



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**ELABORACIÓN DE UN ALIMENTO FLOTANTE EXTRUIDO
PARA TRUCHAS JUVENILES COMO UNA ALTERNATIVA A
UTILIZAR EN LA INDUSTRIA ACUÍCOLA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. GUMER ELENA ALANOCA CCOPA

Bach. MIRELLA ALEJANDRA RAMÍREZ MEJÍA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO-PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**ELABORACIÓN DE UN ALIMENTO FLOTA
NTE EXTRUIDO PARA TRUCHAS JUVENI
LES COMO UNA ALTERNATIVA A UTILIZ
AR**

AUTOR

Elena-Alejandra Alanoca-Ramírez

RECuento DE PALABRAS

23651 Words

RECuento DE CARACTERES

124724 Characters

RECuento DE PÁGINAS

122 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.3MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 24, 2024 6:40 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 24, 2024 6:42 AM GMT-5

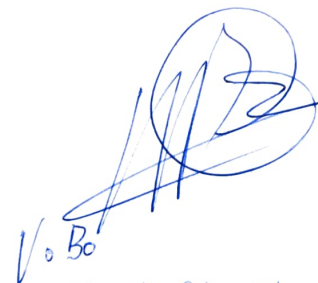
● 6% de similitud general

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

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

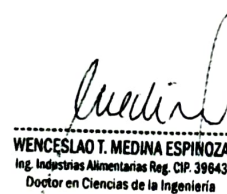
● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)



Vo Bo

Dr. Alfredo Palao Iturregui
Director General de la Unidad de
Investigación - FCA



WENCESLAO T. MEDINA ESPINOZA
Ing. Industrias Alimentarias Reg. CIP: 39843
Doctor en Ciencias de la Ingeniería



DEDICATORIA

*A mis padres, por su
apoyo constante a lo
largo de mi vida y por
ayudarme a cumplir
cada una de mis metas.*

Elena Alanoca



DEDICATORIA

*A mis padres, quienes
nunca dejaron de
impulsarme para
cumplir mis metas.*

Alejandra Ramírez



AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor de tesis Dr. Wenceslao Teddy Medina Espinoza por su entrega, sentido del humor y comprensión, asimismo por la cooperación en el desarrollo del presente proyecto de investigación.

A la Dra. Alicia Magaly León Tacca por su cariño, motivación y sus acertadas recomendaciones.

A la Ing. Eva Roxana Apaza Cruz por su continuo apoyo, disposición de los laboratorios de investigación y los memorables momentos que pasamos juntas.

Por último, nuestra gratitud a las personas que nos acompañaron en este proyecto de investigación.

Gumer Elena Alanoca Ccopa

Mirella Alejandra Ramírez Mejía



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.2. MARCO TEÓRICO	25
2.2.1. Trucha	25
2.2.1.1. Generalidades de la trucha	25
2.2.1.2. Etapas de crecimiento	26
2.2.1.3. Requerimientos nutricionales.....	26
2.2.2. Alimento balanceado.....	28
2.2.2.1. Generalidades del alimento balanceado	28



2.2.2.2. Tipos de alimentos según su tecnología.....	29
2.2.2.3. Propiedades que afectan la calidad del alimento	30
2.2.3. Alimentos comerciales para truchas.....	32
2.2.3.1. NICOVITA	33
2.2.3.2. AQUATECH.....	34
2.2.4. Recubrimiento	35
2.2.4.1. Generalidades del recubrimiento	35
2.2.4.2. Tipos de recubrimiento	35

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	37
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	37
3.2.1. Materia prima	37
3.2.2. Materiales	38
3.2.3. Equipos.....	38
3.2.4. Reactivos	39
3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	39
3.3.1. Obtención de la matriz alimentaria como alimento flotante extruido para truchas juveniles.....	39
3.3.1.1. Descripción del proceso	40
3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	43
3.4.1. Propiedades físico-funcionales.....	44
3.4.1.1. Flotabilidad	44
3.4.1.2. Densidad aparente (DA).....	44
3.4.1.3. Volumen específico (VE).....	44



3.4.1.4. Relación de expansión (RE).....	45
3.4.1.5. Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA).....	45
3.4.1.6. Tiempo de flotación	46
3.4.1.7. Velocidad de sedimentación	47
3.4.2. Composición proximal	48
3.4.3. Propiedades microestructurales	48
3.4.4. Evaluación de atracto-palatabilidad.....	49
3.4.4.1. Consumo de alimentos (CA).....	49
3.4.4.2. Tiempo de arribo del alimento.....	49
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	51

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE EXTRUSIÓN CON RESPECTO A LAS PROPIEDADES FÍSICO-FUNCIONALES DE LOS ALIMENTOS EXTRUIDOS	54
4.1.1. Relación de los parámetros de extrusión con respecto a la flotabilidad .	54
4.1.2. Relación de los parámetros de extrusión con respecto a la densidad aparente y relación de expansión	55
4.1.3. Relación de los parámetros de extrusión con respecto al volumen específico.....	57
4.1.4. Relación de los parámetros de extrusión con respecto al índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua.....	58



4.1.5. Relación de los parámetros de extrusión con respecto al tiempo de flotación en condiciones estacionarias y a la velocidad de sedimentación en condiciones estacionarias	60
4.2. SELECCIÓN DE TRATAMIENTOS.....	61
4.3. COMPARACIÓN DE LOS ALIMENTOS EXTRUIDOS CON LOS ALIMENTOS COMERCIALES	63
4.3.1. Comparación de las propiedades físico-funcionales	63
4.3.2. Comparación de la composición proximal	68
4.3.3. Comparación de la microestructura	69
4.4. ATRACTO-PALATABILIDAD.....	71
V. CONCLUSIONES.....	78
VI. RECOMENDACIONES	80
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS.....	97

ÁREA: Propiedades físicas y estructurales

TEMA: Extrusión, alimentos balanceados

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 30 de enero del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Etapas de crecimiento en función a la edad y peso de las truchas	26
Tabla 2 Programa de alimentación de la línea de productos NICOVITA	33
Tabla 3 Características nutricionales de los alimentos NICOVITA	34
Tabla 4 Programa de alimentación de la línea de productos AQUATECH.....	34
Tabla 5 Características nutricionales de los alimentos AQUATECH	35
Tabla 6 Formulación base de ingredientes para el procesamiento de alimentos flotantes extruidos	41
Tabla 7 Diseño experimental de la presente investigación	51
Tabla 8 Resultados de las propiedades físico-funcionales de los tratamientos con un 100% de flotabilidad	62
Tabla 9 Resultados de la prueba de tiempo de flotación en ambas condiciones	66
Tabla 10 Resultados de la prueba de velocidad de sedimentación en ambas condiciones.	67
Tabla 11 Composición proximal de los alimentos flotantes extruidos y alimentos comerciales	68
Tabla 12. Porcentaje de porosidad de los alimentos flotantes extruidos	70



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Diagrama de flujo del procesamiento de una matriz como alimento para truchas juveniles.	40
Figura 2 Esquema de la configuración investigativa para la obtención de fotogramas durante el tiempo de arribo del alimento de truchas juveniles.	50
Figura 3 Resultados de la relación de la flotabilidad entre los parámetros de extrusión	54
Figura 4. Resultados de la relación DA (1) y RE (2) entre los parámetros de extrusión	55
Figura 5 Resultados de la relación del VE entre los parámetros de extrusión.....	57
Figura 6 Resultados de la relación de la IAA (1) e ISA (2) entre los parámetros de extrusión	58
Figura 7 Resultados de la relación del TFE (1) y VSE (2) entre los parámetros de extrusión	60
Figura 8 Resultados de las propiedades físico-funcionales de los productos extruidos y alimentos comerciales.	63
Figura 9 Imágenes de microestructura de la sección transversal de los alimentos extruidos seleccionados.	69
Figura 10 Resultados de la prueba de atracto-palatabilidad en función al CA.	71
Figura 11 Resultados de la prueba de atracto-palatabilidad en función al TA.	72
Figura 12 Imágenes del trayecto de las truchas desde la posición en la que se encuentran hasta alcanzar el alimento.	74



