possible to obtain good quality pellets treated with a relative humidity (RH) of 28%, both for juvenile and fingerling trout, proving to be competitive with commercial feed (AC).

Keywords: Extrusion, humidity, Black Soldier Fly Larvae, process.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una práctica fundamental, ya que desempeña un papel muy importante en la nutrición, ingreso y trabajo de millones de personas a nivel mundial, siendo también su producto más comercializado generando sustento en países en vías de desarrollo, por ello dichos océanos contribuirán a una segura fuente alimentaria para 9.700 millones de personas estimadas para el año 2050 (69).

En el Perú se obtuvo una buena producción en el 2021, aumentando a 144 206 toneladas, es decir un 0.3% más que en el 2020, Teniendo en el Norte (Tumbes y Piura), gran cantidad de cultivo del langostinos y la concha de Abanico, mientras que en Puno se obtuvo el 71% de producción de trucha, siendo el total a nivel nacional (1), en 2016 fué con la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) con 40 946 TM (2). Por lo tanto es un desafío, buscar insumos de bajo costo que reemplacen la fuente proteica de la Harina de Pescado, ya que este insumo tiene un alto costo (3) (4) . Se realizaron estudios con reemplazo de Harina de Larva de insectos como el gusano de seda (*Ombix mori*) (7) (8) , no apto porque solo se alimenta de hojas de morera , se encontró que la mosca doméstica (*Musca domestica*) tiene un poco más de aporte proteico de un 40% a un 60 % de proteína cruda (6) (7) comparado con la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*) 37 y 57 % de PC (7) , sin embargo, es un vector de enfermedades, por lo que en este trabajo se incluirá Harina de Larva de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*) en una dieta formulada, ya que también es un insumo potencial capaz de reemplazar a la harina de pescado, Belhit (2019) (5), probó que el reemplazo a un 100% de Harina *Hermetia illucens* en un formulado, no afectó en el crecimiento, digestibilidad de nutrientes, características hepáticas y cualidades sensoriales de salmón del Atlántico (*Salmo salar*) (5) y por efecto es mejor que las proteínas vegetales, a la vez que estas se pueden producir sobre sustratos de desechos orgánicos, en ambientes controlados, requiere poca energía y aportes de agua y contiene altos niveles de aminoácidos esenciales (15).

El proceso de fabricación del alimento extruído para peces, también es de suma importancia para la producción de pellets de buena calidad tanto física como química, ya que muchos problemas dietarios se han relacionado con estas, así mismo con el uso de ingredientes de baja calidad (33). Durante el proceso de extrusión es principal el control de la humedad, temperatura y presión que es generada dentro del barril, siendo la más importante la añadidura de agua, ya

que de esto depende la calidad del producto final, puesto que al usar humedades altas junto con temperatura y presión elevada, favorece a la gelatinización de los almidones y sale con porosidad, favoreciendo su flotación en el agua (14) .

Por lo que el presente proyecto busca someter las dietas formuladas que cumplan con la demanda de los requerimientos nutricionales para alevines y juveniles de truchas arcoiris (*Oncorhynchus Mykiss*), al proceso de extruido con diferentes tratamientos de 22,25,28% de humedad en el pre acidicionamiento; buscando la optimización, se espera que la garantización de alimentos extruidos tengan una buena calidad física;es decir, que posean una buena hidroestabilidad, flotabilidad y atractabilidad.

El manejo adecuado; así como, la calidad física de los pellets, genera menos pérdidas por lixiviación y por ende, a un consumo eficiente de la trucha (9) (31), generando la disminución de la cantidad de desechos o alimentos no ingeridos, permitiendo el mejoramiento de la calidad de efluentes y la reducción de la eutrofización, controlando así la contaminación acuática (29) (30).

HIPÓTESIS

Dado que la variable humedad es una característica relevante en la producción de pellets, al determinar la humedad más óptima, es posible generar pelets elaborados a partir de Harina de Larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*) de buena calidad (hidroestabilidad, flotabilidad y atractabilidad).



DEFINICIÓN OPERACIONAL Y CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES

Tabla 1. Variables de investigación

VARIABLES	VARIABLE	NIVELES	INDICADORES	SUBINDICADOR	UNIDADES
Independiente	Humedad	22,25,28	Pérdida de masa	Materia seca	%
	Estadío de Trucha	Alevines Juveniles -----	Peso Tamaño		
Dependiente	Calidad		Flotabilidad del pellet	Tiempo N° de pellets Flotantes Flotabilidad	Min %
			Hidroestabilidad del pellet	Pérdida de Materia seca	(%)
			Atractabilidad del pellet	Índice de Atractabilidad. N° de peces atraídos.	(%)

Fuente: Elaboración propia.

OBJETIVOS

Objetivo General.

Optimizar el proceso de extrusión para la producción de pelets elaborados a partir de la harina de larva de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), para la alimentación de alevines y juveniles de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mikyss*).

Objetivos específicos.

1. Estandarizar un formulado, utilizando la Harina de Larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*) para su uso como alimento en alevines y juveniles de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mikyss*).
2. Determinar el mejor tratamiento (Humedad relativa 22%-25%-28%) en el proceso de extrusión, a partir del formulado con la Harina de Larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*), para su uso como alimento en alevines y juveniles de trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mikyss*), comparándola con un alimento comercial.
3. Analizar el efecto de la humedad (22-25-28%) del mezclado sobre la hidroestabilidad, flotabilidad y atractabilidad del alimento extruido a partir del formulado con la Harina de Larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*), para su uso en alevines y juveniles de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mikyss*).

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Estado del arte.

En el informe de tesis titulado “Comparación de la flotabilidad de un concentrado comercial y una fórmula desarrollada en el CUNSUROC para el engorde de tilapia (*Oreochromis niloticus*)” publicado en 2018 por Gamboa V. en este estudio evaluó la flotabilidad de la fórmula que desarrolló y una comercial, en la cuál trabajó con humedades de 22-28% teniendo como resultados una similitud en el porcentaje de flotabilidad, 86 % para el concentrado comercial (CC) y 88.7 % para la fórmula desarrollada, aceptandose la hipótesis en la cuál afirma que no poseen diferencia significativa entre ambos, usando la prueba t student (10).

En el siguiente artículo titulado “Parámetros de Calidad y Metodologías para Determinar las Propiedades Físicas de Alimentos Extruidos para peces.” Publicado en 2017 por José L. Hoyos, Héctor S y colaboradores analizaron bibliográficamente la calidad física del alimento extruido tales como dureza, durabilidad, estabilidad en agua, velocidad de hundimiento, densidad aparente, etc, como métodos para en el control de su producción a nivel industrial. Para una buena estabilidad en agua según Derby *et al.* (2016), demostraron que el glúten, almidón y harina de trigo, sometiénolas a condiciones de hidratación y cocción, es decir, a un proceso de extrusión, funcionan como unos buenos aglutinantes ya que limitan la lixiviación de los componentes del pellet; según Zhang *et al* (2012), para que el pellet posea un menor velocidad de hundimiento es necesario que el pellet tenga una densidad aproximada a 520 g/L y tenga un recubrimiento con lípidos para proporcionarle una buena flotabilidad.

Aarseth *et al.* (2006) usó dos temperaturas de 100°C y 140°C, observaron que los pellets extruidos a temperaturas más altas mostraron menor fuerza de tensión aunque fueron más homogéneos (11).

En el artículo titulado “Effects of feed processing method (extrusion and expansion-compression pelleting) on water quality and growth of rainbow trout in a commercial setting.” publicado en 2018 por Welker TL, Overturf K y colaboradores evaluaron las características fisicoquímicas del alimento, la estabilidad fecal, la calidad del agua, y el rendimiento del crecimiento en la trucha arco iris, en las cuales se usaron tres tipos de alimento

“(hundimiento expandido [EpS], hundimiento extruido [ExS], extruido flotante [ExF])” , en este estudio se alimentaron a 124 truchas en etapa juvenil (12).

En la composición química resultaron similares, excepto en el grado de gelatinización del almidón (%) fue significativamente mayor en “ExS (90.01 ± 0.26) y ExF (84.82 ± 0.63)” que el alimento EpS (9.09 ± 0.41). El alimento ExF generó una mejor conversión alimenticia y crecimiento en la trucha. En cuanto al crecimiento (%) aumentó a medida que la tasa de alimentación era alta “(tasa de alimentación 1: $125,6 \pm 10,3$; tasa de alimentación 2: $140,8 \pm 16,0$)”, sin embargo, no hubo diferencia con la tasa de alimentación 3: $135,9 \pm 22,8$. Entonces concluyeron en base a los resultados que el proceso de extrusión produce gránulos de mejor calidad que el método de granulación comprimida por expansión, mejora el tamaño de las heces, haciendo que sea más fácil recolectarlas, produce una menor descarga de fósforo, y son más hidroestables (12).

En el artículo titulado “Nutritional responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets with different physical qualities at stable or variable environmental conditions.” publicado en 2011 por Terjesen BF, Sigholt T y colaboradores el cual consistió en la alimentación de las truchas con un peso inicial de 1144g con dietas A y B, teniendo alta y baja hidroestabilidad respectivamente por 6 semanas, la dieta A tenía como características gránulos más compactos comparados con el alimento B, en las 4 primeras semanas la dieta B obtuvo mayor atractabilidad en un 23%, después disminuyó debido a la calidad de agua. Finalmente, al evaluar los estómagos resultó que las truchas alimentadas con el pienso B contenían gránulos triturados, agua y aceite libres, y las alimentadas con el pienso A contenían más gránulos compactos y líquido en poca cantidad. La digestibilidad aparente de proteína, materia seca, almidón, y energía resultaron mejor en el alimento A, ya que al tener un ambiente más estable hubo mejor digestibilidad de P y Zn, pues la asimilación de P fue mejor en el alimento A. Por lo que se llega a la conclusión, que es importante la calidad física en la nutrición , así como el medio fluctuante en el que habitan las truchas (13).

En el siguiente informe de tesis titulado “Optimización del proceso de extrusión para la elaboración de pelets para alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en Zamorano” Publicado en 2007 por Berman Andrés. En la cual, evaluó el efecto de cuatro tratamientos en un rango de 21-24% de humedad sobre el contenido de proteína, flotabilidad e hidroestabilidad

de los pelets, resultando que el tratamiento de 24% de humedad produjo pelets de muy buena calidad (14).

En el siguiente artículo científico “Can the inclusion of black soldier fly (*Hermetia illucens*) in diet affect the flesh quality/nutritional traits of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after freezing and cooking?” publicado en 2019 por Secci G, Mancini S y colaboradores se evaluaron parámetros físicos y químicos de los filetes de truchas arcoiris que estuvieron por 120 días en refrigeración y luego de la cocción, los cuales fueron alimentados con la HLMSN con niveles de inclusión de 0, 25 y 50% dando como resultado cambios negativos después de de 30 hasta los 90 días, por lo que indica que la HLMSN no influye en el ph, los ácidos grasos saturados estuvieron altamente presentes en las muestras Hi50, algunos monoinsaturados y poliinsaturados estuvieron presentes en mayor cantidad en C que en Hi50, mientras que Hi25 obtuvo resultados intermedios, tanto en estado de cocción y crudo. Por lo que concluyeron que a nivel de inclusión de 25% con harina de insectos no modifica considerablemente las características fisicoquímicas de la trucha (15).

En el siguiente informe de tesis titulado “Physico-chemical properties of extruded aquafeed pellets containing black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and adult cricket (*Acheta domesticus*) meals” Publicado en 2018 por Irungu F.G F y colaboradores evaluaron el reemplazo de la “harina de camarones (FWSM) con la Harina de Larvas de Mosca Soldado Negra (BSFM) y Harina de grillo adulto (ACM) en un 0, 25,50 y 75 %, a humedades ajustadas de 10,20 o 30 g/100g antes de la extrusión, para poder determinar la flotabilidad, densidad aparente, tasa de expansión, índice de absorción, hidroestabilidad, velocidad de hundimiento, durabilidad, solubilidad, sólidos totales suspendidos y disueltos en agua de los pellets extruidos, resultando que los pellets de buena calidad fueron los que tenían un nivel de inclusión de BSFM de un 75% y 75% de ACM con una humedad de alimentación de 30g/100g (16).

En el siguiente informe de tesis titulado “Effects of pelletization or extrusion of the fattening diet on production performance of pan size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)” Publicado en 1999 por Pokniak M y colaboradores evaluaron el, “índice hepatosomático, rendimiento productivo, rendimiento en canal, composición química de la parte comestible (filete) y comparación económica ambos proceso y el desempeño productivo fue evaluado por el peso vivo, consumo de alimento (FC), eficiencia alimenticia (FE), tasa de crecimiento específico

mortalidad total.” La dieta extruida generó menor FC y mejor FE que el alimento granulado ($p < 0.05$), en los demás tratamientos no hubo diferencias.

Esto significa que la dieta extruida para trucha arco iris en etapa de engorde, tiene mejores características, ya que obtuvo un mayor EF y a un costo menor, sin tomar en cuenta el costo del proceso, ésta característica favorece a la disminución de desechos y al cuidado del medio ambiente (17).

En el siguiente informe de tesis titulado “Valor nutricional de piensos comerciales cubanos para el alevinaje de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) en ambiente marino” Publicado en 2021 por Mirabent M, y colaboradores evaluaron el valor nutricional de tres dietas comerciales de Cuba “ (P10, P15 y P24, con 10 %, 15 % y 24 % de inclusión de harina de pescado, respectivamente)” para la alimentación de alevines en campo. Por lo que se determinó la composición proximal y la composición de aminoácidos de los piensos. Así como, la hidroestabilidad y la atractabilidad. Los resultados demuestran que no existe una diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los niveles de proteína reportados en la literatura (30 %) para larvas. La Lisina y la Treonina fueron los aminoácidos limitantes. Tampoco hubo diferencia significativa en el % de pérdida de materia entre los tratamientos, están dentro de la categoría permitida; es decir menor al 20% para piensos peletizados. Para P15(41,7) y P24(53,3) los índices de atractabilidad fueron similares y superior significativamente ($p < 0,05$) a P10 (18).

En el siguiente informe de tesis titulado “Black Soldier Fly Full-Fat Larvae Meal as an Alternative to Fish Meal and Fish Oil in Siberian Sturgeon Nutrition: The Effects on Physical Properties of the Feed, Animal Growth Performance, and Feed Acceptance and Utilization” Publicado en 2020 por Rawski M y colaboradores, donde se determinó que es posible producir alimentos extruidos con hasta un 30% de reemplazo de la harina y aceite de pescado con la Harina de larvas de Mosca Soldado Negra y con parámetros físicos de pellets adecuados (19).

1.2 Mosca soldado negra (*Hermetia Illucens*)

1.2.1 Generalidades.

Es un insecto perteneciente:

- **Orden:** Diptero.
- **Familia:** Stratiomyidae.

- **Subfamilia:** Hermetiinae.

Se registró por primera vez en 1926 en Malta (20), aunque es originaria del continente americano, por la zona sur (39) , por lo general estas viven en zonas tropicales distribuidas mundialmente, aunque su origen probablemente sea de clima neotropical, aunque tolera temperaturas extremas, excepto en la ovoposición (20).

En los estadios larvarios se alimentan de residuos orgánicos de procedencia múltiple como plantas, animales en descomposición, estiércol, alimentos basura y materia vegetal en descomposición (21), convirtiéndolo en materia útil para la alimentación de otros animales, así como un indicador biomolecular para el área forense, contribuyendo en el cálculo del intervalo postmortem (20) (67).

1.2.2 Etapas de desarrollo de la Mosca Soldado Negra:

- **Huevo:** En este tiempo el huevo es de color amarillo pálido o blanco crema, de forma ovalada, y con 1 mm de longitud (22).
- **Etapas larvarias (5 estadios larvales):** Se convierten pasando de 4 a 6 días, es la etapa más larga, ya que dura aproximadamente 14 días, pueden alcanzar 27 mm de largo y de ancho 6 mm y son de color blanco, con una cabeza ancha y puntiaguada cambiando continuamente de piel en cada estadio (22).

Según Mohamed et al., (2020), el mayor contenido de aminoácidos con relación a la proteína cruda se da en las primeras fases de esta etapa (4to al 6to día), es decir en su fase 2 (39).

- **Pre-pupa:** En esta etapa la mandíbula se transforman en forma de gancho con el fin de excavar (22).
- **Pupa:** Tiene una duración de 14 días, se caracteriza por permanecer inmóvil y conserva la piel de la etapa pre-pupa, luego de dos semanas estas migran a zonas secas y eclosionan, entonces alcanza su tamaño y desarrollo máximo, por lo que es aprovechado por su alto contenido de proteína que varía entre 36 % y 48 %; grasas 33%, completado los 14 días este se convierte en adulto (22).
- **Adulto:** Las moscas tiene colores que varían entre verde, azul, negro, su morfología se asemeja a la de una avispa, tiene dos alas translúcidas que parten del primer segmento

torácico, miden aproximadamente de 15 a 20 mm, no posee agijones, tiene 2 largas antenas tres veces segmentadas (22).

Para continuar con el ciclo de vida, en su etapa adulta, después de dos días de haber salido de la etapa pupa, coloca cerca a 500 huevos, pasando los 4 días se convierte a su estadio larval (21).

1.2.3 Condiciones ambientales para la crianza de la Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*).

- **Huevo:** Según Sumba Martha, los parámetros óptimos para la incubación son con temperaturas de 20 a 30 °C y con humedades de 50 a 70 %, para un tiempo de eclosión entre 3 a 4 días (40).
- **Larva:** Sumba Martha llegó a la conclusión que las temperatura óptima esta entre 27 a 30 °C , con humedades de 40 a 80% (40) (41).
- **Pupa:** Se determinó que la temperatura de 25 a 30 °C y a con humedad de 50 – 80 % (40) (42).
- **Adulto:** Givens, menciona que la temperatura de 27.8 °C favorece el apareamiento, con humedad relativa de 50-80% , como sustrato la arena de río. (40) (43).

1.2.4 Harina de larvas de mosca soldado negra.

1.2.4.1 Composición nutricional.

Tabla 2: Comparación de la composición bromatológica entre la harina de pescado y los datos experimentales de la harina de *Hermetia illucens*.

Composición	Sheppard et al. (2002)(%)	Harina de larvas <i>Hermetia illucens</i> L.(%) Arango et al. (2004)	Harina de pescado(%)
Humedad	10,0	10,0	10,00
Proteína	36,9-37,8	36,98	60,99
Grasas	27,9-31,5	18,82	10,49
Cenizas	12,6-13,5	17,47	17,40
Calcio	4,3-4,59	7,60	4,40
Fósforo	0,54-0,567	0,58	2,24

Fuente: Sheppard et al. (2002) (42), Arango et al (2004) (23).

En la (Tabla 3). Podemos observar diferencias en el porcentaje de la proteína, grasas y el calcio entre la HLMSN y la harina de pescado. La Harina de *Hermetia illucens* contiene gran cantidad de ácidos grasos insaturados que la harina de pescado, Según Sheppard (2002) (42) dice que, los insectos poseen como materia prima en su composición ácidos monoinsaturados y poliinsaturados, por lo que, se confirma que, la harina de *Hermetia illucens* posee un 18, 82% comparado con la harina de pescado que solo posee 10,49 % de grasas, lo que significa una buena fuente de aporte energético o calórico (23).

La (Tabla 3)., Según P. Weththasinghe y colaboradores (53), nos muestra el contenido de aminoácidos en %Materia seca de la Harina de Larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*) (53) (54) tales como la Alanina, Serina, Ácido glutámico, Fenilalanina y Tirosina, con 2.45%, 1.23%, 4.25% y 1.84% respectivamente (54).

Tabla 3: Composición de aminoácidos (%Materia seca) de *Hermetia illucens*.

Nutriente	Harina BSFL
Aminoácidos.	
Aminoácidos esenciales	
Metionina	0.63
Treonina	1.34
Valina	1.9
Isoleucina	1.48
Leucina	2.9
Fenilalanina	1.48
Histidina	0.88
Lisina	2.12
Arginina	1.65
Triptófano	0.77
Aminoácidos no esenciales	
Cisteína	0.25
Acido aspártico	3.18
Serina	1.23
Acido glutámico	4.25
Prolina	1.92
Glicina	1.53
Alanina	2.45
Tirosina	1.84
Total de aminoácidos	31.8

Fuente: P. Weththasinghe, J.Ø. Hansen, D. Nøklund, L. Lagos, M. Rawski, M. *et al.*,2021 (53)

1.3 Trucha Arco iris.

1.3.1 Clasificación taxonómica:

Según FAO (2019) (44)

Reino: animal

Phylum: Chordata

Familia: Salmonidae

Género: *Oncorhynchus mykiss*

Nombre científico: *Oncorhynchus mykiss*

Nombre común: Trucha arcoíris.

1.3.2 Generalidades.

El origen de la trucha arco iris es en las cuencas que drenan al Pacífico en América del Norte, desde Alaska a México. Desde 1874 se introdujo la crianza a todos los continentes excepto a la Antártica, En 1950 hay un aumento de producción debido a la popularidad del alimento peletizado (24). En Perú se introdujo en 1928 (25), se caracteriza por ser resistente, tener un crecimiento rápido, teniendo en cuenta las condiciones de Temperatura, si bien ellos pueden resistir extremas temperaturas como el rango de 0°C a 27 °C, la temperatura óptima para su desarrollo se da por debajo de 21°C, el cuanto al tipo de agua; es decir si es salina o dulce, como es en el caso de la cepa conocida como “steelhead” que vive en el océano, pero desova en ríos y corrientes con fondos de grava, flujos rápidos y bien oxigenados llegan a pesar de 7 a 10 kg en 3 años, sin embargo la cepa de agua dulce solo alcanzan a los 4.5 Kg aproximadamente, por lo que en buenas condiciones la edad de la madurez llegan a vivir de 3 a 4 años (24).

En cuanto a condiciones del agua en la acuicultura, la temperatura debe ser para alevines entre 9 a 12°C y para la etapa juvenil y de engorde entre 12 a 18°C (45) en cuanto a la etapa de alevinaje, se obtiene un buen desarrollo a temperaturas entre los 12 a 15°C (Valencia et al., 2010) (46) en este último lo óptimo es a 16 °C (Brown, 2000) (47).

Así también el control de la temperatura y pH, dichos cambios podrían provocar alteraciones en niveles de sulfuro de hidrogeno y amoniaco, las cuales son perjudiciales para la salud de la trucha (58) (59).

En la (Tabla 4), podemos observar los parámetros físicoquímicos para la crianza de trucha arcoíris, para cualquier etapa de desarrollo.

Tabla 4: Condiciones físicoquímicas del agua para la crianza de trucha arcoíris.

Características	Rangos
Temperatura	9-14 °C
pH	6.6-7.9
Oxigeno disuelto	<5.5 mg/l
Dureza	60-300ppm
Alcalinidad	80-180ppm

Fuente: (FONDEPES,2014) (48)

1.3.3 Características

Su morfología es alargada con 60-66 vértebras, con una coloración de azul a verde oliva sobre una banda rosada paralela, seguida de una banda plateada y puntos negros sobre estas, posee una aletas adiposas con borde negro, los colores característicos dependen de su hábitat, condición sexual, su estado de madurez. En cuanto a su hábitat, si éstas se encuentran en riachuelos sombreados presentan un color plomo oscuro y en ambientes luminosos como en los lagos presentan un tono brillante y más plateado (24).

1.3.4 Etapas de crecimiento.

Ova: Estos son huevos fecundados que pasando cerca de 30 días, eclosionan y se convierten en larvas (25).

Alevino: Alcanzan una longitud de 3 cm a 10cm, pesando entre 1.5 a 20gramos (25), en esta fase se les proporciona raciones pequeñas de alimento con altos niveles de proteína de 44 a 50% en cada hora durante 8 horas, con el fin de obtener alevines que lleguen a medir 5 cm (28).

Juvenil: En esta etapa llegan a medir de 10 a 15 cm, pesando entre 20 a 100 gramos (25).

Comercial: También llamado etapa de engorde, llegan a medir de 10 a 15 cm, pesando de 100 a 200gramos (25).

1.3.5 Requerimiento nutricional.

En truchas Alevines y juveniles. En crecimiento 1 y 2 el alimento debe poseer el 42% de proteína como mínimo con alimento peletizado de diferentes tamaños 2.5 mm y 4.0mm según el crecimiento (26).

Tener en cuenta que en los alimentos acuícolas se debe tener cuidado en el uso de altos niveles de carbohidratos y fibras de plantas, ya que estas son poco digeridas y metabolizadas por los peces. Entonces en la dieta balanceada es necesario incluir proteínas; proteína vegetal tales como los cereales (maíz, trigo, cebada, arroz, avena, etc.), Proteína animal como la harina de pescado, de calamar, de carne, de subproductos de pollo, harina de soja, vitaminas, Minerales (27) sal, estabilizantes y aglutinantes en el caso del alimento peletizado (27), carbohidratos, grasa cruda, fibra cruda, ceniza y micronutrientes (27).

1.3.5.1 Proteína.

Es el requerimiento nutricional más importante, es óptimo que se trate con proteína bruta de un 40 % si se trabaja con elevada cantidad de carbohidratos (25). En juveniles se considera entre un rango de 40 a 45 %. Es importante que los alevinos sean alimentados entre un 45-50%; es decir con una dieta que posea una alta cantidad de proteína para desarrollo de órganos y buen crecimiento, y peces de más tamaño con un 35% (28).

En cuanto a Aminocidos, como se observa en la (Tabla 5). La Arginina es la que posee entre todas una mayor cantidad que estimula a un buen crecimiento, La Lisina provee un buen sistema inmune, la Valina que beneficia a sus tejidos y la Isoleucina que ayuda en la síntesis de proteínas ingeridas (28) (68).

Tabla 5: Porcentaje de aminoácidos para trucha

Aminoácido	%	En la dieta
Arginina	2.5	
Histidina	0.7	
Lisina	2.1	
Metionina	0.5	
Cisteína	1.0	
Triptófano	2.0	
Treonina	0.8	
Valina	1.5	
Leucina	1.0	
Isoleucina	1.5	

Fuente: Orna *et al.*(2010) (68)

1.3.5.2 Lípidos.

La cantidad óptima de aceites que se incluyen en el alimento es de un 24 % para su máximo desarrollo. Aunque este ingrediente es de bajo costo y provee una mayor cantidad de energía

(28), no es conveniente para el proceso de pelletizado, además que se puede producir el enranciamiento cuando se almacena por mucho tiempo (25).

Sin embargo, se puede regular desde un 15- 20 % de lípidos (25) Un 5 % o más de aceite de peces marinos aportan suficientes cantidades de ácidos grasos n-3 (28). Se recomienda en alevinos un 15%, Juveniles 12% y los peces de más de un año un 9 % de grasa.

1.3.5.3 Carbohidratos.

Las cantidades adecuadas pueden oscilar entre 30-40% para los omnívoros y de 10 a 20 % para carnívoros, entre los que se encuentran las truchas y los salmones, se debe a que los peces carnívoros tiene una baja actividad intestinal de la amilasa, por ende no metabolizan o hidrolizan bien los almidones (25). Si existe un alto consumo de carbohidrato por las truchas se provocará el aumento de glucógeno en el hígado, causando la reducción del apetito y de su crecimiento. Entonces la cantidad óptima no debe pasar del 12 % en la dieta (28). La materia prima que posee de un 5-8% de almidón es el salvado de trigo.

1.3.5.4 Vitaminas.

Contribuyen a una dieta balanceada y son importantes debido a que catalizan todas las actividades metabólicas (25), manteniendo saludables a las truchas.

En la (Tabla 6). se muestran las cantidades mínimas esenciales de Vitamina por cada Kg de peso vivo.

Tabla 6: Cantidad por (mg) de vitaminas

Vitamina	Cantidad (mg)
Tiamina(B1)	0,150-0,2
Riboflavina(B2)	0,50-1,0
Piridoxina(B6)	0.25-0,50
Biotina (H)	0,04-0,08
Ácido nicotínico	4,0-7,0
Ácido pantoténico	1,0-2,0
Ácido fólico	0,10-0,15
Inositol	18-20

Fuente: Orna *et al.* (2010) (68)

1.3.5.5 Minerales.

La cantidad necesaria es de un 2 % , ya que contribuye con los procesos de osmorregulación en las células y la formación de los huesos, escamas y dientes (25).

Se incluyen: P 0.45-0.8%; Mg 0.05-0.07%; Zn 15-30 ppm; Mn 2.4-13 ppm; Cu 3-5 ppm; Co 0.1 ppm; Se 0,25 ppm.

En estudios se ha visto que la adición de sal yodada hasta de un 4 % tiene efectos beneficiosos (28).

1.4 Tipos de Alimento en la crianza intensiva.

1.4.1 Alimento peletizado.

Se puede definir como el producto del procesamiento de materias primas, que sean difíciles de manejar debido que se encuentren en estado de polvo, e impalpables, para su aglomeración y la formación de partículas sólidas con forma y textura estables, al cual para llegar a esto, pasa por un proceso mecánico que implica la combinación de calor, la humedad y la presión (30). La peletizadora de dados es recomendable para el procesamiento del alimento acuícola (27).

1.4.2 Alimento extruido.

Se define como el producto sometido al proceso en el cual la materia prima con una cantidad determinada de almidón y proteínas se somete a un tornillo sin fin y se induce al calor para su cocción en un corto tiempo, llamado también (HTST-High Temperature Short Time).

1.4.3 Proceso de Extrusión.

Antes del proceso de extrusión, los alimentos formulados se agregan a una máquina de acondicionamiento, donde se controla la mezcla y humedad de los insumos adicionando agua, para posteriormente ser transportado a la extrusora, la extrusora más utilizada es la simple, es decir la de un solo tornillo, esta extrusora una zona de entrada, por la cual ingresa la dieta formulada y es dirigida a través de un tornillo acompañado con hilos profundos y gruesos que evitan que la mezcla se atasque, Según Irungu *et al.*, (2018) (16) si se agrega el 8% de agua del total de la mezcla seca, se puede generar las siguientes condiciones, humedades de 25-27%, con temperaturas de 125-138, con presión final de 34 a 37 atm (500 a 545 psi) (16) y el producto final con densidad de 320 – 400 g/L con humedades de 21-24% (16) (61).

Según Harmann, D. V., ; Harper, J. M. *et al* (1974) , El calor producido dentro del barril de la extrusora es de 121-177 y presión de (300-700psi) (60).

Chiruvella, Jaluria, & Karwe, 1996, concluyeron que la extrusora está configurada por una bomba, intercambiador de calor, y un biorreactor la cual conduce el formulado, la compacta, mezcla, cizalla y con el aumento de la temperatura se suaviza y gelatiniza formando un masa, transformando sus propiedades fisicoquímicas iniciales , al final es transportada al extremo de la extrusora, por unos conductos que le dan forma de fideos a la masa, es cortada en forma de pellet y experimenta cambios en la humedad y se expande , formándose en ellos poros (61).

En la (Figura 1), Se observa la descripción gráfica de una extrusora simple, y las áreas por las que pasa el alimento formulado (35).

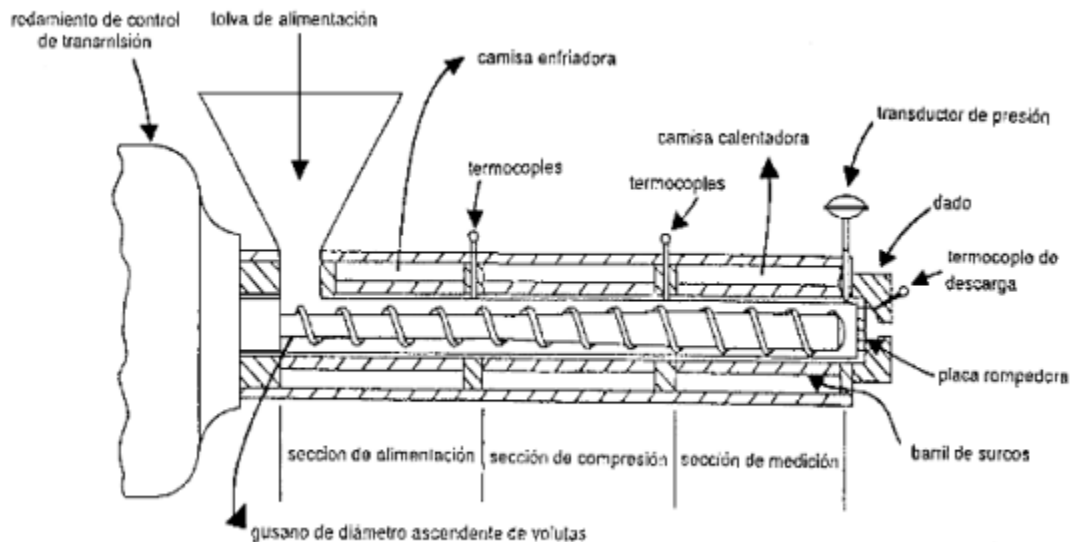


Figura 1. Partes de una extrusora de un solo tornillo (González,1988) (35)

1.4.4 Factores que influyen en la calidad física del pellet.

1.4.4.1 Tipo de proceso.

Los pellets que pasaron por el proceso de extrusión poseen una mejor calidad física y química que el alimento peletizado. Esto se debe a que una extruidora trabaja con presión en un tiempo de 1-1.5 min (25), temperaturas (hasta 250°C) (25), humedades más altas en mayor tiempo, que la peletizadora proporcionando al pellet una mayor rigidez, con tamaños y formas más definidas y por efecto una mejor hidroestabilidad, flotabilidad debido a la ligereza de los pellets, por lo que 1 kg de alimento posee más cantidad de estos. El factor de conversión alimenticia es mayor, teniendo una eficiencia del 10-25%, por ende, una mejor digestibilidad (32), y una mejor conservación del alimento (25).