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Resultado del contenido de humedad inicial de la mezcla de ingredientes...	97
Anexo 2 Análisis de varianza de las propiedades físico-funcionales.....	98
Anexo 3 ANOVA y comparaciones LSD-Fisher de los alimentos flotantes extruidos y alimentos comerciales.....	106
Anexo 4 Resultados de la composición proximal	112
Anexo 5 Galería de fotos.....	113
Anexo 6 Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	120
Anexo 7 Autorización para el depósito de tesis en el repositorio institucional	122



ACRÓNIMOS

EX:	alimento flotante extruido sin recubrimiento
EXR:	alimento flotante extruido con recubrimiento
AC:	alimento comercial
bh:	base húmeda
F:	flotabilidad
Fi:	flotabilidad inicial
Ff:	flotabilidad final
DA:	densidad aparente
m:	masa
Va:	volumen del agua
Vt:	volumen total del agua y alimento flotante extruido
VE:	volumen específico
RE:	relación de expansión
DM:	diámetro mayor
Db:	diámetro de la boquilla del extrusor
IAA:	índice de absorción de agua
Mi:	masa inicial
Mg:	masa de sólidos residuales
ISA:	índice de solubilidad en agua
Mss:	masa del sobrenadante sólido seco
TF:	tiempo de flotación
TFE:	tiempo de flotación en condiciones estacionarias
TFT:	tiempo de flotación en condiciones turbulentas
VS:	velocidad de sedimentación



VSE:	velocidad de sedimentación en condiciones estacionarias
h:	altura de la columna de agua
T:	tiempo que demoró cada unidad en llegar al fondo del prisma
VST:	velocidad de sedimentación en condiciones turbulentas
NTP:	Norma Técnica Peruana
AOAC:	Association of Analytical Communities
ISO:	Internacional Organization for Standardization
Ps:	porosidad de la sección transversal
CA:	consumo de alimentos
Ao:	número de alimentos ofrecidos
Ac:	número de alimentos consumidos
TA:	tiempo de arribo del alimento
ANOVA:	Análisis de Varianza



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar una matriz alimentaria como alimento para truchas juveniles utilizando tecnología de extrusión. Para tal efecto, se utilizó una formulación base de alimento para truchas el cual se procesó en una extrusora de laboratorio de doble tornillo. Los parámetros considerados fueron: temperaturas (110, 120 y 130°C); velocidad de tornillo (300, 400 y 500 rpm) y contenidos de humedad (25 y 28%), además se consideró un recubrimiento superficial. Se evaluaron: flotabilidad, densidad aparente, relación de expansión, volumen específico, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, tiempo de flotación y velocidad de sedimentación, porosidad, composición proximal (humedad, grasa y proteína) y la atracto-palatabilidad. Con respecto a las propiedades físico-funcionales se obtuvo mejores resultados a menores temperaturas en la cuarta zona de extrusión (110°C) y baja velocidad de tornillo (300 rpm). Comparando nuestros alimentos extruidos con alimentos comerciales, estos últimos se hunden más rápido y tienen una restringida flotabilidad que los alimentos extruidos. Además, en la composición proximal la humedad y proteína presentaron resultados aceptables, a diferencia de la grasa que solo el alimento flotante extruido recubierto presenta valores tolerables (4.11%). En la evaluación de atracto-palatabilidad, las truchas juveniles presentaron resultados positivos con respecto a ambos comportamientos alimentarios (consumo de alimento y tiempo de arribo). En conclusión, los alimentos extruidos presentaron una alta flotabilidad, alta porosidad y buen contenido de proteína, presentando una ventaja competitiva con respecto al alimento peletizado disponible comercialmente.

Palabras clave: alimento flotante, truchas juveniles, extrusión, alta flotabilidad, contaminación acuícola.



ABSTRACT

The aim this research was to design a food matrix as a feed for juvenile trout using extrusion technology. For this purpose, a base formulation of balanced trout feed was used and processed in a laboratory twin-screw extruder. The parameters considered were: temperatures (110, 120 and 130°C); screw speed (300, 400 and 500 rpm) and moisture contents (25 and 28%), in addition a surface coating was considered. Floatability, bulk density, expansion ratio, specific volume, water absorption index, water solubility index, floating time and sedimentation rate, porosity, proximal composition (moisture, fat and protein) and attract-palatability were evaluated. With respect to physical-functional properties, better results were obtained at lower temperatures in the fourth extrusion zone (110°C) and low screw speed (300 rpm). Comparing our extruded feeds with commercial feeds, the latter sink faster and have restricted floatability than extruded feeds. Also, in the proximal composition, moisture and protein presented acceptable results, unlike fat, which only the coated extruded floating feed presented tolerable values (4.11%). In the evaluation of attract-palatability, juvenile trout showed positive results with respect to both feeding behaviors (food consumption and arrival time). In conclusion, the extruded feeds presented high floatability, high porosity and good protein content, presenting a competitive advantage with respect to commercially available pelleted feed.

Keywords: floating feed, juvenile trout, extrusion, high floatability, aquaculture pollution.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La actividad acuícola en el Lago Titicaca, anidado dentro del Altiplano de Bolivia y Perú con una elevación de superficie de 3812 m (Duquesne et al., 2021), se encuentra en constante proceso de crecimiento debido a la preferencia de la trucha en los diferentes mercados locales y nacionales. Los alimentos peletizados son la mayor fuente de alimentación empleada durante la crianza de estos peces (Vásquez et al., 2016). El proceso de peletización es relativamente simple y económico en términos de elaboración (Chaabani et al., 2022; Craig et al., 2017). Sin embargo, la principal desventaja es la limitada posibilidad de controlar propiedades físicas tales como la porosidad. Debido a esto los pellets no consumidos sedimentan en el fondo del lago y por su alto contenido de nitrógeno (amoníaco y nitrito) y fósforo podrían ser la causa de la proliferación de las algas verde-azules (cianobacterias) dañando las branquias de los peces (Bolorunduro, 2002; Chorus, 2001; Yavuzcan et al., 2017) y contaminando el medio ambiente. Asimismo, el crecimiento masivo de algas provoca el agotamiento del oxígeno (Sriherwanto et al., 2021), reduciendo la posibilidad de mantener el sistema ecológico sostenible (Somerville et al., 2014). El alimento desperdiciado puede llegar al 50% de lo proporcionado (Ballester-Moltó et al., 2017), haciéndose imprescindible la necesidad de contar con un alimento que pueda contaminar lo menos posible.

Una de las formas de obtener un mejor alimento balanceado para truchas es el uso de tecnología de extrusión (Rowat et al., 2014), debido a sus numerosas ventajas en términos de nutrición, digestibilidad, palatabilidad y calidad física del alimento (Alcaraz et al., 2021; Ma et al., 2021). El proceso de extrusión de alimentos acuícolas permite controlar las propiedades físicas, como la durabilidad, la capacidad de absorción de agua



y la flotabilidad en comparación con los alimentos tradicionales peletizados (Sørensen et al., 2009).

La trucha al tener hábitos carnívoros prefiere alimentos flotantes con baja velocidad de sedimentación (Hilton & Slinger, 1981; Rodríguez-Miranda et al., 2014). Una baja velocidad de sedimentación permite a las truchas una mejor apreciación visual del alimento, optimizando la tasa de alimentación y disminuyendo la amenaza de polución de los espejos de agua (Castro-Gonzalez et al., 1991). En el aspecto nutricional, el alimento cuenta con componentes principales como proteína y grasa (Hoyos-Concha et al., 2023).

En consecuencia, una forma de conservar el medio ambiente acuícola, mitigar la contaminación por el alimento no consumido y reducir el riesgo de eutrofización en el Lago Titicaca es proponer el diseño de una matriz alimentaria con mejores características de flotabilidad, baja absorción de agua y reducida velocidad de sedimentación; conservando los aspectos nutricionales de un alimento comercial.



1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los parámetros de extrusión (temperatura de la zona de extrusión 4: 110, 120 y 130°C, velocidad de tornillo: 300, 400 y 500 rpm, contenido de humedad: 25 y 28%) y el uso de recubrimiento (Sin y Con) en el diseño de una matriz alimentaria como alimento para truchas juveniles con mejores propiedades físico-funcionales (flotabilidad, densidad aparente, relación de expansión, volumen específico, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, tiempo de flotación y velocidad de sedimentación) y microestructurales (porosidad) sin alterar la composición proximal (humedad, grasa y proteína) y la atracto-palatabilidad (consumo de alimentos y tiempo de arribo) característicos de alimentos peletizados disponibles comercialmente.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener la matriz alimentaria como alimento para truchas juveniles según los diferentes parámetros de extrusión (temperatura de la zona de extrusión 4: 110, 120 y 130°C, velocidad de tornillo: 300, 400 y 500 rpm y contenido de humedad: 25 y 28%) y el uso de recubrimiento (sin y con).
- Evaluar las propiedades físico-funcionales (flotabilidad, densidad aparente, relación de expansión, volumen específico, índice absorción de agua, índice de solubilidad en agua, tiempo de flotación y velocidad de sedimentación) de una matriz alimentaria como alimento para truchas juveniles obtenida con diferentes parámetros de extrusión y de recubrimiento.
- Evaluar la composición proximal (humedad, grasa y proteína) de las tres matrices alimentarias con mejores características físico-funcionales utilizadas como alimento para truchas juveniles obtenida de diferentes parámetros de extrusión y de recubrimiento.



- Evaluar las propiedades microestructurales (porosidad) de las tres matrices alimentarias con mejores características físico-funcionales utilizadas como alimento para truchas juveniles obtenida de diferentes parámetros de extrusión y de recubrimiento.
- Comparar las propiedades físico-funcionales, microestructurales y la composición proximal de las tres matrices alimentarias con mejores características físico-funcionales utilizadas como alimento para truchas juveniles frente a los alimentos peletizados comerciales.
- Evaluar la atracto-palatabilidad (consumo de alimentos y tiempo de arribo) de las tres matrices alimentarias con mejores características físico-funcionales utilizadas como alimento para truchas juveniles obtenida de diferentes parámetros de extrusión y de recubrimiento.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Yoshitomi (2004), estudió la microestructura de pellets extruidos frente al impacto de la temperatura en el proceso de extrusión. Se utilizó una formulación base con harina de pescado (65%), de trigo (16%), de soya desgrasada (7%) y almidón de yuca (12%). Esta formulación se procesó en una extrusora de doble husillo. Trabajó a una velocidad de 120 rpm y cinco diferentes perfiles de temperatura. Las matrices que se procesaron con los 2 primeros perfiles de temperatura (temperaturas menores a 110°C) obtuvieron pequeños poros mientras que los últimos perfiles de temperatura (temperaturas mayores a 110°C) generaron la presencia de poros grandes, asimismo, la tasa de expansión disminuyó ligeramente en temperaturas superiores a 180°C mientras que la tasa de expansión aumentó a 145°C. A medida que disminuye la temperatura, disminuye la tasa de expansión y aumenta la densidad aparente del alimento extruido.

Sørensen et al. (2009), investigaron los diferentes impactos de la utilización de harina de soya con respecto a la calidad física del alimento flotante extruido para peces. Se produjeron tres dietas, la primera utilizando únicamente harina de pescado y dos dietas sustituyendo el 40% con harina de soya tostada y sin tostar. Las tres dietas se elaboraron en un equipo de extrusión de doble husillo en condiciones estandarizadas considerando una velocidad de husillo de 230 rpm y una temperatura de 95°C (zona 1, 2, 3 y 4) y 125°C en la última zona. Al sustituir parcialmente la harina de pescado con la harina de soya mejoró la fuerza de ruptura y la durabilidad. Los tratamientos que contenían harina de pescado revelaron una estructura con mayor porosidad.



Bowzer et al. (2016), estudiaron el efecto de la temperatura de extrusión del alimento para la lubina rayada juvenil (*Morone saxatilis*) y el tamaño de los gránulos. Las dietas se extruyeron a $107 \pm 6^{\circ}\text{C}$ y $127 \pm 3^{\circ}\text{C}$ produciendo gránulos de 3 mm (pequeños), 4 mm (recomendables) y 5 mm (grandes). La temperatura de extrusión y el tamaño de los gránulos afecta la alimentación de la lubina, recomendando de esta manera la extrusión a altas temperaturas y la producción de alimento extruido uniforme de un tamaño más grande que el recomendado convencionalmente.

Kamarudin et al. (2018), estudiaron la temperatura del extrusor frente a las propiedades físicas de los alimentos extruidos. Las dietas se procesaron usando una extrusora de un solo tornillo, las tres zonas del perfil de temperatura del cilindro (70 , 90 y 100°C) y la velocidad de husillo (150 rpm) fueron constantes durante todo el proceso, mientras que el cabezal del extrusor trabajó con diferentes temperaturas (125 , 140 , 155 y 170°C). Al elevar la temperatura de las dietas, la flotabilidad del alimento extruido aumentó significativamente, asimismo, estos alimentos extruidos presentaron mayor estabilidad en el agua y mantuvieron su integridad durante más de 20 minutos.

Welker et al. (2018), desarrollaron tres tipos de alimento peletizado para truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles (alimento hundido expandido, alimento flotante extruido y alimento hundido extruido). Para el alimento hundido expandido se utilizó una peletizadora por compresión. Respecto a los alimentos flotantes y hundidos extruidos se empleó una extrusora de doble husillo, el alimento flotante extruido se expuso a 119°C en cinco secciones de barril y la última sección a una temperatura de 131°C con una velocidad de tornillos de 544 rpm y presión aproximada de 15 bar. El alimento hundido extruido se expuso a 116°C en cinco zonas de barril y la última sección se enfrió con agua a un promedio de 17°C , la velocidad de los tornillos empleada fue de 509 rpm y la presión de $29,8$ bar. Los resultados mostraron que los tres tipos de alimentos



absorbieron agua rápidamente durante las 4 primeras horas, la tasa de absorción de agua más rápida fue del alimento flotante extruido, es probable que se deba a su estructura porosa causado por la expansión después de salir de la extrusora, sin embargo, este alimento presento una velocidad de sedimentación menor frente a los otros dos tipos de alimento. En cuanto a la evaluación de las propiedades nutricionales el alimento flotante extruido contribuyo a un mejor crecimiento de las truchas arcoíris en comparación del alimento hundido extruido y el alimento hundido expandido.