1.4.4.2 Color.

La variedad del color, indica que hubo una mala molienda, el ineficiente mezclados de los ingredientes líquidos, un variado en el cocimiento del formulado (29).

Tener en cuenta que el sobrecocimiento puede desnaturalizar proteínas, disolver nutrientes de las vitaminas, así como un subcocimiento puede producir una baja hidroestabilidad (29).

1.4.4.3 Tamaño de partícula.

Depende de la molienda, mientras más pequeña sea la partícula, ayudará a la aglutinación durante el proceso de peletizado y proporcionará una mejor calidad física al pellet y a un bajo costo, existirá una mejor eficiencia en la gelatinización y los rendimientos tales como la digestibilidad, tasa de conversión y tasa de crecimiento (29) (34).

Según estudios de Zhu *et al.* (2001) El tamaño de partícula en el proceso de extrusión en frío para la alimentación de truchas no afectó en la digestibilidad de la materia seca, fósforo, y proteína cruda, pero si a la TCA en un proceso de extrusión en caliente y la digestibilidad de lípidos (29).

Es preferible partículas del tamaño entre 124 y 250 micras para una mayor compactación, ya que mientras más superficie de contacto estará más expuesta a la acción del vapor, permitiendo que se condense en más partículas y penetre el agua y calor, para así lograr una buena gelatinización de almidones (34).

1.4.4.4 Fracturas.

Este puede ser producido por el enfriamiento rápido de los pellets.

Lógicamente, si existen fracturas ingresará el agua y afectará a la hidroestabilidad (29).

1.4.4.5 Aglomeración.

Si existe aglomeración entre los pellets, significa no hubo un buen secado y esto puede causar el deterioro del alimento. Este puede ser evaluado mediante un microscopio estereoscópico (29).

1.4.4.6 Ingredientes.

Los ingredientes de origen vegetal (harina de soya, Harinas de trigo (gluten), harina de algodón y harina de otras oleaginosas), el gluten de trigo, es considerado el mejor aglutinante natural, y a la vez ayuda a una buena hidroestabilidad del pellet (34).

El afrecho de trigo, podría ser una buena fuente de almidón de bajo costo, pero si se usa >3% aumenta la lixiviación de los pellets y en efecto una baja Hidroestabilidad (34).

Para la molienda es necesario un nivel de aceite menor del 13 % para evitar las tapaduras de la malla. Aunque no debería ser superior al 6%, para evitar esto se realiza el proceso de la post molienda, que consiste en moler conjuntamente con un cereal (34).

Es una medida cuantitativa expresada en porcentaje de retención o de pérdida de materia prima, que evalúa la estabilidad del pellet en el agua tomando en cuenta su integridad física y química. Así como el tiempo de durabilidad del alimento en el agua sin sufrir la mínima disgregación y lixiviación hasta que sea consumido por la trucha. A la vez que simula la digestión en el tracto gastrointestinal (34).

En cuanto a los alimentos comerciales peletizados poseen una hidroestabilidad entre 4 -6h (30). Se ha demostrado que el salvado trigo, posee una baja cantidad de almidón, lo cual no ayuda en la aglutinación en cambio, los subproductos de cereales son buenos ligantes por ejemplo los subproductos de semillas oleaginosas brindan una buena estabilidad en el agua a comparación de los subproductos animales suelen ser malos ligantes. Si se trata a altas temperaturas, al menos un 20% del alimento el formulado deberá consistir en contenido de almidones (34).

1.4.4.7 Aglutinante.

- **Factores físicos que afectan a la aglutinación:** El incremento de viscosidad sucede cuando se agregan las moléculas como el almidón, proteínas, derivado de celulosa, goma, sólidos solubles (11).
- **Factores químicos que afectan a la aglutinación:** Según estudios, sustancias como las proteínas, melaza (glucosa y fructosa) y carbonato de calcio incrementarían las interacciones moleculares tales como puentes de hidrogeno, fuerzas de van der Waals, interacciones hidrofóbicas o modificarían las cargas eléctricas del medio, aumentando la aglutinación. Derby *et al.* (2016) reporta que el gluten, almidón y la harina de trigo en el proceso de extrusión ayudan a una buena aglutinación limitando la pérdida por lixiviación (11).

1.4.5 Parámetros que evalúan la calidad de pellet.

1.4.5.1 Atractabilidad.

Parámetro que indica el porcentaje de aceptación del alimento por parte de un individuo.

El uso de buenas prácticas de alimentación disminuye el desperdicio o la cantidad de alimentos no ingeridos, y contribuye a una reducción de la eutroficación; entre ellas evita una reducción en la disponibilidad de oxígeno y empobrecen la calidad del hábitat de las truchas (31).

Según Yuan *et al* (2021) y colaboradores, los alimentos que contienen mayor fuente de proteína vegetal en una dieta, genera una reducción en la atractabilidad y palatabilidad (65), y como respuesta a una reducción en el crecimiento y el rendimiento de peces y camarones (62) (63) (64).

1.4.5.2 Flotabilidad. (cm/S)

Se define como la característica de un cuerpo de permanecer en la superficie del agua en un determinado tiempo, influye el tamaño y la densidad de los pellets, ya que las de mayor tamaño tienden a tener mas peso, y por consecuencia un menor tiempo de flotabilidad (30) . Otros factores que alteran son el contenido de humedad, de grasa y el de almidones, capacidad de aglomeración de los ingredientes.

En la medición es necesario el control de la temperatura y salinidad del agua (11).

La contaminación empieza después de una hora de inmersión en el agua, por perdida de nutrientes por lixiviación y oxidación, se ve comprometida la lisina y metionina, por eso no hay sentido medir la flotabilidad más de 15min (14).

- **Factores que afectan la flotabilidad:** Son estructurales, estas son la expansión y porosidad del pellet afectando la densidad aparente, es recomendable que esta sea de 520 g/L y sea recubierta con lípidos para un hundimiento lento. Tener en cuenta que la proteína y almidón que se usan en el formulado poseen distintos grados de coagulación y gelatinización.

Si la interacción entre la Temperatura, Tiempo y presión es menor, mayor será la velocidad de hundimiento (11).

1.4.5.3 Densidad aparente (g/L)

La densidad aparente es importante ya que nos ayuda a controlar sobre la velocidad de hundimiento, flotabilidad e influye junto con el almidón con la suficiencia de expansión durante el proceso de la extrusión (11).

1.4.5.4 Hidroestabilidad.

Parámetro que indica el grado de disgregación de un cuerpo en el agua.

1.4.6 Alimento comercial.

La calidad física de las dietas comerciales son diferentes, debido al uso de diferentes ingredientes, variación en el contenido nutricional, las diferentes condiciones del procesamiento que emplean los productores (13).

1.4.6.1 Producto Aquatech.

En la (Tabla 7), se muestra el programa de alimentación para trucha arcoíris (*Oncorhynchus Mikyss*) según la dieta comercial Aquatech, acorde a la etapa de desarrollo, tamaño de granulometría, y el rango del peso de la trucha (36).

Tabla 7: Estrategia de alimentación.

Producto	Nombre	Calibre	Rango	Etapa de
Aquatech		(mm)	Peso pez (g)	crianza
Peces 55 SSL	Pre-inicio I y II	0.3 a 0.8/ 0.5 a 1.0	1	Post-larva
Peces 50 SSL	Inicio I	0.8 × 1.3	1-2.5	Alevinos
Peces 45 SSL	Inicio II	1.5 × 2.0	2.5-10	Alevinos
Peces 42 RW,SMART LH y AE	Crecimiento I	2.5 × 2.5	10-30	Juveniles
Peces 42 RW,SMART LH y AE	Crecimiento II	4.0 × 4.0	30-90	Juveniles

Fuente: Aquatech *et al.*(2021) (36).

En la (Tabla 8), se muestra el contenido nutricional de la dieta Aquatech en las diferentes etapas de la trucha Arcoíris (*Oncorhynchus Mikyss*).

Tabla 8: Composición bromatológica nutricional de la dieta Aquatech.

Nutrientes	Pre-inicio 55/50	Inicio 45	Crecimiento 1 y 2-42
% Proteína,min	55/50	45	42
% Grasa, min	8	8	10
%Fibra, máx	2.5	3	3.5
%Calcio, min	2.0	2.0	1.5
% Fosforo, min	1.0	1.0	1.0
%Ceniza, máx	12	12	12
% Humedad, máx	10.0	10.0	10.0
ED (Mcal/Kg),min	3800	3600	3400

Fuente :Aquatech *et al.* (2021) (36)

En la (Tabla 9), se muestra la composición de la dieta comercial Aquatech.

Tabla 9: Composición de la dieta comercial Aquatech.

Dieta comercial	Ingredientes.
Aquatech	Harina de pescado, harina de soya, subproductos de cereales, harina de trigo, aceite de pescado y vegetal rico en ω -3 y ω -6, vitaminas y minerales, cloruro de colina y antioxidantes.

Fuente:Cahuana *et al* (2015) (32)

CAPITULO II

2 MATERIALES Y METODOLOGÍA

2.1 Lugares de ejecución.

La presente investigación se realizó en el laboratorio del Instituto de Investigación y Desarrollo para el Sur (IDS).

En cuanto a la producción de Larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*), se tuvo lugar en el Insectario piloto de la Universidad Católica de Santa María ubicada en el Fundo “La Católica” ubicado en el distrito Pedregal, Provincia de Caylloma, Departamento de Arequipa.

2.2 Materiales.

Muestra y/o unidades biológicas.

- Harina de Larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*) en fase 2
- Alevines de 5 cm y Juveniles de Trucha Arcoíris de 10 -11cm.

Material de Vidrio.

- Beakers de 500 ml.
- 1 Pecera de 110 cm x 40 cm x 40 cm
- 3 Peceras de 60 cm x 30 cm x 30 cm
- 6 Separadores de peceras

Equipos.

- Extrusora de un solo tornillo.
- Mezcladora
- Molino
- Horno Fisher Scientific Isotemp Oven (105°C)
- Estufa.
- Balanza analítica.
- Agitador orbital.

Otros.

- Software Zmix

- Malla 35
- Tamiz 30 x 40
- Pinzas
- Crisoles
- 2 Coladores de 1mm.
- 1 Caja de Papel filtro.
- Bolsas de polipropileno.
- Papel craft.
- Guantes, mandil.

Materiales de escritorio.

- Calculadora, hojas bond, Lápiz, lapiceros, borrador.

2.3 Métodos.

2.3.1 Determinación de la composición próxima de la harina de *Hermetia illucens*.

Para el análisis bromatológico próximo se llevó a cabo en el laboratorio de Nutrición y alimentación Animal de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Católica de Santa María, en el cuál se determinaron, según AOAC internacional, para materia seca (MS), proteína cruda (PC) con el método de Kjeldahl, Extracto Etéreo (EE) por el método de Soxhlet, Fibra detergente neutra (FDN), se determinó por el método de Van Soest y Roberston , cenizas (CZS) (método N 923.03 AOAC), Fibra cruda (FC) (método N 969.09) , Extracto no nitrogenado (ENN).

2.3.2 Formulación de mezclas que contienen la harina de *Hermetia illucens*.

Se formularon dos dietas, en base a la composición próxima, empleando un nivel de inclusión de 50 % de Harina de Larvas de Mosca Soldado Negra, según los requerimientos nutricionales para truchas alevines y juveniles, utilizando el software *Zmix*.

2.3.3 Procesamiento de Extrusión.

En primer lugar, se compraron los insumos o ingredientes necesarios para la elaboración del formulado y su posterior extrusión.

El proceso de extrusión se llevó a cabo con el método de (Gamboa *et al.*,2018) (10).

2.3.3.1 Molienda.

El ingrediente como la torta de soya fue llevado a un molino de martillos, para la obtención a un tamaño de partícula menor a 250 micras; Así también, el resto de insumos fueron pasados por tamices con el tamaño de malla de 1 mm para que el paso del mezclado sea lo más completa y homogénea posible (10).

2.3.3.2 Mezclado.

Para el mezclado se incorporó los insumos secos, empezando con los de mayor cantidad (Harina de LMSN, maiz, trigo, etc), luego los de menor cantidad, (afrecho, harina de sangre, premezclas de minerales, carbonato de calcio, premezclas vitamínicas, etc).

Pasado un tiempo de haber incluido los ingredientes secos, se procedió a incorporar los ingredientes líquidos en forma de cortina, como la cantidad de agua calculada de agua que se utiliza para llegar a la humedad de evaluación, mezclando por 30 segundos, así también; se agregaron los solubles de pescado, (Aceite de soya) y lípidos (aceite de pescado), luego de agregar todos los ingredientes se esperó por lo menos 1 minuto para una completa mezcla (34).

2.3.3.3 Extrusado.

Al someter el formulado a la extrusora se llevó a temperatura entre 90°C-100°C, por 5-10 s, con humedades de (22,25,28%), según los tratamientos establecidos, los pellets fueron producidos con tamaños establecidos de 1.5 mm y 3.0 mm para alevines y Juveniles respectivamente (10).

2.3.3.4 Secado.

Se dispersó el alimento recién extruido en un ambiente ventilado, sin exposición directa al sol para evitar que las proteínas se desnaturalicen.

2.3.3.5 Empacado, pesado.

Se usaron bolsas de polipropileno y bolsas papel craft para protegerlas de la humedad y la luz y mantenerlas en buen estado.

2.3.4 Evaluación de los parámetros de hidroestabilidad, flotabilidad, y atractabilidad.

2.3.4.1 Ensayo de Hidroestabilidad.

Para el ensayo de la hidroestabilidad, el porcentaje de pérdida de Materia seca se realizó según el método establecido por la AOAC. Se pesaron 2g de cada pienso por triplicado en una balanza analítica, para posteriormente ser sumergidos en vasos precipitados llenados con 200 ml de agua de campo agitado a 70 rpm con el fin de simular el movimiento de las truchas en el agua en un tiempo de 15 min, después dichas muestras fueron extraídas y filtradas en un colador de 1mm sobre papel filtro, se consideró el peso antes de ingresarla a la estufa, luego se llevó a secarla en una estufa a 50°C por 24 h, aunque fue necesario 48 h, para registrar un peso constante. Finalmente, a los datos obtenidos se le aplicó la fórmula (1), en la cual el peso inicial, es el peso del alimento en base seca antes de lixiviar, y el peso final, se refiere al peso en base seca después de lixiviar, el resultado final ha sido expresado en porcentaje de pérdida de materia seca (%PMS) (13) (18) (19) (49) según Balsinde *et al.* (2003):

$$\%PMS = \left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \right) \times 100 \quad (1)$$

2.3.4.2 Ensayo de Flotabilidad.

Para hallar el porcentaje de Flotabilidad, se usó la técnica realizada por (Vargas *et al.*, 2003) (30), (Berman *et al.*, 2007) (14) e (Irungu *et al.*, 2018) (16), por lo que, se seleccionaron 20 pellets que fueron vertidos en un vaso precipitado de 500 ml llenados a temperatura ambiente con agua de campo, se observó hasta los 15 min, pero dicho tiempo no fue adecuado para el conteo, por lo que; se consideraron los tiempos (0 min, 1min, 2min), se contaron cuantos pellets flotaron en el primer minuto y el segundo minuto, tiempo suficiente para que las truchas se alimenten, y finalmente se halló el porcentaje de flotabilidad (38) (19) (49) expresándolo según la fórmula (2):

$$\%Flotabilidad = \left(\frac{\text{Gránulos que flotan}}{\text{Total de gránulos}} \right) \times 100 \quad (2)$$

2.3.4.3 Ensayo de Atractabilidad.

El método se basó en el estudio de (Mirabent *et al.*, 2019) (18) y, (Ceballos *et al.*, 2007) (37) donde se colocaron 10 alevines con pesos aproximados de 4.5 g adaptados en peceras de 60 cm (largo) x 35cm (ancho) x 30cm (alto), antes de realizar el ensayo. Luego, se colocaron separadores que mantuvieron a las truchas en la región central de la pecera, en los extremos de dichas peceras, se les colocaron dos comederos diseñados con dos dietas diferentes, las tratadas con

diferentes humedades y la dieta control, en el momento del ensayo se retiraron dichos separadores de vidrios y se observaron la cantidad de peces que se dirigieron al pienso, del mismo modo, se llevó a cabo para las truchas Juveniles con tamaño de 10-11 cm con peso de 9.5 gramos. El índice de Atractabilidad se halló expresándolo en porcentaje como se muestra en la fórmula (3):

$$IAi(\%) = \frac{\sum n^{\circ} \text{ de animales que migraron al } P_i}{n^{\circ} \text{ total de replicas para evaluar el } P_i} \times 100 \quad (3)$$

Para la cantidad de alimento por día se realizaron los siguientes cálculos usando la tabla (Anexo 1)

Cálculo para alimentación diaria de 10 alevines

$$4.5 \text{ gr} \times 10 \text{ alevines} \times 4.3/100 = 1.935 \text{ gr.}$$

Cálculo para alimentación diaria de 8 juveniles

$$9.5 \text{ gr} \times 8 \text{ juveniles} \times 3.8/100 = 2.88 \text{ gr.}$$

CAPITULO III

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Determinación de la composición próxima de la harina de *Hermetia illucens* utilizado como reemplazo proteico en el alimento balanceado para trucha arcoíris.

La producción de la Harina de larvas de Mosca Soldado negra, tuvo lugar en el Insectario piloto de la Universidad Católica de Santa María ubicada en el Fundo “La Católica” ubicado en el distrito Pedregal, Provincia de Caylloma, Departamento de Arequipa.

Las larvas fueron cosechadas en la fase 2 de la etapa larvae, porque según Mohamed *et al.*,(2020), el mayor contenido de aminoácidos con relación a la proteína cruda se dá en las primeras fases de esta etapa (4to al 6to día), es decir en su fase 2 (39).

Cuando el peso de 10 larvas fue igual o mayor a un gramo, estaban listas para la cosecha, y ser llevadas para su posterior deshidratación y finalmente molerla a partículas pequeñas < 250 micras.

Para el análisis bromatológico próximo se llevó a cabo en el laboratorio de Nutrición y alimentación Animal de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Católica de Santa María, en el cuál se determinaron, según AOAC internacional, para materia seca (MS), proteína cruda (PC) con el método de Kjeldahl, Extracto Etéreo (EE) por el método de Soxhlet, Fibra detergente neutra (FDN), se determinó por el método de Van Soest y Roberston , cenizas (CZS) (método N 923.03 AOAC), Fibra cruda (FC) (método N 969.09) , Extracto no nitrogenado (ENN).

La composición química o nutricional pude variar de acuerdo a su dieta y la etapa de desarrollo.

Tabla 10: Composición bromatológica de harina de *Hermetia illucens*

INDICADOR NUTRICIONAL	UNIDAD	HARINA HLMSN	HARINA HLMSN2	HARINA HLMSN3	Promedio
Materia seca (MS)	(%)	95	95.1	95.2	95.10
Proteína cruda (PC)	(%MS)	45.2	48.1	46.4	46.57
Extracto étereo (EE)	(%MS)	24.2	24.3	23	23.83
Fibra detergente neutra (FDN)	(%MS)	33.8	29.9	30.7	31.47
Cenizas (CZS)	(%MS)	10.5	10.6	10.8	10.63
Fibra cruda (FC)	(%MS)	8	7.9	7.8	7.90
Extracto no Nitrogenado (ENN)	(%MS)	12.2	9.1	12	11.10

Mediante el análisis se obtuvieron los siguientes resultados, tal como se muestra en la *Tabla 10*. (Composición bromatológica de harina de *Hermetia illucens*), en la que se observaron dos datos muy importantes y clave para la alimentación de truchas, el contenido lipídico promedio que es de 23.83 ± 0.7 y el de proteína cruda con un promedio de 46.57 ± 0.1 , por lo que, comparando con los resultados obtenidos de Sheppard (2002) (42) y Arango (2004) (23), se encuentran dentro del rango de ambas investigaciones, también compite con el contenido proteico de la harina de pescado ; dicho parámetro es muy importante en las primeras etapas; ya que las proteínas son esenciales para el desarrollo de órganos y un buen crecimiento (29), y el contenido lipídico como fuente de energía (50) ; la cantidad óptima de aceites que se incluyen en el alimento es de un 24 % para el máximo desarrollo en las primeras etapas, sin embargo, no es conveniente porque disminuiría el tiempo de conservación del alimento, ya que podría propiciarse el ranceamiento del alimento (26), pero se puede regular desde un 15- 20 % de lípidos, procediendo al desgrasamiento de la Harina de Larvas de Mosca Soldado negra (*Hermetia illucens*) (26). Los resultados obtenidos son óptimos y competitivos, los cuales indican que la Harina de Larvas de mosca Soldado negra (*Hermetia illucens*), es una buena alternativa como ingrediente para reemplazar a la harina de pescado parcialmente.

3.2 Formulación de mezclas que contienen la harina de *Hermetia illucens*.

Según los resultados obtenidos sobre la composición nutricional de la Harina de Larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*), se formularon dos dietas, con el software *Zmix*, presentados en la *Tabla 11* (Insumos requeridos para la dieta en etapa de alevinaje incluyendo harina de *Hermetia illucens*) y *Tabla 12* (Insumos requeridos para la dieta en etapa de juvenil incluyendo harina de *Hermetia illucens*), determinados en base a los requerimientos nutricionales para truchas según el estadio; empleando un nivel de inclusión de 50 % de Harina de Larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*), el nivel de inclusión se determinó por investigaciones bibliográficas, en las cuales se menciona que dicho porcentaje en la dieta no altera las características físico-químicas de la trucha, ni las propiedades físico químicas del alimento extruído, e inclusive Irungu F.G F y colaboradores (16) tuvieron buenos resultados en la calidad de pellet con la dieta elaborada para truchas arcoíris usando un nivel de inclusión de harina de *Hermetia illucens* de un 75% (16).

Así también, podemos observar el peso en gramos y kilogramos de los diferentes insumos que se utilizaron para la dieta balanceada, en ambas etapas varían ciertos insumos, como es en el caso de el GLUTEN PRAIRE GOLD 3890, el cual es un ingrediente proteico de origen vegetal, más conocido como el gluten de maíz y que no está presente para la etapa de juveniles, en la dieta de los juveniles observamos el insumo de la Hemoglobina P, también fuente proteica.

Dichas diferencias nos dan a conocer sobre los distintos requerimientos nutricionales según la etapa de desarrollo, por lo que es importante que los alevinos sean alimentados entre un 45-50% de proteína en la dieta, para un buen desarrollo de órganos, y los juveniles con 40-45% de contenido proteico (29) (52)

Tabla 11: Insumos requeridos para la dieta en etapa de alevinaje incluyendo harina de *Hermetia illucens*

INSUMOS	CANTIDAD	
	Kilogramos(Kg)	gramos (gr)
Torta de Soya RICO	0.153	153.25
Harina de Pescado 67%	0.15	150.1
Harina de larva de la MS	0.15	150.1
Harina Integral extruida	0.079	79
HARINA PROTEIKA	0.061	60.67
Maiz amarillo duro	0.04	39.5
Harina de trigo	0.032	31.6
GLUTEN PRAIRE GOLD 3890	0.031	30.56
AMINOPRO 75	0.026	26.09
Fosfato Monocalcico	0.012	11.88
L Lisina	0.002	2.31
TAURINA	0.002	1.58
DSM ACUACULTURA	0.002	1.58
DL Methionina	0.001	1.08
BIOTRONIC PX TOP 3	0.001	0.79
DETOXA PLUS	0.001	0.79
NOVA MOLD P40	0.001	0.79
DANOX (antioxidante)	0	0.4
L Treonina	0	0.3
BIOCHOLINE POWDER	0	0.24
	Litros (L)	Mililitros (ml)
Aceite de soya	0.024	23.7
Aceite pescado	0.024	23.7

Fuente: Software Zmix

Tabla 12: Insumos requeridos para la dieta en la etapa de juvenil con inclusión de harina de *Hermetia illucens*.

INSUMOS	CANTIDADES	
	Kilogramos(Kg)	gramos (gr)
Torta de Soya RICO	0.403	402.5
Harina de Pescado 67%	0.209	209.3
Harina de larva de la MS	0.209	209.3
Harin Integral extruida	0.201	201.25
HARINA PROTEIKA	0.129	128.8
Maiz amarillo duro	0.133	132.97
Harina de trigo	0.064	64.4
HEMOGLOBINA P	0.048	48.3
AMINOPRO 75	0.048	47.97
Fosfato Monocalcico	0.026	26.26
L Lisina	0.003	3.48
TAURINA	0.003	3.22
DSM ACUACULTURA	0.003	3.22
DL Methionina	0.003	2.67
BIOTRONIC PX TOP 3	0.002	1.61
DETOXA PLUS	0.002	1.61
NOVA MOLD P40	0.002	1.61
DANOX (antioxidante)	0.001	0.81
L Treonina	0.001	0.77
BIOCHOLINE POWDER	0	0.48
	Litros (L)	Mililitros (ml)
Aceite de soya	0.071	71.2
Aceite pescado	0.064	64.4
TOTAL	1.61	1610

Fuente: Software Zmix.

3.3 Procesamiento de Extrusión.

En primer lugar, se compraron los insumos o ingredientes necesarios para la elaboración del formulado y su posterior extrusión.

El proceso de extrusión se llevó a cabo con el método de (Gamboa *et al.*,2018) (10).

Molienda: El ingrediente como la torta de soya fue llevado a un molino de martillos, para la obtención a un tamaño de partícula menor a 250 micras; Así también, el resto de insumos fueron pasados por tamices con el tamaño de malla de 1 mm para que el paso del mezclado sea lo más completa y homogénea posible (10).

Mezclado: Para el mezclado se incorporó los insumos secos, empezando con los de mayor cantidad (Harina de LMSN, maíz, trigo, etc), luego los de menor cantidad, (afrecho, harina de sangre, premezclas de minerales, carbonato de calcio, premezclas vitamínicas, etc).

Pasado un tiempo de haber incluido los ingredientes secos, se procedió a incorporar los ingredientes líquidos en forma de cortina, como la cantidad de agua calculada de agua que se utiliza para llegar a la humedad de evaluación, mezclando por 30 segundos, así también; se agregaron los solubles de pescado, (Aceite de soya) y lípidos (aceite de pescado), luego de agregar todos los ingredientes se esperó por lo menos 1 minuto para una completa mezcla (34).

Extrusado: Al someter el formulado a la extrusora se llevó a temperatura entre 90°C-100°C, por 5-10 s, con humedades de (22,25,28%), según los tratamientos establecidos, los pellets fueron producidos con tamaños establecidos de 1.5 mm y 3.0 mm para alevines y Juveniles respectivamente (10).

Secado: Se dispersó el alimento recién extruido en un ambiente ventilado, sin exposición directa al sol para evitar que las proteínas se desnaturalicen.

Empacado, pesado. Se usaron bolsas de polipropileno y bolsas papel craft para protegerlas de la humedad y la luz y mantenerlas en buen estado.

3.4 Evaluación de los parámetros de hidroestabilidad, flotabilidad, y atractabilidad.

Se realizaron los ensayos de Hidroestabilidad, Flotabilidad y atractabilidad, cuyos resultados obtenidos fueron utilizados en las fórmulas respectivas (1) (2) (3), mencionadas en la metodología, obteniéndose de tal manera los datos en porcentajes para los diferentes tratamientos utilizados para el porcentaje de pérdida de materia seca (%PMS) y Atractabilidad, tal como se observa en la *Tabla 13* (Resultados del %PMS y % Atractabilidad tanto para la etapa de alevinaje como la de juvenil.).

Tabla 13: Resultados del %PMS y %Atractabilidad tanto para la etapa de alevinaje como la de juvenil.

repetición	Etapa de desarrollo	Muestra	%PMS	Indice de Atractabilidad (%)
1	Alevinaje	AC	5	57
2	Alevinaje	AC	5	50
3	Alevinaje	AC	10	63
1	Alevinaje	HR22%	30	43
2	Alevinaje	HR22%	28	33
3	Alevinaje	HR22%	29	40
1	Alevinaje	HR25%	23	20
2	Alevinaje	HR25%	29	37
3	Alevinaje	HR25%	15	27
1	Alevinaje	HR28%	11	57
2	Alevinaje	HR28%	12	43
3	Alevinaje	HR28%	8	47
1	Juvenil	AC	12	56
2	Juvenil	AC	11	44
3	Juvenil	AC	16	50
1	Juvenil	HR22%	26	44
2	Juvenil	HR22%	24	28
3	Juvenil	HR22%	22	33
1	Juvenil	HR25%	23	72
2	Juvenil	HR25%	26	50
3	Juvenil	HR25%	25	39
1	Juvenil	HR28%	17	61
2	Juvenil	HR28%	19	61
3	Juvenil	HR28%	7	67

Posteriormente para la interpretación de resultados e interacciones se hizo un análisis de varianza ANOVA mediante el programa Statgraphics 19, y pruebas de comparación con el test de Tukey para cada ensayo.

3.4.1 Hidroestabilidad.

La hidroestabilidad, es un parámetro que indica la cantidad de disgregación de un alimento (pellet) en el agua por un determinado tiempo (11).

En este estudio fue definido por el porcentaje de pérdida de materia seca (%PMS), dichos resultados se muestran de manera gráfica en la Figura 2, (Porcentaje de pérdida de materia seca), representando los promedios obtenidos en las diferentes etapas de desarrollo y en los distintos tratamientos con humedades relativas.

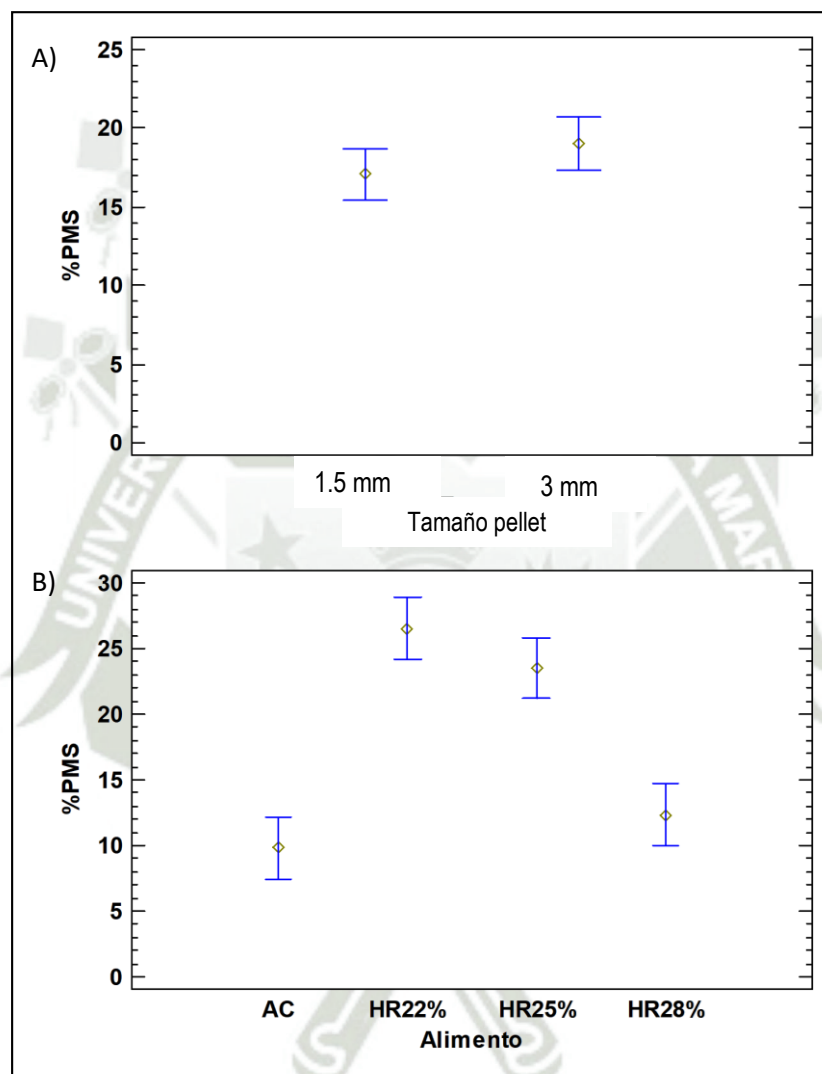


Figura 2. Porcentaje de pérdida de materia seca. En A) Según etapa de desarrollo de la trucha, b) Según tipo de alimento.

Los pellets dirigidos a la alimentación de los Juveniles, o en otras palabras, los pellets de mayor tamaño tuvieron el mayor promedio de %PMS de 19.0%, mientras que los pellets de menor tamaño o dirigidos para la alimentación de alevines, obtuvieron 17.08%; En cuanto al alimento comercial (AC), se obtuvo un promedio de 9.83% de pérdida de materia seca, dichos resultados

demuestran que los pellets más grandes son ligeramente menos compactos, sin embargo según Marian (18), la Hidroestabilidad aumenta con el tamaño del pellet, lo cual en este estudio se contradice.