Gao et al. (2019), realizaron diez dietas con dos métodos de procesamiento (alimento peletizado y alimento extruido) donde evaluaron los diferentes tamaños de partícula de los ingredientes (104, 115, 163, 199 y 260 μm) del alimento peletizado y extruido para la carpa gibel (*Carassius gibelio*). Los resultados mostraron que el procesamiento por extrusión mejoró la calidad del alimento, una mayor dimensión de partícula en la materia prima afectó negativamente la salud intestinal de las carpas, por lo que determinaron que la dimensión de partícula óptimo de la materia prima del alimento flotante extruido para la carpa gibel sea de 163 μm .

Kaddour (2019), estudió el impacto de la temperatura de la extrusora en la calidad del alimento para peces. Se procesaron 2 tipos de alimentos: alimento de hundimiento y alimento flotante. Ambos alimentos se procesaron en una extrusora de un solo tornillo, las temperaturas de la zona de troquel fueron de: 105, 120, 135 y 150°C. Para el alimento de hundimiento se utilizó una velocidad de husillo de 405 rpm y un porcentaje de humedad de 17 y 18, mientras que para el alimento flotante se empleó un contenido de humedad de 23 al 27% con una velocidad de tornillo de 448 rpm. Una temperatura de 105°C en la zona de troquel es la recomendada para la producción de alimento de hundimiento, considerando que se obtuvo una velocidad de hundimiento de 0,56 m/s, por el contrario, para la producción de alimento flotante para peces la temperatura óptima fue



de 135°C alcanzando un porcentaje de flotabilidad del 97,34% con un tiempo de flotación de 472 min.

Wang et al. (2020), investigaron los parámetros del proceso de extrusión para el procesamiento de alimentos comerciales que se hunden para peces. La dieta se procesó en una extrusora de doble tornillo, el contenido de humedad osciló entre 22 a 32%, la velocidad de husillo osciló de 186 a 300 rpm, la temperatura de la matriz fluctuó de 140 a 90°C y la velocidad de corte de la cuchilla fue de 800 rpm. El porcentaje de humedad de 27 a 32 a una temperatura de matriz alta ($\geq 90^\circ\text{C}$) disminuyó significativamente la densidad aparente de los alimentos extruidos, mejoró la solubilidad en agua y redujo el tiempo de hidratación.

Ma et al. (2021), estudiaron los parámetros del proceso de extrusión en la calidad del alimento para peces. Se diseñaron 5 formulaciones con diferente contenido de almidón. Las dietas se elaboraron en un equipo de extrusión de doble husillo con una temperatura de troquel de 110 a 150°C, una velocidad de tornillo de 190 a 290 y un contenido de humedad de 24 a 32%. El contenido de humedad óptimo que se obtuvo fue de 32%, velocidad de tornillo de 247 rpm y la temperatura del troquel fue de 135°C alcanzando una densidad aparente de 492 g/L. Un método eficaz para la obtención de alimentos flotantes extruidos es optimizar los parámetros del proceso de extrusión.

Ma et al. (2022), investigaron el impacto de la inclusión de proteína de *Clostridium autoethanogenum* (CAP) y los parámetros de procesamiento en las propiedades físicas del alimento flotante extruido bajo en almidón. Los tratamientos se procesaron en un equipo de extrusión de doble husillo con diferentes porcentajes de humedad 28 y 32, la velocidad de husillo de 200 y 300 rpm. Estas dietas presentaron una sustitución parcial de CAP (0, 25, 50, 75 y 100%). La flotabilidad del alimento extruido



para peces alcanzó una flotabilidad del 100%, asimismo el porcentaje de humedad y la velocidad del husillo tuvieron efectos significativos en la calidad física del alimento flotante extruido y los parámetros del procesamiento, recomendando así la utilización del 28 % de contenido de humedad y una velocidad de husillo de 300 rpm para la obtención de un alimento extruido para peces. La evaluación de las secciones transversales con el microscopio electrónico de barrido (SEM), mostraron que la cantidad de poros homogéneos en los productos extruidos flotantes para peces aumentó al incremento de sustitución del CAP del 0% al 75%, mientras que cuando se sustituyó al 100 % el alimento flotante extruido presentaba poros mucho más grandes.

Olaoye et al. (2022), estudiaron el efecto de las propiedades físico-funcionales del alimento flotante para peces. Se utilizó una formulación base de harina de pescado, harina de soya, almidón de yuca, harina de maíz y premix. Las formulaciones se procesaron en una extrusora de un solo tornillo con un contenido de humedad del 20%, 25% y 30%, velocidad de tornillo de 150 rpm, 200 rpm y 250 rpm y el tamaño de la matriz de 2 mm, 4 mm y 6 mm. El nivel más alto de flotabilidad fue de 97% con un contenido de humedad del 30% y un tamaño de matriz de 6mm, la flotabilidad se vio significativamente afectada por el contenido de humedad. En cuanto a la velocidad de sedimentación, el tamaño de la matriz de 2 mm tiene una mayor velocidad de sedimentación (0,026 ms⁻¹), mientras que la de 6 mm tiene una velocidad de hundimiento más baja (0,023 ms⁻¹), la velocidad de sedimentación está relacionada con el tamaño de la matriz.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Trucha

2.2.1.1. Generalidades de la trucha

La trucha, una de las especies de peces más importantes que se cultivan a nivel mundial, alcanzó una producción de 814.455 toneladas en 2016 (FAO, 2018). En el Perú el cultivo de trucha de forma semiintensiva e intensiva representa el 89% de la producción nacional (Arteaga Quico et al., 2021). La producción de trucha en condiciones de cría depende exclusivamente del suministro externo de piensos, siendo una especie carnívora, cuyos requerimientos nutricionales están determinados principalmente por sus hábitos alimentarios en su entorno natural, por su fisiología intestinal y por el tamaño o etapa de vida (Kamalam et al., 2020; Shipton, 2021).

2.2.1.2. Etapas de crecimiento

Las etapas de crecimiento en función de su edad y peso se clasificaron en: alevinos, juvenil y Adulto (Tabla 1).

Tabla 1

Etapas de crecimiento en función a la edad y peso de las truchas

Etapa	Talla (cm)	Peso (g)	Tasa de alimentación (%)
Alevinaje	≤ 10	0.18 - 12.5	3.0 - 7.0
Juvenil	10 – 17.5	12.5 - 66.0	3.5
Adulto	17.5 - 33	66.0 - 500.0	1.5

Fuente: Adaptado de (Choquehuayta, 2008; FONDEPES, 2014)

2.2.1.3. Requerimientos nutricionales



a. Proteína

La proteína es un componente importante en la dieta de las truchas, sin embargo, es el elemento más costoso de la dieta y niveles superiores a los requerimientos en cada etapa de la trucha provocan una elevada excreción de desechos nitrogenados en las aguas circundantes (Lall & Tibbetts, 2009). Niveles insuficientes de proteína en la dieta puede ocasionar un crecimiento paulatino, debilidad muscular y anemia (MAXIMIXE, 2010). Los requerimientos de proteínas son generalmente más altos para las truchas más pequeñas. A medida que las truchas crecen, sus necesidades de proteínas suelen disminuir (Craig et al., 2017). El contenido de proteína en la dieta para alevines es del 45 al 50% (dietas de inicio), mientras que las truchas juveniles requieren el 40% (dietas de crecimiento) y las truchas adultas el 35% (dietas de acabado) de proteína cruda en la dieta (FONDEPES, 2014; Hilton & Slinger, 1981; Orna Rivas, 2010).

b. Grasa

La grasa es la principal fuente de energía en los alimentos para truchas, además son importantes en la formación y función de las membranas celulares de estos animales (Hilton & Slinger, 1981). Sin embargo, el uso de altos niveles de grasa puede ocasionar problemas en el desarrollo de los peces debido a la disminución del consumo del alimento, además genera problemas en el hígado perjudicando la salud de la trucha (Craig et al., 2017; Shiau & Lan, 1996; Vásquez, 2004). El nivel óptimo del contenido de grasa en los alimentos para truchas es del 5 - 15% (De La