Respecto a los pellets tratados con diferentes humedades de 22%, 25% y 28%, se obtuvieron un %PMS de 26.5%, 23.5% y 12.33% respectivamente. En estos resultados es mejor tomar en cuenta aquel alimento que tuvo el menor porcentaje de pérdida de Materia de seca (%PMS), ya que, si existe, una mayor pérdida por lixiviación, se produce una mayor cantidad de desechos y desperdicio de alimento, así como pérdidas económicas y eutrofización del agua, en el caso de criaderos en estanques (29) (30).

A continuación, en la Figura 3 (Porcentaje de pérdida de materia seca en función a las Humedades Relativas de trabajo para los dos tamaños de pellet.), se observa la representación gráfica sobre el porcentaje de pérdida de materia seca (%PMS) en función de las variables estudiadas.

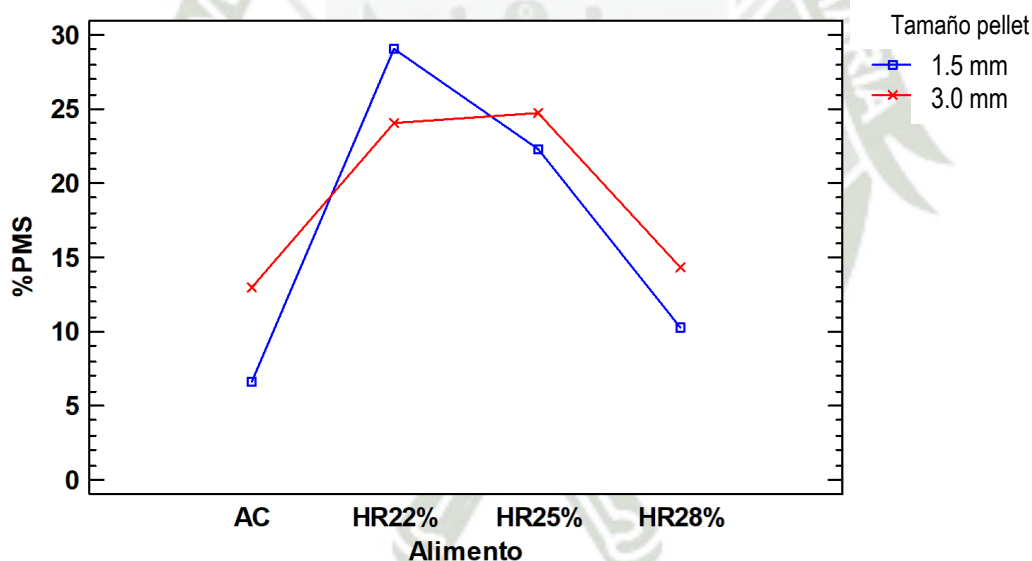


Figura 3. Porcentaje de pérdida de materia seca en función a las Humedades Relativas de trabajo para los dos tamaños de pellet.

Apreciando perfiles similares en el %PMS entre los pellets dirigidos para la alimentación en la etapa de alevinaje y juvenil de las truchas; se observa similitud en los resultados de hidroestabilidad entre ambos tamaños de pellet, es decir el tamaño no influye en la calidad de pellet.

Más si lo hace , el alimento tratado con las diferentes humedades, en el que se evidenció que a humedades relativas (HR 22% y HR 25%) en el preacondicionamiento en ambas etapas de desarrollo, se obtuvieron el mayor porcentaje de pérdida de materia seca (%PMS) siendo de 29% PMS y 22.33%PMS para la etapa de alevinaje respectivamente y un 24% PMS y 24.67%PMS en pellets como alimento para la etapa juvenil; los cuales no resultan ventajosas, puesto que se requiere que el pellet sea hidroestable por un tiempo determinado, suficiente para que las truchas aprovechen.

Se obtuvo mejores resultados con una HR 28%, dando como obteniendo para la etapa de alevinaje un 10.33%PMS y 14.33%PMS para juveniles y siendo el tratamiento que más se asemeja con los resultados obtenidos del Alimento Comercial (AC), resultando para esta última un 6.66 %PMS para la etapa de alevinaje y un 13%PMS para la etapa juvenil.

Para poder identificar si estos cambios fueron significativos se realizó el análisis de varianza respectivo, el cual nos indicó que el tamaño de pellet en las etapas de desarrollo, no genera una diferencia estadísticamente significativa en el %PMS ($p > 0.05$), más sí lo hace el tipo de alimento empleado [$F(3,23)=27.37$, $p=0.0001$] ($p < 0.05$), por lo que, mediante el test de Tukey, Tabla 14 (Prueba post hoc para %PMS según Tukey HSD) se confirmó que el %PMS obtenido es similar entre el alimento comercial (9.8%) y el alimento estándar con una humedad del 28% (12.33%).

Tabla 14. Resultados de la prueba post hoc para %PMS según Tukey

Alimento Tratamiento	Promedio (%)
AC	9.83 ^a
HR22%	26.5 ^b
HR25%	23.5 ^b
HR28%	12.33 ^a

AC: Alimento Comercial.

HR 22%, HR 25%, HR 28% : Humedad Relativa de 22%, 25%, 28%, en el proceso de extrusión.

^{abc} expresan diferencias significativas.

Entonces, los resultados demuestran que el alimento tratado con el 28% de humedad tuvo una menor pérdida de materia seca (%PMS) con un 12.33 % para ambas etapas de desarrollo, al

igual que el Alimento comercial (AC) (9.83%) considerando que son similares, dichos resultados nos muestran que fue la mejor condición para elaborar pellets de buena hidroestabilidad por 15 minutos sumergidos en el agua.

Berman Andrés en el año 2007 (14), también evaluó la calidad del pellet usando humedades de 21 a 24 %, dando mejor resultado en cuanto a hidroestabilidad , el alimento tratado con humedad de 24% siendo hidroestable por 18 minutos, es decir; el mayor en su estudio, por otro lado F.G Iringu y colaboradores en 2018, usaron humedades de 10, 20 y 30%, obteniendo una buena hidroestabilidad de pellets incluyendo Harina de Larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*), a una humedad de 30 % (16) por lo que, se deduce que a mayor humedad existe mayor compactación en los pellets. Aunque Hoyos (2017), menciona que una mayor gelatinización durante el proceso de extrusión, no demuestra que el producto vaya ser hidroestable, ocurre que los almidones se desnitrifican y sean menos hidroestables, debido a que se genera porosidad, por las que el agua ingresa fácilmente y llega a esparcirse (11).

3.4.2 Flotabilidad

Durante la prueba se tuvo por objetivo evaluar la flotabilidad durante 15 min, pero ninguna de nuestras variables de estudio permaneció flotando en ese rango de tiempo, debido a que los movimientos simulados de las truchas aceleraban su hundimiento.

Debido a ello, se tomaron en cuenta los primeros 2 minutos, tiempo suficiente para que las truchas se alimenten.

La flotabilidad, es la propiedad que posee un objeto o cuerpo, en el caso de este estudio, (pellets), de permanecer en la superficie del agua (38).

Los resultados obtenidos de las dietas sometidas a distintas humedades fueron expresados como porcentaje de Flotabilidad (%F), calculando los promedios de forma general, los cuales se presentan de forma gráfica mediante la **Figura 4** (Porcentaje de Flotabilidad) tanto para las etapas de desarrollo, como la dieta tratamiento en estudio.

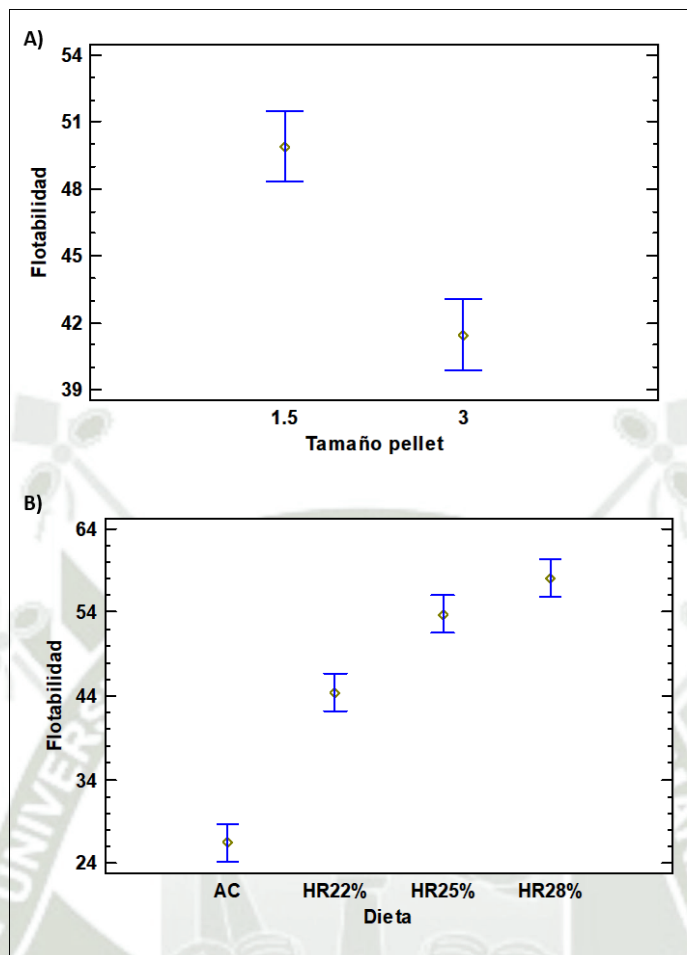


Figura 4. Porcentaje de flotabilidad. En A) según etapa de la trucha, B) Según tipo de tratamiento.

Como se observa en las diferentes etapas de desarrollo, para la etapa de alevinaje se obtuvo un %F de 49.90% y en la etapa juvenil fue de 41.46%; esto es claramente influenciado por el tamaño de pellet, ya que, a mayor tamaño, más peso, lo cual hace que tenga una rápida velocidad de hundimiento.

Si bien, el tamaño de pellet para la alimentación de trucha en cada etapa de desarrollo está estandarizado, podría reducirse mínimamente el tamaño de pellet en el caso de los juveniles para obtener una mayor flotabilidad, si la crianza se da en estanques.

En cuanto al alimento comercial (AC), se obtuvo un promedio de 26.46%, lo que es óptima para su utilización en la crianza en jaulas flotantes, ya que, se evita que los pellets se dispersen fuera de la jaula; es importante también, que posea una velocidad lenta de hundimiento, ya que permite que las truchas consuman todo el alimento posible en un tiempo suficiente, y así evitar pérdidas de alimento.

Luego, los pellets tratados con diferentes humedades de 22%, 25% y 28%, obtuvieron un %F de 44.37%, 53.75% y 58.12 % respectivamente. Estos resultados indican una gran diferencia con el %F del Alimento Comercial, pues nuestro alimento desarrollado posee mayor flotabilidad, según Hoyos (2017), los factores que pudieron haber afectado a esta característica física son estructurales, estas son la expansión y porosidad del pellet que afectan la densidad aparente, es recomendable que esta sea menor de 520 g/L. Además, durante el proceso, si la interacción entre la Temperatura, Tiempo y presión es menor, mayor será la velocidad de hundimiento (11) caso del Alimento comercial (AC).

Mediante una representación gráfica como se observa en la Figura 5. (Porcentaje de flotabilidad en la interacción tamaño de pellet, dieta y tiempo (min)), podemos observar las diferencias en la tendencia de la recta, tanto para la etapa de alevinaje, como la de juvenil, en base al tiempo en minutos, obteniendo un %F a los 0 min de 100% para alevines y 76.56% para juveniles; en cuanto a los tiempos de 1 min y 2 min, hubo similitud en ambas etapas siendo de 32.19% y 30.94 % respectivamente para alevines y 17.5 % y 16.85% para juveniles.

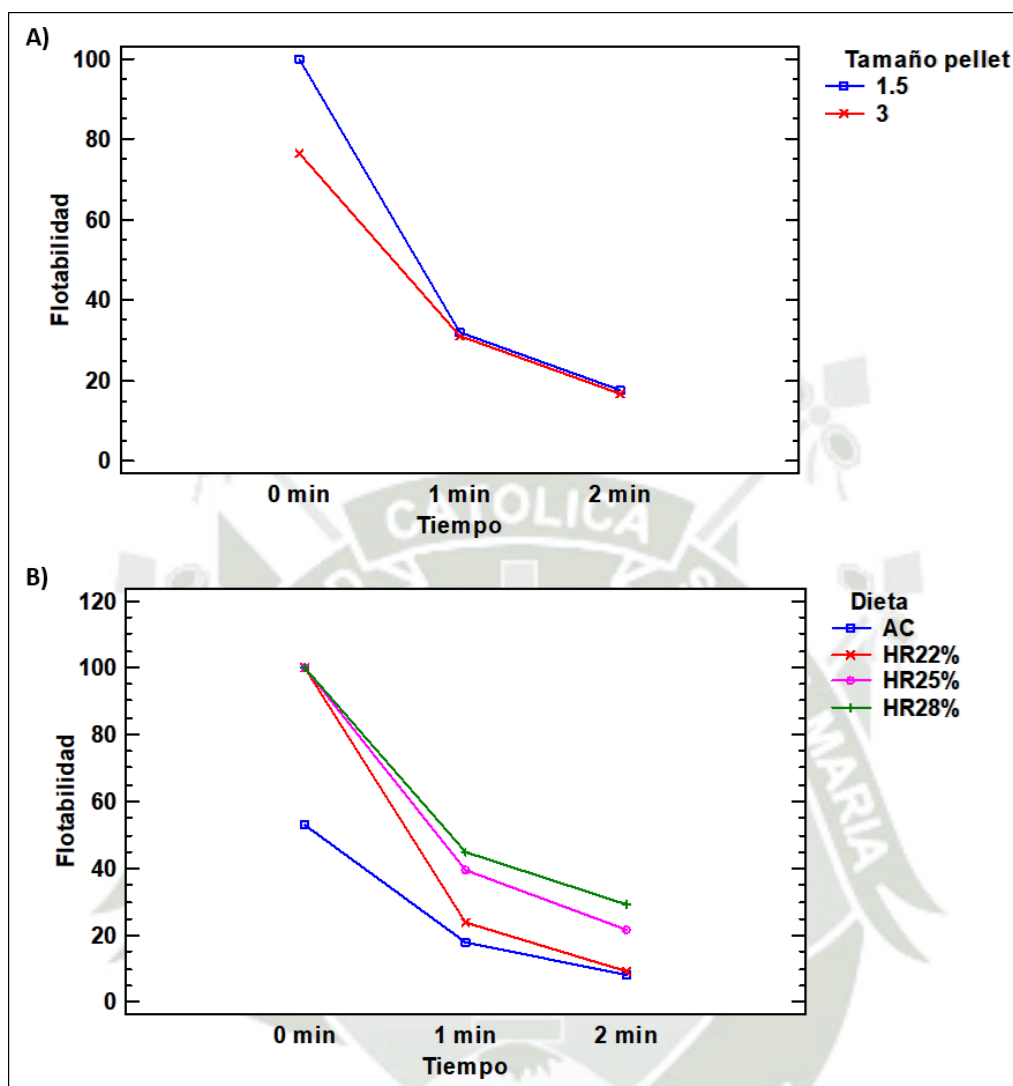


Figura 5. Porcentaje de flotabilidad en la interacción tamaño de pellet, dieta y tiempo (min)

Por otro lado, observamos la influencia en el %F, en las diferentes humedades y el tiempo, las tendencias de la recta en los tipos de alimentos son similares, aunque la gráfica nos indica que el alimento comercial obtuvo el menor %F, en los 2 minutos transcurridos con un 53.12% a los 0 min, 18.13% a los 1 min y 8.13 % a los 2 min.

Esto se debe a que el AC de los juveniles, medía 3 mm comparado con el AC de los alevines que medía solo 1.5 mm, se observó claramente que el peso del pellet de 3 mm aceleraba la velocidad de hundimiento, no obstante también pudo haber influenciado la densidad aparente, ya que para que los pellets sean flotables su densidad debe ser menor que la del agua (1g/ml) (54) y esta tuvo una mayor densidad.

Para poder identificar si los cambios fueron significativos se realizó el análisis de varianza factorial el cual nos informó que todos los factores generan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Puesto que todo fue significativo se hizo la prueba de tukey, como se presenta en la Tabla 15. Resultados de la prueba post hoc para % flotabilidad *según tukey HSD*), la cual indicó que dentro de las dietas tratamiento existe similitud en el % Flotabilidad entre las dietas con HR 25% y HR 28% con un promedio de 53.75% y 58.13% respectivamente. Esto evidentemente confirma que las altas humedades generaron un alto porcentaje de flotabilidad.

En un estudio Irungu, determinó que con humedades del 30% existe mucha gelatinización del alimento formulado, generando porosidad debido a la viscosidad de fusión reducida, lo cual es una característica favorable para la producción de pellets con mayor flotabilidad (16) (38), por lo que, dicha afirmación contribuye a que probablemente nuestro resultado está entre los óptimos para la crianza de truchas en estanques. Sin embargo, en el campo de la acuicultura en la aplicación de jaulas flotantes el porcentaje de flotabilidad debe ser menor al 10%, pero con una lenta velocidad de hundimiento según PNIPA.

Tabla 15. Resultados de la prueba post hoc para % flotabilidad según tukey HSD

Variable	Nivel	Promedio
Tamaño de pellet	1.5 mm	49.90 ^b
	3.0 mm	41.46 ^a
Dieta	AC	26.46 ^a
	HR22%	44.38 ^b
	HR25%	53.75 ^c
	HR28%	58.13 ^c
Tiempo	0 min	88.28 ^c
	1 min	31.56 ^b
	2 min	17.19 ^a

AC: Alimento Comercial.

HR 22%, HR 25%, HR 28% : Humedad Relativa de 22%, 25%, 28%, en el proceso de extrusión.

^{abc} expresan diferencias significativas.

Respecto a las interacciones como se observa en la Tabla 16. Prueba post hoc para % flotabilidad en las interacciones según Tukey HSD.) en el tiempo de 2 minutos, hubo similitud en el % F entre los tamaños de pellet (1.5mm – 3mm), y la dieta que obtuvo el mayor %F fue la que fue tratada con HR 28% (29.38%).

Así también, nos demostró que la dieta con HR22% (9.38%) y el Alimento Comercial (8.13%) obtuvieron el menor %F, resultando ser similares.

En el proceso de extrusión, según Sandoval R. (2015) (38), el incorporar el agua y vapor a un 8% de la cantidad del formulado en seco, generó humedades de 22- 24 %, los cuáles son óptimos para la elaboración de alimento flotante obteniendo un 97%F y 98%F, Sin embargo, contradice con los resultados de nuestro estudio (38).

Dichos resultados, como se mencionó anteriormente no se puede determinar con cuál de los tratamientos se obtuvo mejores resultados, puesto que a una baja HR22% y altas humedades (HR25%, HR28%) nos dan un %F menor y %F mayor respectivamente.

En el campo de la acuicultura, sobre todo en la crianza de truchas en jaulas flotantes, conviene el alimento elaborado con HR22%, ya que tiene una velocidad de hundimiento más o menos lenta, siendo la que se asemeja mejor al alimento comercial,

Por otro lado, en el caso de la crianza de truchas en estanque, es recomendable la dieta con HR25 y HR28%, ya que permanecieron un mayor número flotando.

Tabla 16. Prueba post hoc para % flotabilidad en las interacciones según Tukey HSD.

Variable	Niveles	Tiempo		
		0 min	1 min	2 min
Tamaño de pellet	1.5 mm	100.00 ^a	32.19 ^a	17.5 ^a
	3.0 mm	76.56 ^b	30.94 ^a	16.88 ^a
Dieta	AC	53.13 ^a	18.13 ^a	8.13 ^a
	HR22%	100.00 ^b	23.75 ^a	9.38 ^a
	HR25%	100.00 ^b	39.38 ^b	21.88 ^b
	HR28%	100.00 ^b	45.00 ^b	29.38 ^c

AC: Alimento Comercial.

HR 22%, HR 25%, HR 28%: Humedad Relativa de 22%, 25%, 28%, en el proceso de extrusión.

^{abc} expresan diferencias significativas.

Se considera un alimento flotante, Según Schewerther y Liu (2003), cuando el % Flotabilidad es mayor o igual a 90%, sin embargo, ningun

no de los resultados cumplió con este requerimiento, pero no es totalmente hundible, ya que todos flotaron más del 10 % al tiempo de 1 min, favorable para la trucha arcoíris, según estudios dicen que responde mejor cuando el alimento es móvil, ya que hicieron pruebas anteriormente alimentándolas con larvas de *Daphia* vivas vs muertas (55).

Según F.G Irungu, la sustitución con la Harina de Larvas de Mosca Soldado Negra (BSFM), tuvo un efecto en la flotabilidad, debido a que la dieta poseía un alto contenido de grasa, se planteó que pudo haber afectado a la expansión del pellet, durante el proceso de extrusión reduciendo la energía mecánica de la extrusora y generando la reducción de la expansión del almidón en el pellet, afectando directamente a la flotabilidad (56), también el contenido de fibra cruda puede generar una viscosidad de la masa fundida reducida, facilitando la formación de burbujas, lo que lo hace más flotable (57).

3.4.3 Atractabilidad.

Los resultados se dieron en porcentaje del índice de Atractabilidad (%IA).

El Porcentaje del Índice de Atractabilidad, es el dato que nos permite determinar el grado de aceptación de un alimento hacia un individuo (11).

A continuación, se expresa de manera gráfica los promedios obtenidos del %IA en la Figura 6 (Porcentaje del índice de atractabilidad)

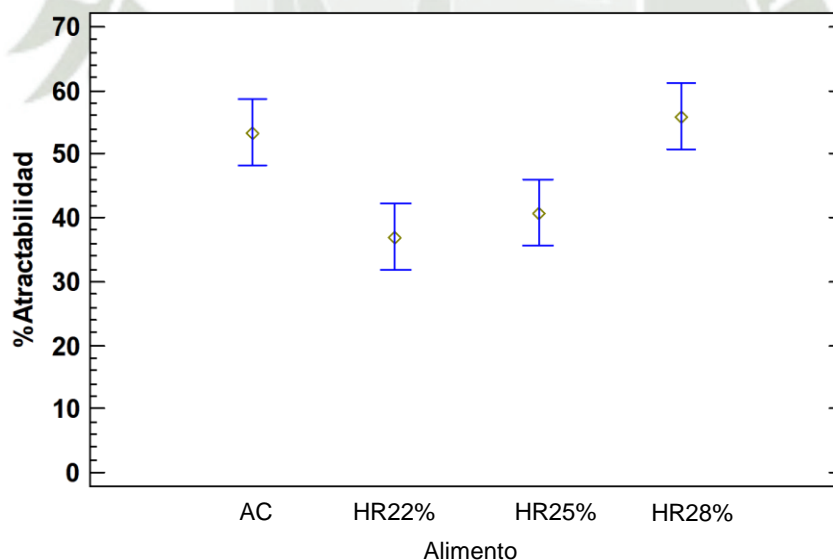


Figura 6. Porcentaje del índice de atractabilidad (%IA), según el tipo de alimento tratado.

Respecto al alimento comercial (AC), se obtuvo un promedio de 53.33% de índice de atractabilidad, y en cuanto a los pellets tratados con diferentes humedades de 22%, 25% y 28%,

se obtuvieron un %IA de 37.04%,40.74% y 55.93% respectivamente, los cuales indican que el alimento sometido a HR 28% obtuvo el mejor %IA, por lo que según estudios plantean que está relacionada directamente con la hidroestabilidad (37), Ass y colaboradores , evaluaron la atractabilidad y digestibilidad aparente en trucha arcoíris (13), usando pellets de baja y alta hidroestabilidad, al final resultó ser mejor el pellet que posee una alta hidroestabilidad, debido también al medio circundante, ya que aumentaba la calidad de agua (13) y a una menor pérdida de fósforo, lo cual evita que disminuya la cantidad de Oxígeno en el agua (12), confirmando con nuestros resultados, ya que también a esta humedad se obtuvo una alta hidroestabilidad.

Es muy importante que el alimento sea detectado rápidamente y consumido, para así poder mantener una buena calidad de agua y no se pierdan los nutrientes por lixiviación.

Para poder identificar si los resultados fueron significativos se realizó el análisis de varianza. El cual nos demostró que el tipo de alimento [$F(3,23) = 7.00, p = 0.0032$], genera una diferencia estadísticamente significativa en el %IA ($p < 0,05$), por lo que, con la prueba de Tukey en la (Tabla 17) se confirmó, que el %IA son diferentes en todos los alimentos con diferente tratamiento y el AC, es decir los pellets tratados con diferentes HR22%, HR25%, HR 28%, y el alimento comercial (AC) obtuvieron 37.04 %, 40.74%,55.92 % y 53.33% respectivamente.

Tabla 17. Resultados de la prueba post hoc para % Atractabilidad según tukey.

Alimento Tratamiento	Promedio (%) subconjunto
AC	53.33 ^{bc}
HR22%	37.04 ^a
HR25%	40.74 ^{ab}
HR28%	55.92 ^c

AC: Alimento Comercial.

HR 22%, HR 25%,HR 28% : Humedad Relativa de 22%, 25%, 28%, en el proceso de extrusión.

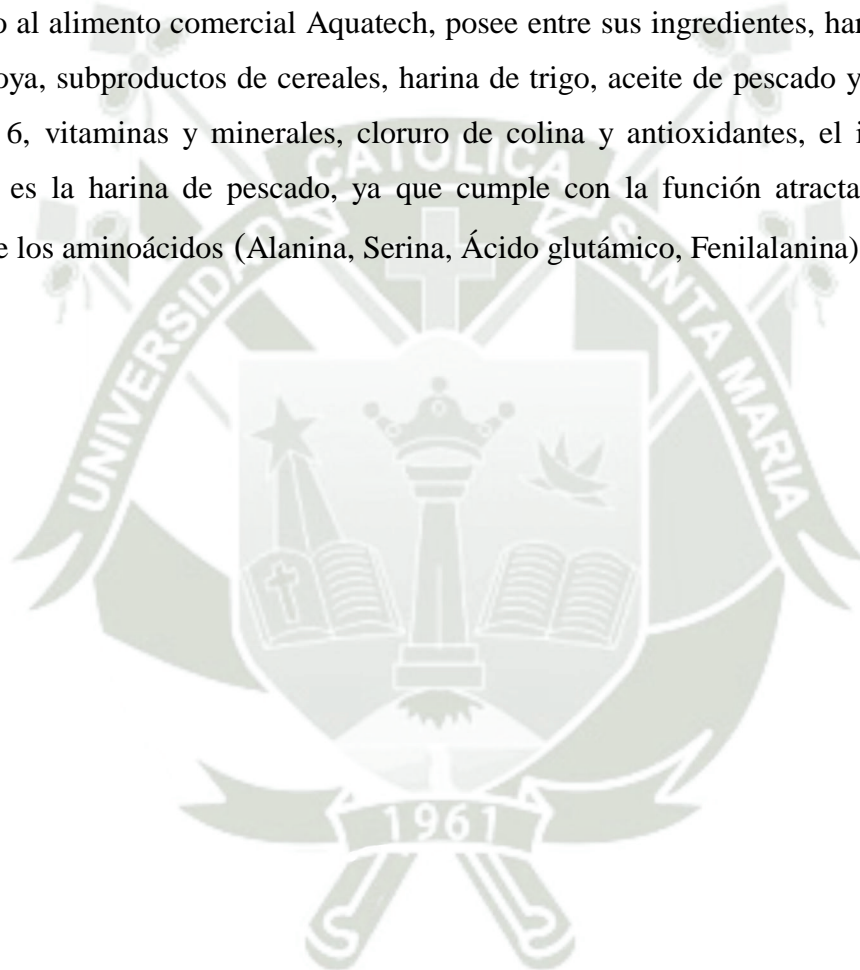
^{abc} expresan diferencias significativas.

Dichos resultados nos indican que los pellets tratados con HR 28% (55.92%) en ambas etapas, tuvieron resultados similares con el alimento comercial (AC) (53.33%), esto debido a la alta hidroestabilidad en ambas dietas, también se debe tener en cuenta que, la Harina de Larva de

Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*) está reemplazando a la harina de pescado en un 50%, siendo la diferencia con el AC que posee el porcentaje completo de Harina de pescado.

Según Mirabent (18), el sentido del olfato en los peces influye en la atractabilidad, por lo que, ciertos aminoácidos son responsables (52) tales como la Alanina, Serina, Ácido glutámico, Fenilalanina y Tirosina, presentes en la harina de larvas de Mosca soldado Negra (*Hermetia illucens*) con resultados en porcentaje de materia seca (% MS), según P. Weththasinghe y colaboradores (53) reportan 2.45%, 1.23%, 4.25% y 1.84% respectivamente.

Y en cuanto al alimento comercial Aquatech, posee entre sus ingredientes, harina de pescado, harina de soya, subproductos de cereales, harina de trigo, aceite de pescado y vegetal rico en omega 3 y 6, vitaminas y minerales, cloruro de colina y antioxidantes, el ingrediente más importante, es la harina de pescado, ya que cumple con la función attractante debido a la presencia de los aminoácidos (Alanina, Serina, Ácido glutámico, Fenilalanina) (32).



CAPITULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

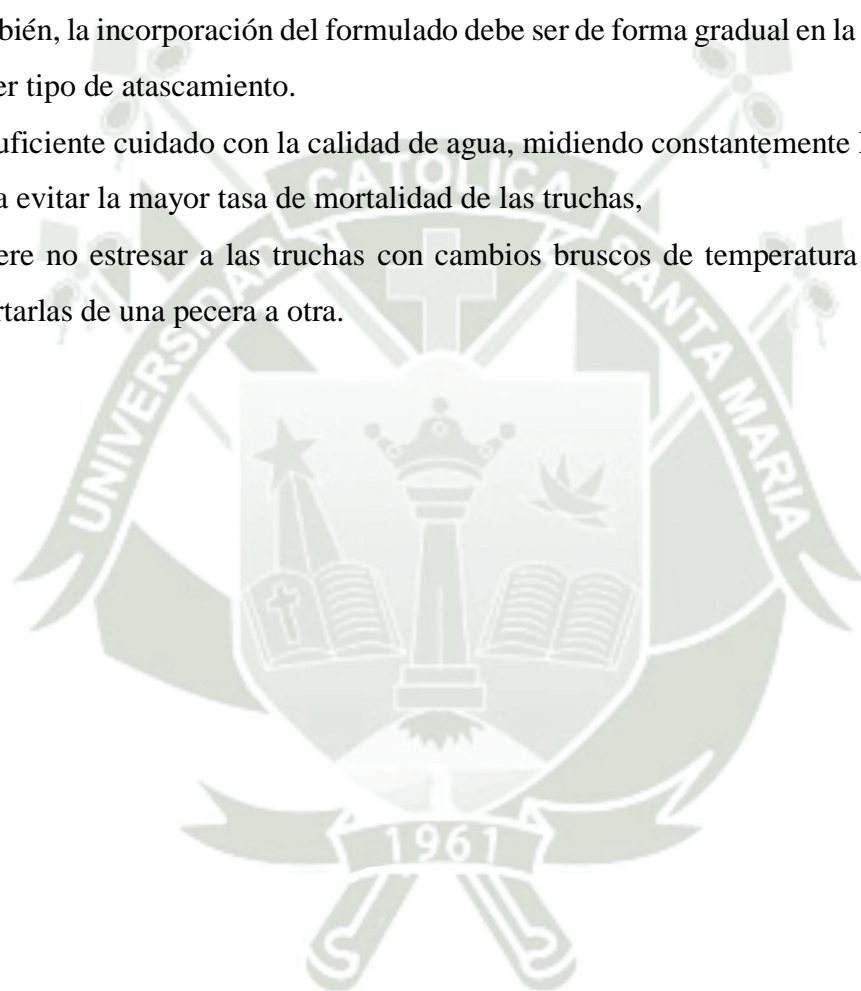
Se realizó el análisis bromatológico de la Harina de Larva de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*), obteniendo resultados promedios de 95.10% Materia seca, 46.56%MS de Proteína cruda, 23.83%MS de Extracto étereo, 31.47 de %MS de fibra detergente neutra, 10.63%MS Cenizas, 7.90%MS de Fibra cruda, 11.10%MS de Extracto no nitrogenado, A partir de dicho análisis, se estandarizó un formulado, utilizando un nivel de inclusión de 50 % de la Harina de Larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*) para su uso como alimento en alevines y juveniles de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mikyss*).

Se determinó la humedad relativa (22-25-28%) más eficiente en el preacondicionamiento del proceso de extrusión, a partir del formulado con la Harina de Larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*), comparándola con un Alimento comercial (AC), resultando ser competitiva la dieta elaborada con una humedad relativa del 28%.