Oliva, 2011; MAXIMIXE, 2010; Mosibo et al., 2022; Yavuzcan et al., 2017).

c. Carbohidratos

No existe un requerimiento dietético intrínseco de carbohidratos, ya que, en principio, todos estos animales pueden sobrevivir cuando se les alimenta con dietas sin carbohidratos (Kamalam et al., 2020). Sin embargo, si la dieta no proporciona carbohidratos, se cataboliza un mayor porcentaje de proteínas y lípidos para obtener energía de menor costo (McGoogan & Gatlin, 2000; Moraes & De Almeida, 2019; Yavuzcan et al., 2017), y también porque los carbohidratos de la dieta traen problemas ambientales menores (Moraes & De Almeida, 2019). El contenido de carbohidratos presentes en la dieta preparada para especies carnívoras es generalmente inferior al 20% (Yavuzcan et al., 2017).

d. Humedad

El contenido de humedad en los alimentos para truchas es un índice fundamental para precisar la calidad y estabilidad del producto (Castro, 2022). El nivel óptimo del contenido de humedad en los alimentos para truchas es del 4 - 15% (Hilton & Slinger, 1981).

2.2.2. Alimento balanceado

2.2.2.1. Generalidades del alimento balanceado

Los alimentos balanceados son fórmulas compuestas que se utilizan para la alimentación cubriendo los requerimientos nutricionales de

la trucha (Orna Rivas, 2010) según su etapa metabólica, edad y peso (Yucra, 2021).

La composición de los ingredientes es lo más importante, afectando la calidad de los alimentos peletizados (Behnke, 1996) y alimentos extruidos (Draganovic et al., 2011; Glencross et al., 2010; Glencross, Rutherford, et al., 2011; Kraugerud et al., 2011; Kraugerud & Svihus, 2011; Refstie et al., 2006; Sørensen et al., 2009, 2010, 2011).

2.2.2.2. Tipos de alimentos según su tecnología

a. Alimento peletizado

El proceso de peletización es el método más común para preparar piensos alimenticios (Olusegun et al., 2018). Actualmente, la producción y la demanda de alimentos peletizados para peces ha incrementado (Malgwi et al., 2020). Esta sencilla técnica de procesamiento aumenta la densidad aparente del alimento lo que ocasiona que el pienso se hunda fácilmente cuando se alimenta a las peces (Hilton & Slinger, 1981; Nenciu et al., 2022). Un peletizador es un equipo simple que consta de una bomba de tornillo similar a una prensa de tornillo o un transportador de tornillo en la que el alimento se comprime y se trabaja para formar una masa semisólida (Ikedudu et al., 2015; Mercier, 1980; Nenciu et al., 2022).

b. Alimento extruido

El procesamiento por extrusión se ha convertido en la técnica principal para producir dietas ricas en nutrientes en la alimentación acuícola (Liu et al., 2021). La emergente tecnología de extrusión ofrece la



ventaja de utilizar una amplia gama de ingredientes (Sarker, 2023). Las propiedades físicas de los alimentos acuícolas producidos por extrusión como la estabilidad en el agua, durabilidad y flotabilidad, generalmente mejoran en comparación con los alimentos peletizados (Sørensen et al., 2009).

En este proceso, la mezcla de ingredientes se comprime a través del cilindro de una extrusora, mientras que se aplican elevadas temperaturas en un corto tiempo a medida que pasa a lo largo del cilindro mediante tornillos giratorios; al final de la extrusora, la mezcla se expulsa a través de una pequeña abertura conocida como troquel (Bianchini et al., 2014; Dyadichev et al., 2019; Liu et al., 2021).

2.2.2.3. Propiedades que afectan la calidad del alimento

a. Flotabilidad

La flotabilidad es una propiedad física importante para los alimentos acuícolas (Maghaydah, 2003). Esta propiedad se ve afectada por varios factores, incluidos los ingredientes utilizados en la formulación y las condiciones de procesamiento (Irungu et al., 2018). Asimismo, la densidad, temperatura y salinidad del agua son factores que también influyen en la flotabilidad (Sørensen et al., 2010; Torres-Ronda & Schelling I Del Alcázar, 2014). Una alta flotabilidad facilita a los peces localizar el alimento dando mayor oportunidad de consumo (Maghaydah, 2003; Maulana et al., 2020).

b. Densidad aparente



La DA de los alimentos acuícolas es un indicativo para determinar la capacidad del alimento para flotar o hundirse (ARRAINA, 2016; Robb & Crampton, 2013). Esta propiedad física afecta el porcentaje de flotación y la estabilidad del agua de los piensos acuícolas (Kaddour, 2018). Se desea que los alimentos acuícolas flotantes tengan densidades aparentes bajas (Meng et al., 2010).

c. Volumen específico

El volumen específico está relacionado con la flotabilidad del alimento para peces (Chevanan et al., 2009). Esta propiedad física ayuda a caracterizar la porosidad del producto (Pastor-Cavada et al., 2011). Cabe señalar que el volumen específico es un buen indicador de la cocción de los productos extruidos (Albarracín et al., 2015).

d. Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA)

La capacidad de flotación de los alimentos acuícolas está relacionada con la estabilidad del agua (IAA e ISA) (De Cruz et al., 2015; Ma et al., 2021). Los productos alimenticios para la acuicultura necesitan un IAA específico para facilitar su consumo (Singh et al., 2007), mientras que el ISA se relaciona con la estabilidad del alimento en un ambiente acuoso (Delgado & Reyes-Jaquez, 2018)

e. Relación de expansión

La relación de expansión es una propiedad determinante en la producción de alimentos acuícolas flotantes o hundidos, ya que afecta la



flotabilidad y la densidad aparente de estos alimentos (Pandey, 2018; Wang et al., 2020).

f. Velocidad de sedimentación

La velocidad de sedimentación del alimento acuícola está directamente relacionada con la densidad (Bach et al., 2012) y la absorción de agua (Kamarudin et al., 2018). Esta propiedad depende de los requerimientos de la especie acuícola (Rodríguez-Miranda et al., 2014). Además, la velocidad de sedimentación esta influenciada por el tiempo de flotación (Vassallo et al., 2006).

g. Atracto-palatabilidad

La atracto-palatabilidad es una preocupación clave al desarrollar alimentos acuícolas (Dworjanyn et al., 2007). Las preferencias sensoriales pueden desempeñar un papel importante en la atracto-palatabilidad, si un alimento es desagradable, se producirá una gran cantidad de desechos de alimentos no consumidos mientras que un alimento aceptable se consumirá fácilmente (Morais, 2017). Los animales utilizan el olfato, el gusto y la vista para discriminar entre alimentos que proporcionan sensaciones agradables o desagradables asociadas con la comida (Al-Souti et al., 2019; Kamalam et al., 2020).

2.2.3. Alimentos comerciales para truchas

En el mercado existe una variedad de empresas que ofrecen alimentos balanceados para truchas. Las empresas con mayor participación en el mercado



puneño son ALICORP S.A. (NICOVITA) y NALTECH S.A. (AQUATECH) (MAXIMIXE, 2010).

2.2.3.1. NICOVITA

La marca NICOVITA ofrece dietas clásicas para las diferentes etapas de crianza de las truchas. Los principales ingredientes de su formulación son: harina de pescado, harina y subproductos de trigo, harina de subproductos aviares, aceite de pescado y/o vegetal, premix y astaxantina en productos Nicovita Classic Truchas P150 (NICOVITA, 2020). En la Tabla 2 se observa el programa de alimentación y en la Tabla 3 las características nutricionales del alimento.

Tabla 2

Programa de alimentación de la línea de productos NICOVITA

Etapa de crianza	Producto	Calibre (mm)	Peso (g)	Talla del pez (cm)
Alevino I	NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 2	1.50	2.0 - 5.0	4.5 - 6.0
Alevino II	NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 5	2.00	5.0 - 25.0	6.0 - 9.0
Juvenil I	NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 25	3.00	25.0 - 60.0	9.0 - 12.5
Juvenil II	NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 60	4.00	60 - 150	12.5 - 17.5
Comercial I	NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 150	6.00	150 - 500	17.5 - Comercial
Comercial Pig. I	NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 150P	6.00	150 - 500	23.0 - Comercial

Fuente: Adaptado de (NICOVITA, 2020)

Tabla 3*Características nutricionales de los alimentos NICOVITA*

Producto	Proteína (% Min)	Grasa (% Min)	Humedad (% Max)
CLASSIC TRUCHAS 2	50	13	10
CLASSIC TRUCHAS 5	45	13	10
CLASSIC TRUCHAS 25	42	13	10
CLASSIC TRUCHAS 60	42	13	10
CLASSIC TRUCHAS 150	40	13	10
CLASSIC TRUCHAS 150P	40	15	10

Fuente: Adaptado de (NICOVITA, 2020)

2.2.3.2. AQUATECH

La línea de producto que ofrece esta marca para las diferentes etapas de crianza de las truchas está principalmente compuesta por: harinas de pescado, soya y trigo; subproducto de cereales, aceite de pescado y/o aceite vegetal y premix (Suma Sullca, 2022). En la Tabla 4 se observa el programa de alimentación y en la Tabla 5 las características nutricionales del alimento.

Tabla 4*Programa de alimentación de la línea de productos AQUATECH*

Etapas de crianza	Producto	Calibre (mm)	Peso (g)	Talla del pez (cm)
Post	Peces 55 SSL	0.3 a 0.8 / 0.5 a 1.0	Hasta 1.0	Hasta 4.5
Alevín I	Peces 50 SSL	0.8 x 1.3	1.0 a 2.5	4.5 - 6
Alevín II	Peces 45 SSL	1.5 x 2.0	2.5 a 10.0	6.0 - 9.5
Juvenil I	Peces 42 STD Y SMART	2.5 x 2.5	10.0 a 30.0	9.5 - 13.5
Juvenil II	Peces 42 STD Y SMART	4.0 x 4.0	30.0 a 90.0	13.5 - 19.0
Comercial I	Peces 40 STD Y SMART	6.0 x 6.0	90.0 a 250.0	19.0 - 26.0
Comercial II	Peces 40 STD Y SMART	8.0 x 8.0	250.0 a Más	26.0 - Más
Comercial Píj. I	Peces 40 STD Y SMART	6.0 x 6.0	150.0 a 250.0	22.0 - 26.0
Comercial Píj. II	Peces 40 STD Y SMART	8.0 x 8.0	250.0 a Más	26.0 - Más

Fuente: Adaptado de (AQUATECH, 2018)

Tabla 5*Características nutricionales de los alimentos AQUATECH*

Producto	Proteína (% Min)	Grasa (% Min)	Humedad (%Max)
Peces 55 SSL	55	12	12
Peces 50 SSL	50	12	12
Peces 45 SSL	45	14	12
Peces 42 STD Y SMART	42	14/15	12
Peces 40 STD Y SMART (Engorde)	40	14/16	12
Peces 40 STD Y SMART (Acabado)	40	14/16	12

Fuente: Adaptado de (AQUATECH, 2018)

2.2.4. Recubrimiento

2.2.4.1. Generalidades del recubrimiento

La adición de grasa es un desafío importante en la fabricación de alimentos para peces (Chaabani et al., 2020). En el proceso de extrusión, la cantidad de grasa que se puede agregar es limitada ya que se comporta como lubricante y conduce a una pérdida de corte mecánico (Pandey, 2018). Para enfrentar este desafío, se agrega aceite a través de una operación adicional de recubrimiento (Chaabani et al., 2022). El recubrimiento mejora las cualidades del producto final, como el sabor, la textura, el valor nutricional y la apariencia (Garcia et al., 2017).

2.2.4.2. Tipos de recubrimiento

Las principales técnicas de recubrimiento utilizadas son la de recubrimiento al vacío (Chaabani et al., 2020; Pandey, 2018; Samuelsen et al., 2022) y recubrimiento por pulverización (Susanna et al., 2011; Huang & Nitin, 2019).



a. Recubrimiento al vacío

El recubrimiento al vacío se basa en un intercambio físico de aire dentro de los poros del alimento con un líquido (Lamichhane et al., 2015). Este tipo de recubrimiento puede ocasionar “microgrietas” en la estructura de los alimentos acabados (Lungwitz & Amandus, 2021).

b. Recubrimiento por pulverización

En el recubrimiento por pulverización el líquido de recubrimiento se pulveriza mediante la boquilla del aerógrafo (Kumari et al., 2013). Esta técnica permite un recubrimiento tópico que no modifica la estructura del producto final (Rokey et al., 2010).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se llevó a cabo en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno (latitud sur 15°49'23", longitud oeste 70°01'07" y 3835 m de altitud), provincia y departamento de Puno. La elaboración de los alimentos flotantes extruidos para truchas se realizó en el laboratorio de Procesamiento de Productos Alimentarios. Las propiedades físico-funcionales se evaluaron en el laboratorio de Biotecnología de Alimentos. La evaluación de la atracción-palatabilidad se realizó en las instalaciones del Centro Experimental Chucuito de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno (15°53'48"S, 69°53'47"W y 3923 m de altitud).

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Materia prima

- Harina de pescado Standard de la marca "TASA", obtenida en la Agroveterinaria "El Altiplano"
- Harina de pollo elaborada en el laboratorio
- Aislado de proteína de soya obtenida de la empresa Shandong Wonderful Industrial Group Co., Ltd.
- Harina de trigo de la marca "Molitalia", obtenida en el mercado local "Unión y Dignidad"
- Gluten de trigo de la marca "Puratos", obtenida en el mercado local "Unión y Dignidad"



- Premix de micronutrientes de la marca “Montana”, obtenida en la Agroveterinaria “El Altiplano”
- Aceite de pescado de la marca “Colpex”, obtenida en la Agroveterinaria “El Altiplano”

3.2.2. Materiales

- Bolsas de polietileno de alta densidad con cierre hermético (capacidad 100 y 1000g)
- Bandeja de plástico (38.5 × 52.5 × 2.7 cm)
- Envase de plástico (37.0 × 26.8 × 17.3 cm)
- Probeta graduada marca PYREX de 50 ml
- Vaso precipitado marca BOECO de 100 ml
- Tubo de centrifuga marca PYREX de 30 ml
- Disco de espuma flotante (20.5 mm de diámetro y 5 mm de espesor)
- Prismas rectangulares de vidrio (9 × 9 × 16 cm) y (22.5 × 33.5 × 13.5 cm)
- Acuario de vidrio (30 × 50 × 40 cm)

3.2.3. Equipos

- Molino a cuchillas (Retsch GM200, Alemania)
- Tamizadora analítica (Retsch As200, Alemania).
- Batería de tamices de 150, 200, 300, 425 y 600 μm (Retsch, Alemania)
- Analizador halógeno de humedad (Mettler Toledo HX204, España).
- Extrusor de doble husillo a escala de laboratorio (Brabender TwinLab-F 20/40, Alemania)
- Caudal de la bomba de agua (Watson Marlow 120U, Alemania)
- Estufa de laboratorio (Ovens Medic, Elas – 50 Lts, Perú)