Se analizó el efecto de la humedad (22-25-28%) del mezclado sobre la hidroestabilidad, flotabilidad y atractabilidad del alimento extruido a partir del formulado con la Harina de Larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*), para su uso en alevines y juveniles de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mikyss*). Dando como mejores resultados los pellets elaborados con una humedad relativa del 28%, para ambas etapas.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere calcular la cantidad de agua necesaria para llegar a la humedad óptima durante la extrusión del alimento, sin alterar la temperatura, es recomendable que se encuentre dentro del rango de 90 a 100 °C, para evitar que la masa formulada se queme en la parte del tornillo de la extrusora, o se seque durante el proceso y este afecte al funcionamiento continuo de la extrusora.
- Así también, la incorporación del formulado debe ser de forma gradual en la tolva para evitar cualquier tipo de atascamiento.
- Tener suficiente cuidado con la calidad de agua, midiendo constantemente la temperatura y pH, para evitar la mayor tasa de mortalidad de las truchas,
- Se sugiere no estresar a las truchas con cambios bruscos de temperatura al momento de transportarlas de una pecera a otra.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Ministerio de la producción. La acuicultura nacional se recuperó en el 2021. PRODUCE. 2022.
2. Zárate I, Sánchez C, Palomino H, Smith C. Caracterización de la crianza de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chincheros, Apurímac, Perú. Scielo. 2018; 29(4).
3. Torres Castillo HH. Evaluación de la inclusión de fuentes proteicas vegetales a la harina de pescado y su efecto en parametros de crecimiento y eficiencia nutritiva de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Fusagasugá: Universidad de Cundinamarca.
4. Oluwatoyin Ayoola S. Utilization of compounded feed and poultry hatchery waste in the diet of *Clarias gariepinus*. Nigerian Journal of Fisheries. 2011; 8(2).
5. Belghit I, Liland NS, Gjesdal P, Biancarosa I, Menchetti E, Krogdahl A, et al. Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture. 2019; 503: p. 609-619.
6. Guardado Alvarenga HA, Ramirez Pineda KL, Solis Avalos SA. Alimentacion de gallinas criollas con larvas vivas de mosca comun (*Musca domestica*) en Cabañas El Salvador. Tesis de grado. El Salvador: Universidad del Salvador.
7. Rodríguez Chacón AM. Propuesta De Alternativas De Producción De Proteína Para Alimentación animal A partir de insectos En colombia. Review. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).
8. Rodríguez Ortega A, Pino Moreno J, Ángeles Campos SC, García Pérez Á, Barrón Yáñez M, Callejas Hernández J. Valor nutritivo de larvas y pupas de gusano de seda (*Bombyx mori*) (*Lepidoptera: Bombycidae*). Revista Colombiana de Entomología. 2016; 42(1).
9. Loo Mendoza NE. Fundamentos de los alimentos peletizados en la nutrición animal. Revista Científica , Dominio de las Ciencias. 2016; 2(4).
10. Gamboa López. Comparación de la flotabilidad de un concentrado comercial y una fórmula desarrollada en el CUNSUROC para el engorde de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis profesional. Mazatenango: Universidad de San Carlos.
11. Hoyos JL, Villada S, Fernández A, Ortega Toro R. Parámetros de Calidad y Metodologías para Determinar las Propiedades Físicas de Alimentos Extruidos para Peces. Scielo. Información tecnológica. 2017; 28(5).
12. Welker TL, Overturf K, Snyder S, Liu K, Abernathy J, Frost J, et al. Effects of feed processing method (extrusion and expansion-compression pelleting) on water quality and growth of rainbow trout in a commercial setting. Journal of Applied Aquaculture. 2018; 30(2).
13. Aas TS, Terjesen BF, Sigholt T, Hillestad M, Refstie S. Nutritional responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets with different physical qualities at stable or variable environmental conditions. Aquaculture Nutrition. 2011; 17(6).

14. Berman Fernández A. Optimización del proceso de extrusión para la elaboración de pelets para alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en Zamorano. Tesis de grado. Zamorano.
15. Secci G, Mancini S, Iaconisi V, Gasco L, Basto A, Parisi G. Can the inclusion of black soldier fly (*Hermetia illucens*) in diet affect the flesh quality/nutritional traits of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after freezing and cooking? *International journal of food sciences and nutrition*. 2019; 70(2).
16. Irungu FG, Mutungi CM, Faraj AK, Affongon H, Kibet N, Tanga. Physico-chemical properties of extruded aquafeed pellets containing black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and adult cricket (*Acheta domesticus*) meals. *Wageningen Academic Publishers*. 2018; 4(1).
17. Pokniak J, Cornejo S, Caleguillos C, Larraín C, Battaglia J. Efectos de la extrusión o peletización de la dieta de engorda sobre la respuesta productiva de la trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) tamaño plato. *Archivo Médico Veterinario*. 1999; 31(1).
18. Mirabent Casals M. Evaluación de piensos comerciales para el alevinaje de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) en ambiente marino. Tesis de Maestría. La Habana: Universidad de la Habana.
19. Rawski M, Mazurkiewicz J, Józefiak D. Black Soldier Fly Full-Fat Larvae Meal as an Alternative to Fish Meal Oil in Siberian Sturgeon Nutrition: The Effects on Physical properties of the Feed, Animal Growth Performance, and Feed Acceptance and Utilization. *animals*. 2020; 10(11).
20. Gobbi P. Biología reproductiva y caracterización morfológica de los estadios larvarios de *Hermetia illucens* (L.,1758)(Diptera: Stratiomyidae). Bases para su producción masiva en Europa. Tesis doctoral. Alicante: Universidad de Alicante.
21. Cabrera Gutierrez D, López Gutierrez AL. Evaluación de la larva de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) como alternativa para la degradación de residuos sólidos, sólidos urbanos. Tesis profesional. Bogotá: Fundación Universidad de América, Departamento de química.
22. Diclaro W, Kaufman E. Black Soldier Fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta:Diptera : Stratiomyidae). EENY 461, UF/IFAS Extensión. Universidad de Florida, Departamento de Entomología y Nematología.
23. Arango Gutierrez GP, Vergara Ruíz RA, Mejía Vélez H. Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illucens* L (*Diptera:stratiomyiidae*) en angelópolis-antioquia, colombia. *Rev. Fac. Naci. Agron*. 2004; 57(2).
24. agricultura) F(dlNUplayl. [Online] Acceso 2 de Juniode 2021. Disponible en: https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/es%23tcNA0160.
25. Echevarría Ruiz Y. Determinación de la formulación más adecuada de dieta para trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en sus diferentes etapas de desarrollo. Tesis doctoral. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.

26. AquaPro. Kunturcomercial. [Online] Acceso 6 de Juniode 2021. Disponible en: <http://www.kunturcomercial.com/sistema/data/files/FICHA%20TECNICA%20TRUCHA%20AQUAPRO%20FINAL.pdf>.
27. Aquafeed. Tecnosa. [Online] Acceso 2 de Junio de 2021. Disponible en: <https://tecnosa.es/peletizado-y-extrusado-en-la-tecnologia-acuicola/>.
28. Quishpe Loachamin JP, Uribe Bermeo MD, Cervantes Rodriguez LT, Pedraza Cervantes L. Alimentos alternativos a formular para Trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) según sus necesidades nutritivas y procesos eficientes de residuos de mataderos. REVISTA ECUATORIANA DE CIENCIA ANIMAL. 2020; 4(3).
29. Cruz Suarez EL, Ruiz Díaz P, Cota Cerecer E, Nieto Lopez G, Guajardo Barbosa C, Tapia Salazar M, et al. Revisión sobre Algunas Características Físicas y Control de Calidad de Alimentos Comerciales para Camarón en México. Avances en Nutrición Acuícola. 2019.
30. Vargas R. Evaluación preliminar del método utilizado en la determinación de la flotabilidad de alimentos Piscícolas. Agronomía Mesoamericana. 2003; 14(2).
31. Sastre González DR. Inclusión de harina de insectos en dieta de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) como fuente nutricional alternativa. Tesis de grado. Fusagasugá: Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
32. Cahuana Pineda FD. Digestibilidad Aparente de los Macronutrientes de Alimentos Comerciales Para Truchas Arco Iris (*Oncorhynchus Mykiss*) en Etapa de engorde. Tesis de Grado. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Área de Nutrición Animal.
33. Agricultura FOdlNUpIAYl. [Online] Acceso 3 de Junio de 2021. Disponible en: <https://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/formulacion-y-preparacion-produccion-de-alimentos/es/>.
34. Bortone D E. Interacción de Ingredientes y Procesos en la Producción de Alimentos Hidroestables para Camarones. Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 2002.
35. Llopart EE. “Efectos de las condiciones de extrusión en las propiedades físicoquímicas y funcionales de productos extrudidos de sorgo integral de bajo contenido de taninos”. Tesis de maestría. Litoral : Universidad Nacional del Litoral.
36. Aquatech. aquatech. [Online] Acceso 3 de Juliode 2021. Disponible en: <https://aquatech.pe/>.
37. Jaime-Ceballos B, Civera Cerecedo R, Villareal H, Galindo López J, Pérez - Jar L. Uso de la harina de Spirulina platensis como atrayente en el alimento para el camarón *Litopenaeus schmitti*. Hidrobiológica. 2007; 17(2).
38. Sandoval Portillo E. Comparación física y nutricional de cuatro alimentos balanceados extrusados comerciales utilizados en la fase de engorde de Tilapia (*Oreochromis nilótica*) en Guatemala. Trabajo de Graduación. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

39. Abd El-Hack ME, Shafi E, Alghamdi WY, Abdelnour SA, Shehata AM, Noreldin AE, et al. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Meal as a Promising Feed Ingredient for Poultry: A Comprehensive Review. *Agriculture*. 2020; 10(8).
40. Sumba Zhongor B, Álava Hidalgo EI. Diseño de un sistema de crianza de la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) para la producción de harina como ingrediente proteico en la elaboración de balanceados. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
41. Tomberlin Jk, Adler PH, Myers HM. Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. *Environ Entomol*. 2009; 38(3).
42. Sheppard C, Tomberlin JK, Joyce JA, Kiser C, Summer SM. Rearing Methods for the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*. 2002; 39(4).
43. Bullock N, Chapin , Evans A, Elder B, Givens M, Jeffay N, et al. *The Black Soldier Fly*. 2013.
44. FAO. Programa de información de especies acuáticas *Oncorhynchus mykiss*. [Online]; 2019. Acceso 5 de Juniode 2021. Disponible en: https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/esy.
45. Palomino Ayquipa C, Castro Garro D, Cañedo Torres V, Medina Hinostroza T, Amanzo Álcantara J, Álvarez Alonso J, et al. Línea de base de la trucha Arcoíris con fines de bioseguridad en el Perú. En. Lima; 2021. p. 20.
46. Valencia MJ, Vásquez QW, Villena S. Criterios técnicos y sanitarios para la crianza de la trucha en jaulas flotantes. *SWISSCONTACT*.; 2010.
47. Brown L. *Acuicultura para veterinarios* (L. Brown (ed.); Primera Ed). Universidad de Zaragoza.
48. FONDEPES. Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales. In Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero - FONDEPES (Ed.), *Manual de crianza de trucha* (Primera ; 2014).
49. Arroyo D. Aprovechamiento de la harina de *Plecostomus spp.* como ingrediente en alimento para el crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Tesis de Maestría. Jiquilpan: Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio de Ecología Acuática y Pesca del CIIDIR-IPN.
50. Batallas Canchig MA, Naranjo Fuentala MA. Evaluar la suplementación con polen en alevines de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) medidos a través del peso y talla. Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Médico Veterinario y Zootecnista. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Quito: Universidad central del Ecuador.
51. Aranibar Aranibar MJ. *Alimentos Balanceados para Truchas*. Primera ed. Aranibar Aranibar MJ, editor. Puno: SAFE TRACK; 2021.
52. Jafari Shamushaki A, Kasumyan AO, Abedian A, Abtahi B. ehavioural responses of the Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) juveniles to free amino acid solutions. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*. 2007; 40(3).

53. Weththasinghe P, Hansen Jo, Nokland D, Lagos L, Rawski M, Overland M. Full-fat black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) meal and paste in extruded diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*): Effect on physical pellet quality, nutrient digestibility, nutrient utilization and growth performances. *Aquaculture*. 2021; 530(15).
54. Chaves Rojas. Evaluación de diferentes densidades de carga en truchas mediante parámetros biológicos y económicos. Tesis de Titulación. Costa Rica: Unoversidad de Costa Rica.
55. Petrell R, Ang K. Effects of pellet contrast and light intensity on salmonid behaviors.. *Aquacultural Engineering*. 2001; 25(3).
56. Ilo S, Schoenlechner R, Berghofe E. Role of lipids in the extrusion cooking processes. *Grasas y Aceites*. 2000 ; 51(1-2).
57. Khater ES, Bahnasawy , Ali SA. Physical and mechanical properties of fish feed pellets. *Journal of Food Processing & Technology*. 2014; 5(10).
58. Arancibia Cano I, Cáceres Balmaceda J. Comparación del ritmo de crecimiento del *Litopenaeus vannamei* y las fluctuaciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos, de los estanques 1 y 2 de la granja cmaronera Playa Hermosa, en el periodo comprendido de abril a Junio del 2017. Teisis de grado. León : Universidad Autónoma de Nicaragua, Departamento de Ingeniería Acuícola.
59. Mayer. Monitoreo de la calidad de agua del estanque para mejorar la produccion de camarones y peces..
60. Harmann DV, Harper JM. Modeling a forming foods extruder. *Journal of Food Science*. 1974; 39(6).
61. Colvin LB, Brand CW. the protein requirement of penaeid shrimp at various life-cycle stages in controlled environment systems. *Proceedings of the annual meeting - World Mariculture Society*. 1977; 8(1-4).
62. Fenucci JL, Casal de Fenucci , Lawrence AL, Zein-Eldin ZP. The assimilation of protein and carbohydrate from prepared diets by the shrimp, *Penaeus stylirostris*. *Journal of the World Mariculture Society*. 1982; 13(1-4).
63. Lim C, Dominy. Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquacultura*. 1989; 87(1).
64. Derby CD, Sorensen W. Neural processing, perception, and behavioral responses to natural chemical stimuli by fish and crustaceans. *J Chem Ecol*. 2008; 34(7).
65. Carr , Netherton III JC, Lynn Milstead M. Chemoattractants of the shrimp, *Palaemonetes pugio*: Variability in responsiveness and the stimulatory capacity of mixtures containing amino acids, quaternary ammonium compounds, purines and other substances. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*. 1984; 77(3).
66. Yuan Y, Lawrence AL, Bru Chehade S, Jensen E, Barry RJ, Fowler LA, et al. Feed intake as an estimation of attractability in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 2021; 532(15).

67. Nguyen TT, Tomberlin JK, Vanlaerhoven S. Influence of Resources on *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larval Development. *Journal of Medical Entomology*. 2013; 50(4).
68. Orna. Manual Procesamiento Alimentos para Truchas. PRODUCE. 2010.
69. FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. En.: Roma; 2016. p. 224pp.



ANEXOS.

ANEXO 1

Tabla de programa de alimentación (Aquatech)

ALIMENTO	PESO (gr)	TALLA (cm)	% PESO CORPORAL Temperatura del agua °C				
			10	12	14	16	18
Pre-inicio 1 - 55 - pulverizado	Larva	<1.1	5.1	6.2	7.4	8.8	10.6
Pre-inicio 2 - 50 - granulado	0.2	1.1 - 1.5	4.1	4.9	5.9	7.1	8.5
	0.6	1.5 - 3.5	3.7	4.4	5.3	6.3	7.6
Inicio 45	0.6 - 1.5	3.5 - 5.0	3.2	3.8	4.6	5.5	6.6
	1.5 - 5.0	5.0 - 6.0	2.6	3.1	3.7	4.4	5.3
Crecimiento 1 - 42	5.0 - 7.0	6.0 - 8.0	2.5	3	3.6	4.3	5.1
	7.0 - 9.0	8.0 - 9.0	2.2	2.7	3.2	3.8	4.6
Crecimiento 2 - 42	9.0 - 25.0	9.0 - 12.0	1.6	1.9	2.3	3.8	3.3
Engorde - 40	25.0 - 57.0	12.0 - 15.0	1.4	1.6	2	2.3	2.8
Engorde - 40	57.0 - 137.0	15.0 - 25.0	1.1	1.3	1.5	1.9	2.2
Acabado C/P - 40	137.0 - 265.0	25.0 - 27.5	0.9	1	1.2	1.5	1.8

ANEXO 2

Flujograma de Actividades.

FASE 1:

Estandarización del Formulado.



Determinación de la composición próxima de ingredientes de la harina de *Hermetia illucens*.



Análisis bromatológico ((MS), proteína cruda (PC), Extracto Etéreo (EE), Fibra detergente neutra (FDN), cenizas (CZS), Fibra cruda (FC), Carbohidratos (CH) y Extracto no Nitrogenado (ENN)



Formulación de mezclas que contienen harina de insectos.



Procesamiento de extrusión.



Molida 250 micras



Mezclado



Pre-acondicionamiento



Extrusado

Temperatura: 130°C



Secado

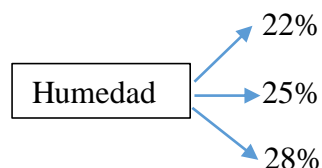
90°C-100°C



Enfriado

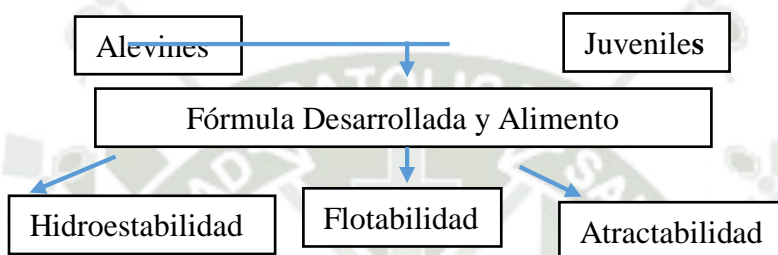
35°C

FASE 2:



FASE 3:

Evaluación de los parámetros de hidroestabilidad, flotabilidad, y atractabilidad.