- Pistola aerográfica de gravedad con vacío fijo (Truper, AERO-35, México)
- Estereomicroscopio (Zeiss, Stemi 508, Alemania)
- Balanza analítica (Acculab, ALC-210.4, EE.UU)
- Molino de rotor (Fritsch, Pulverisette 14, Alemania)
- Centrifuga (Funke Gerber, Nova Safety, Alemania)
- Cronómetro digital (Traceable, C/300 memory, EE.UU).
- Bomba de aire de acuario (Nange, SC 7500, China)
- Cámara (Edmund Optics-2323, EE.UU.)
- Lente telecéntrico (55mm, Edmund Optics, EE.UU.)
- Boom stands (Spot Imaging, SMS 16 & 15, EE.UU.)
- Computadora portátil (Huawei, Matebook D14, China)
- Aparato Soxhlet
- Aparato de destilación al vapor semi-micro Kjendahl

3.2.4. Reactivos

- Éter etílico
- Ácido clorhídrico
- Ácido sulfúrico
- Hidróxido de sodio
- Ácido bórico

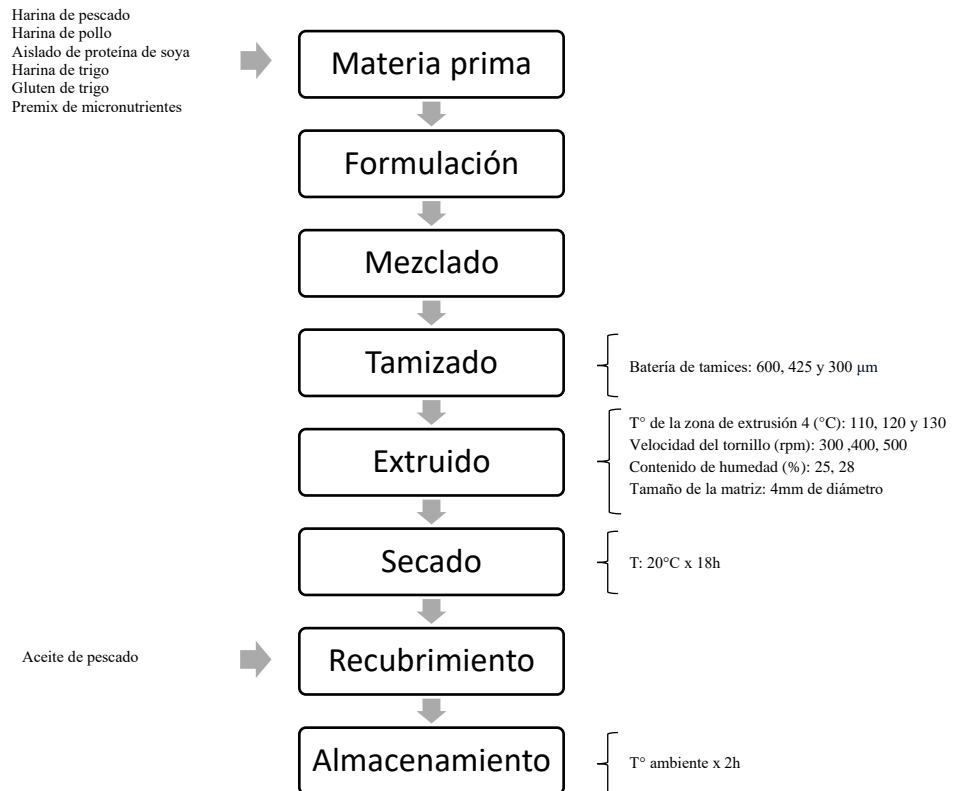
3.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.3.1. Obtención de la matriz alimentaria como alimento flotante extruido para truchas juveniles

Para la obtención del alimento flotante extruido para truchas juveniles se siguió la metodología detallada en la Figura 1.

Figura 1

Diagrama de flujo del procesamiento de una matriz como alimento para truchas juveniles.



3.3.1.1. Descripción del proceso

a. Materia prima

Se utilizó harina de pescado, aceite de pescado y premix de micronutrientes provenientes de la Agroveterinaria “El Altiplano”, la harina y gluten de trigo se obtuvieron en el mercado “Unión y Dignidad”. El aislado de proteína de soya procedente de la empresa Shandong Wonderful Industrial Group Co., Ltd. Para la obtención de la harina de pollo, la pechuga de esta ave fue sometida a una cocción de 110°C durante

20 min, se trituró en un molino a cuchillas (Retsch GM200, Alemania) y se secó en una estufa de laboratorio (Ovens Medic, Elas – 50 Lts, Perú) a 30°C durante 18 h. Finalmente, se pulverizó en un molino de rotor (Fritsch, Pulverisette 14, Alemania) y se almacenó en una bolsa de polietileno de alta densidad.

b. Formulación

Para la elaboración de los alimentos flotantes extruidos se trabajó con una modificación de la formulación base de ingredientes que se usan en el procesamiento de alimentos peletizados disponibles comercialmente para truchas juveniles reportado por Welker et al., (2018) (Tabla 6).

Tabla 6

Formulación base de ingredientes para el procesamiento de alimentos flotantes extruidos

Ingredientes	%
Harina de pescado	35
Harina de pollo	22
Aislado de proteína de soya	20
Harina de trigo	17
Gluten de trigo	3
Premix de micronutrientes	3
Total	100

c. Mezclado

Para homogeneizar los ingredientes de la formulación, se colocaron en un envase de plástico y se mezcló manualmente.

d. Tamizado



A efectos de controlar el tamaño de partícula de la mezcla, los ingredientes se tamizaron a través de una batería de tamices de 600, 425 y 300 μm , utilizando una tamizadora analítica (Retsch As200, Alemania). Se determinó su contenido de humedad utilizando un analizador halógeno de humedad (Mettler Toledo HX204, España).

e. Extruido

Se utilizó un equipo de doble tornillo a escala de laboratorio (Brabender TwinLab-F 20/40, Alemania). El cilindro tenía una longitud de 80 cm, los tornillos tenían un diámetro de 20 mm (L/D) y el diámetro de la boquilla fue de 4 mm. El extrusor consta de seis zonas con control de temperatura independiente, las temperaturas en las tres primeras zonas fueron de 70°C, 80°C y 90 °C. En la cuarta zona se varió la temperatura a 110, 120 y 130 °C las que corresponden a los tratamientos considerados en la presente investigación. La temperatura en la quinta zona fue de 90°C y en la sexta zona fue de 80°C. Estas temperaturas se mantuvieron constantes para todos los tratamientos. Los tornillos se operaron a una velocidad de 300, 400 y 500 rpm. La configuración de los tornillos tuvo el siguiente arreglo: cinco tornillos transportadores SE/30/30, cuatro tornillos transportadores SE/20/20, dos tornillos transportadores SE/30/30, un bloque amasador KP45/5/20, un SE/30/30 tornillo transportador, cuatro tornillos transportadores SE/20/20, cuatro tornillos transportadores SE/30/30, cinco tornillos transportadores SE/20/20, tres tornillos transportadores SE/30/30 y tres tornillos transportadores SE/20/20, que permiten la homogeneización de la mezcla, permitiendo su flujo sin que se pegue ni queme. La tasa de alimentación se estableció en 2 kg h⁻¹. De



acuerdo a la humedad inicial de la mezcla (8.34%) (Anexo 1), el caudal de la bomba de agua (Watson Marlow 120U, Alemania) se ajustó para alcanzar contenidos de humedad de 25 y 28% b.h. para cada tratamiento considerado. La velocidad de corte se mantuvo constante a 40 rpm. La presión mantuvo un valor ~17.5 bar.

f. Secado

Los alimentos flotantes extruidos se secaron en una estufa de laboratorio (Ovens Medic, Elas – 50 Lts, Perú) a 20°C durante 18 h. El contenido de humedad final fue de ~13%.

g. Recubrimiento

Se colocó una capa delgada de los alimentos flotantes extruidos secos en una bandeja y se agregó aceite de pescado mediante el método de pulverización, siguiendo la metodología propuesta por Huang & Nitin (2019). Se utilizó una pistola aerográfica de gravedad con vacío fijo (Truper, AERO-35, México) durante 15 s, la distancia entre la boquilla de rociado y la matriz alimentaria fue de aproximadamente 10 cm. Para finalizar, los alimentos extruidos recubiertos fueron expuestos a temperatura ambiente durante 2 horas.

h. Almacenamiento

Los alimentos flotantes extruidos con y sin recubiertos se almacenaron en bolsas de polipropileno herméticas.