ANEXO 3. Análisis estadísticos programa Statgraphics 19.

Promedios de %PMS según etapa y según alimento

			<i>Std.</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
<i>Level</i>	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
GRAND MEAN	24	18.0417	0.782846	16.3821	19.7012
Etapa					
1.5 mm (alevines)	12	17.0833	1.10711	14.7364	19.4303
3 mm (juveniles)	12	19.0	1.10711	16.653	21.347
Alimento					
AC	6	9.83333	1.56569	6.51421	13.1525
HR22%	6	26.5	1.56569	23.1809	29.8191
HR25%	6	23.5	1.56569	20.1809	26.8191
Hr28%	6	12.3333	1.56569	9.01421	15.6525

Promedios de %PMS según etapa y según alimento

Etapa by Alimento					
1.5 mm AC	3	6.66667	2.21422	1.97272	11.3606
1.5 HR22%	3	29.0	2.21422	24.306	33.694
1.5 HR25%	3	22.3333	2.21422	17.6394	27.0273
1.5 HR28%	3	10.3333	2.21422	5.63938	15.0273
3 AC	3	13.0	2.21422	8.30605	17.694
3 HR22%	3	24.0	2.21422	19.306	28.694
3 HR25%	3	24.6667	2.21422	19.9727	29.3606
3 HR28%	3	14.3333	2.21422	9.63938	19.0273

Promedios de %IA según etapa y según alimento

	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
GRAND MEAN	24	46.7592	1.75316	43.0426	50.4757
Etapas					
Alevines	12	43.0558	2.47934	37.7999	48.3118
Juveniles	12	50.4625	2.47934	45.2065	55.7185
Alimento					
Ac	6	53.3333	3.50632	45.9003	60.7664
HR 22%	6	37.035	3.50632	29.6019	44.4681
Hr25%	6	40.7417	3.50632	33.3086	48.1747
Hr28%	6	55.9267	3.50632	48.4936	63.3597

Promedios de %IA según etapa y según alimento

Etapa by Alimento					

1.5	AC	3	56.6667	4.95868	46.1547	67.1786
1.5	HR22%	3	38.8867	4.95868	28.3747	49.3986
1.5	HR25%	3	27.78	4.95868	17.268	38.292
1.5	HR28%	3	48.89	4.95868	38.378	59.402
3	AC	3	50.0	4.95868	39.488	60.512
3	HR22%	3	35.1833	4.95868	24.6714	45.6953
3	HR25%	3	53.7033	4.95868	43.1914	64.2153
3	HR28%	3	62.9633	4.95868	52.4514	73.4753

Promedios de %F según etapa y según alimento

			<i>Std.</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
<i>Level</i>	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
GRAND MEAN	96	45.6771	0.564169	44.5427	46.8114
Tamaño pellet					
1.5	48	49.8958	1.08337	47.6599	52.1318
3	48	41.4583	1.08337	39.2224	43.6943
Dieta					
AC	24	26.4583	1.53211	23.2962	29.6205
HR22%	24	44.375	1.53211	41.2129	47.5371
HR25%	24	53.75	1.53211	50.5879	56.9121
HR28%	24	58.125	1.53211	54.9629	61.2871

Promedios de %F según tamaño pellet y según alimento

Tamaño pellet by Dieta						
<i>Level</i>		<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Std.</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
			<i>Error</i>		<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
1.5	AC	12	50.8333	2.16673	46.3614	55.3053
1.5	HR22%	12	47.5	2.16673	43.0281	51.9719
1.5	HR25%	12	47.5	2.16673	43.0281	51.9719
1.5	HR28%	12	53.75	2.16673	49.2781	58.2219
3	AC	12	2.08333	2.16673	-2.38859	6.55526
3	HR22%	12	41.25	2.16673	36.7781	45.7219
3	HR25%	12	60.0	2.16673	55.5281	64.4719
3	HR28%	12	62.5	2.16673	58.0281	66.9719

Promedios de %F según interacción de tamaño pellet, dieta y tiempo

Tiempo by Tamaño pellet						
				<i>Std.</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
<i>Level</i>		<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
0 min	1.5	16	100.0	1.38193	97.2214	102.779
0 min	3	16	76.5625	1.38193	73.7839	79.3411
1 min	1.5	16	32.1875	1.38193	29.4089	34.9661
1 min	3	16	30.9375	1.38193	28.1589	33.7161
2 min	1.5	16	17.5	1.38193	14.7214	20.2786
2 min	3	16	16.875	1.38193	14.0964	19.6536
Tiempo by Dieta						
0 min	AC	8	53.125	1.95434	49.1955	57.0545
0 min	HR22%	8	100.0	1.95434	96.0705	103.929
0 min	HR25%	8	100.0	1.95434	96.0705	103.929
0 min	HR28%	8	100.0	1.95434	96.0705	103.929
1 min	AC	8	18.125	1.95434	14.1955	22.0545
1 min	HR22%	8	23.75	1.95434	19.8205	27.6795
1 min	HR25%	8	39.375	1.95434	35.4455	43.3045
1 min	HR28%	8	45.0	1.95434	41.0705	48.9295
2 min	AC	8	8.125	1.95434	4.19553	12.0545
2 min	HR22%	8	9.375	1.95434	5.44553	13.3045
2 min	HR25%	8	21.875	1.95434	17.9455	25.8045
2 min	HR28%	8	29.375	1.95434	25.4455	33.3045



Análisis de varianza para %PMS

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Valor- p</i>
Tamaño pellet	22.0417	1	22.0417	1.50	0.2386
Alimento	1207.79	3	402.597	27.37	0.0000
Tamaño pellet*Alimento	107.792	3	35.9306	2.44	0.1018
Residual	235.333	16	14.7083		
Total (corrected)	1572.96	23			

Análisis de varianza factorial de medidas repetidas para la flotabilidad.

	<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Valor- p</i>
Entre grupos	Tamaño pellet	1708.59	1	1708.59	30.33	0.0000
	Dieta	14188.3	3	4729.43	83.95	0.0000
	Tamaño pellet*Dieta	14182.0	3	4727.34	83.91	0.0000
	ERROR(Muestra)	1352.08	24	56.3368	1.84	0.0356
Intra grupos	Tiempo	90431.8	2	45215.9	1479.79	0.0000
	Tiempo*Tamaño pellet	2701.56	2	1350.78	44.21	0.0000
	Tiempo*Dieta	5370.31	6	895.052	29.29	0.0000
	Tiempo*Tamaño pellet*Dieta	4929.69	6	821.615	26.89	0.0000
	ERROR(Tiempo)	1466.67	48	30.5556		
	Total (corrected)	136331.	95			

Análisis de varianza para % Atractabilidad.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Valor- p</i>
Alimento	1548.19	3	516.065	7.00	0.0032
Residual	1180.25	16	73.7656		
Total (corrected)	4120.8	23			

ANEXO 4. Fotografías de la Ejecución de la Metodología.

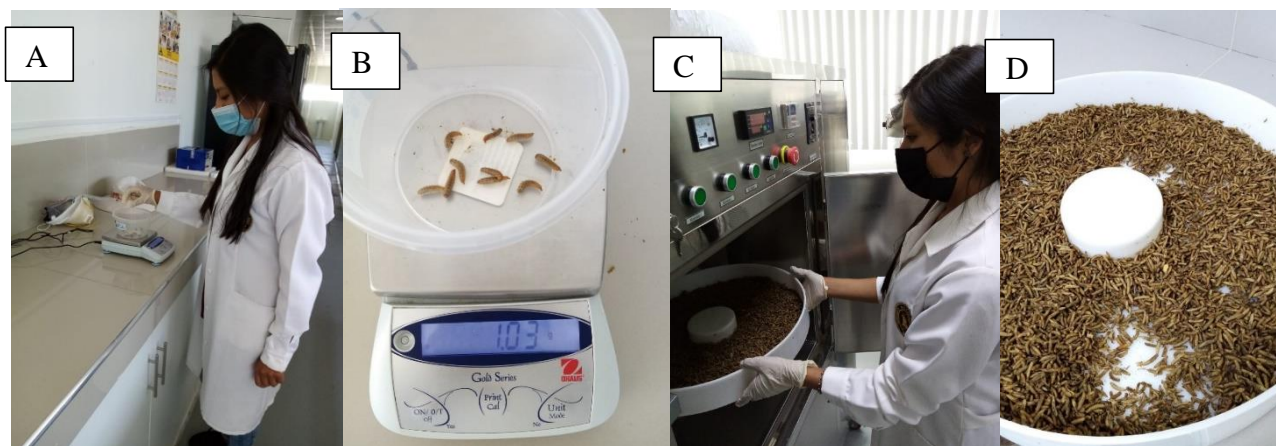


Figura 1: A) y B) Cosecha y pesado de 10 larvas C) Secado de Larvas de *Hermetia illucens*, D) Larvas deshidratadas, para su posterior producción de harina.



Figura 2: Molienda de insumos.



Figura 3: Adición de los insumos a la mezcladora.



Figura 4: A) Preacondicionamiento B) Extrusión del alimento formulado.



Figura 5: A) y B) Obtención de los alimentos extruidos para alevines y juveniles C) Recepción de Truchas arcoiris.

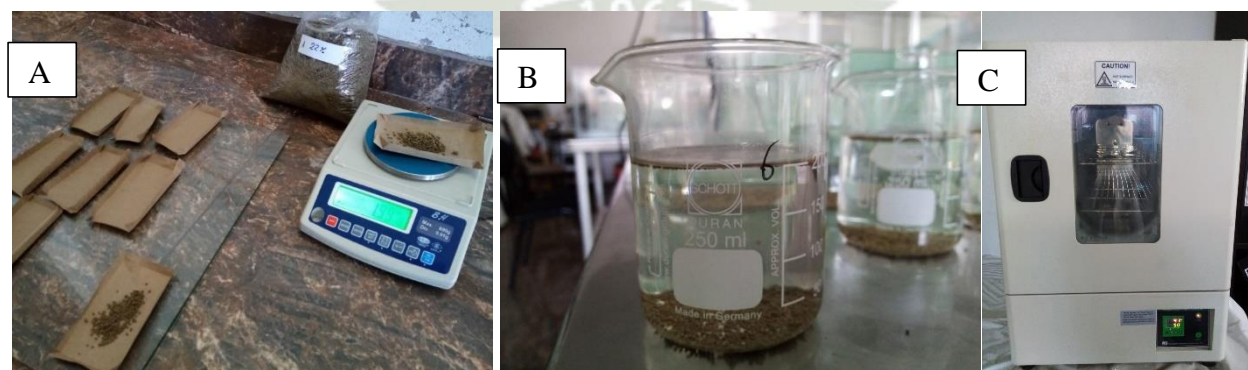


Figura 6: Ensayo de hidroestabilidad. A) Pesado del alimento, B) Incorporación del alimento al agua, C) secado de los pellets en una estufa.

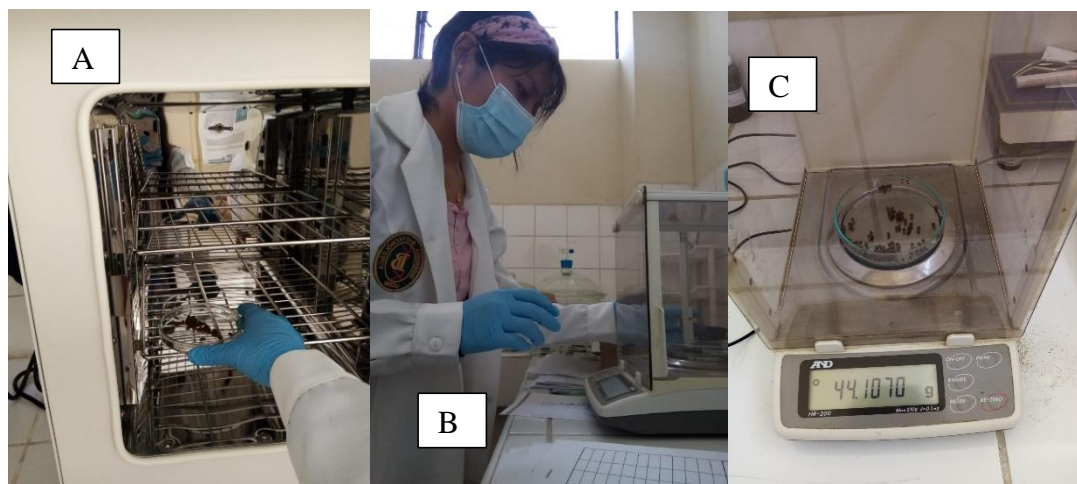


Figura 7: A) Muestras retiradas, B) Pesaje de las muestras c) Obtención del peso final.

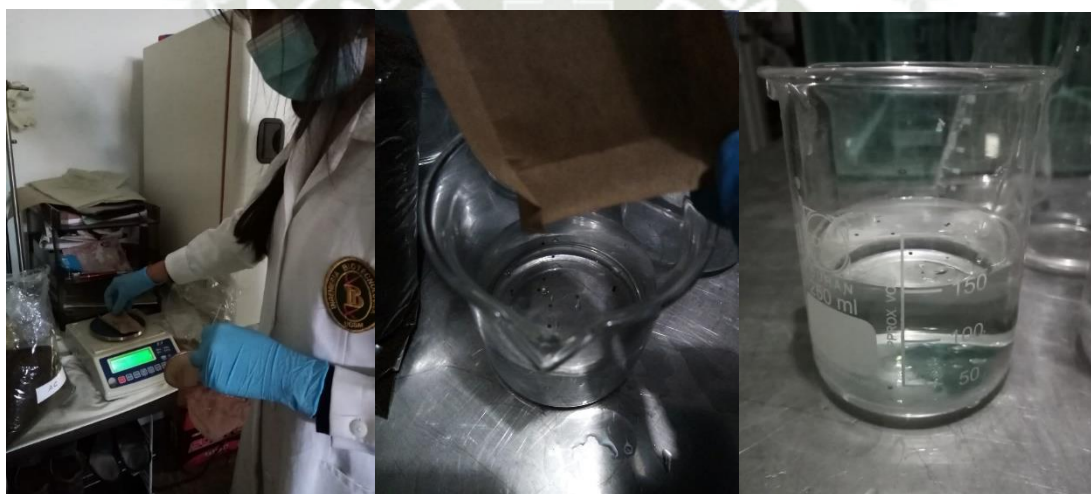


Figura 8: Ensayo de Flotabilidad

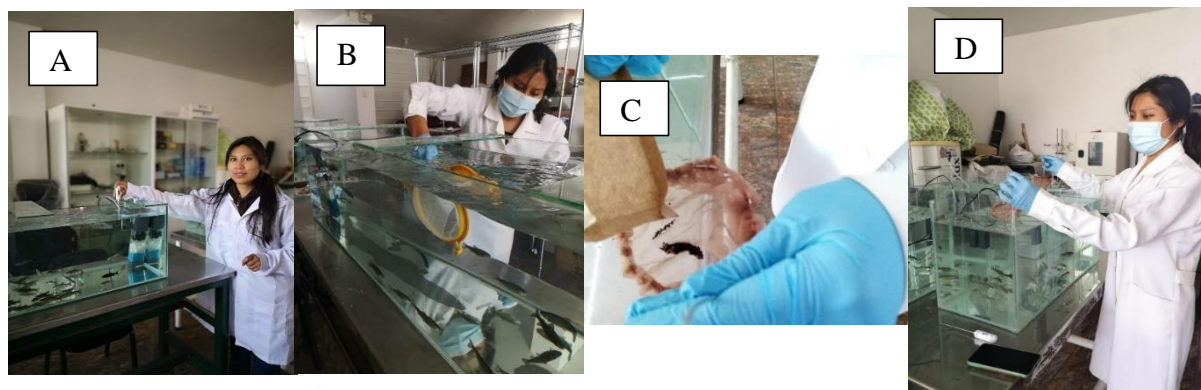


Figura 7: Configuración del sistema para el ensayo de Atractabilidad. A) Medición de Temperatura, B) Recolección de truchas C) y D) colocación de los alimentos.



Figura 8: A) Extracción de los separadores de la pecera, B) Observación de la capacidad atractante de los alimentos en la truchas arcoiris (*Oncorhynchus mikys*)



Figura 9: Observación del comportamiento de las truchas en la prueba de Atractabilidad.