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1. Propiedades físico-funcionales

3.4.1.1. Flotabilidad

Para la determinación de la flotabilidad (F) de los alimentos extruidos, se colocaron seis unidades de cada uno de los tratamientos considerados (F_i) en vasos de precipitado con 100 ml de agua destilada. Se registró el número de alimentos extruidos (F_f) que permanecieron suspendidos en la superficie del agua después de 20 min. La flotabilidad se calculó utilizando la Ecuación (1) propuesta por De Cruz et al. (2015).

$$F = \left(\frac{F_f}{F_i} \right) \times 100 \quad (1)$$

3.4.1.2. Densidad aparente (DA)

Para determinar la DA se utilizaron 5 g de cada alimento flotante extruido (m), los que fueron colocados en una probeta graduada de 50 ml a la cual se adicionó 30 ml de agua destilada (V_a). Los extruidos fueron sumergidos en la probeta utilizando un disco de espuma flotante, siguiendo la metodología reportada por Welker et al., (2018).

La DA se calculó de acuerdo a la Ecuación 2.

$$DA = \frac{m}{(V_t - V_a)} \quad (2)$$

Donde:

V_t : Volumen total del agua y alimento flotante extruido

3.4.1.3. Volumen específico (VE)



El VE fue determinado mediante la modificación del método propuesto por González et al., (2002). Se registró el peso de cada unidad de alimento flotante extruido utilizando una balanza analítica (Acculab, ALC-210.4, EE.UU.); el diámetro y longitud a partir de micrografías capturadas en un estereomicroscopio (Zeiss, Stemi 508, Alemania) con un objetivo de $0,5 \times$ y aumento de $1,25 \times$ mediante el software ZEISS ZEN versión 3.8 (Zeiss, Alemania). El VE se calculó con la relación entre el volumen del alimento flotante extruido y su peso (cm^3/g).

3.4.1.4. Relación de expansión (RE)

La RE de los alimentos extruidos fue determinada calculando la relación entre su diámetro mayor (D_M) y el diámetro de la boquilla (D_b) (Ecuación 3) (Gujaska & Khan, 1991b). Se utilizaron cinco alimentos flotantes extruidos de cada tratamiento. El D_M se determinó de acuerdo a la metodología reportada en el ítem 3.4.1.3.

$$RE = \frac{D_M}{D_b} \quad (3)$$

3.4.1.5. Índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA)

La determinación del IAA y del ISA fue realizada de acuerdo al método ligeramente modificado expuesto por Anderson et al., (1970). Se pulverizaron 5 g de alimento flotante extruido en un molino de rotor (Fritsch, Pulverisette 14, Alemania) y cribado en una tamizadora analítica (Retsch As200, Alemania) equipada con mallas de 300, 200 y 150 μm . Se tomaron 2.5 g de este polvo fino (M_i) y se colocaron en un tubo de

centrifuga con 30 ml de agua destilada a 30°C durante 30 min. La mezcla fue agitada suavemente hasta lograr la formación de una suspensión. Las muestras ya suspendidas se centrifugaron a 2500 rpm (Funke Gerber, Nova Safety, Alemania) durante 12 min. El líquido sobrenadante se vertió en una placa petri previamente tarada y se secó a 20°C durante 15 h. Se pesaron los sólidos residuales (M_g) y el sobrenadante solido seco (M_{ss}). Se calculó el IAA utilizando la Ecuación 4.

$$IAA = \left(\frac{M_g}{M_i} \right) \quad (4)$$

El ISA se calculó con la Ecuación 5.

$$ISA = \left(\frac{M_{ss}}{M_i} \right) \times 100 \quad (5)$$

3.4.1.6. Tiempo de flotación

a. Tiempo de flotación en condiciones estacionarias (TFE)

Para la determinación del TFE de los alimentos flotantes extruidos y alimentos comerciales, se modificó ligeramente la metodología propuesta por Vassallo et al. (2006). Se tomaron cinco unidades de alimento flotante extruido y se colocaron en un prisma rectangular de vidrio (ancho: 9 cm, largo: 9 cm y altura: 16 cm) conteniendo 900 ml de agua destilada. Se registró el tiempo con un cronómetro digital (Traceable, C/300 memory, EE.UU).

b. Tiempo de flotación en condiciones turbulentas (TFT)

El TFT se ejecutó con los alimentos de los tratamientos seleccionados. Con el fin de emular el movimiento del agua y de las



truchas se realizó esta prueba en condiciones turbulentas. Se colocó una bomba de aire de acuario (Nange, SC 7500, China) dentro de un prisma rectangular de vidrio (ancho: 22.5 cm, largo 33.5 cm y altura 13.5 cm) conteniendo 7 L de agua destilada. Se determinó el TFT de acuerdo a lo descrito en el ítem 3.5.1.6. (a). Se determinó que el Número de Reynolds fue de 4333.73 presentando un flujo turbulento.

Se realizaron las comparaciones de tiempos de flotación en condiciones estacionarias (TFE) y condiciones turbulentas (TFT) de los alimentos seleccionados.

3.4.1.7. Velocidad de sedimentación

a. Velocidad de sedimentación en condiciones estacionarias (VSE)

Las condiciones para la determinación de la VSE se reportan en el ítem 3.5.1.6. (a). Se registró el tiempo de la caída de los alimentos flotantes extruidos y alimentos comerciales con un cronómetro digital (Traceable, C/300 memory, EE. UU). La VSE se determinó utilizando la Ecuación 6 propuesta por Alcaraz et al. (2021).

$$VSE = \frac{h}{T} \quad (6)$$

Donde:

h: altura de la columna de agua

T: tiempo que demoró cada unidad en llegar al fondo del prisma

b. Velocidad de sedimentación en condiciones de turbulencia (VST)



Las condiciones para la determinación de la VST se reportan en el ítem 3.5.1.6. (b). La VST se determinó utilizando la Ecuación 7.

Se realizaron las comparaciones de velocidad de sedimentación en condiciones estacionarias (VSE) y condiciones turbulentas (VST) de los alimentos seleccionados.

3.4.2. Composición proximal

La composición proximal de los tres tratamientos seleccionados se determinó con los métodos estandarizados de alimentos balanceados para animales que se mencionan a continuación:

- Humedad: NTP-ISO 6496 (2011) (Lab. ALAB)
- Grasa: AOAC 920.39 (2020) (Lab. ALAB)
- Proteína: ISO 5983-2 (2009) (Lab. ALAB)

3.4.3. Propiedades microestructurales

La porosidad de la sección transversal de los tres tratamientos seleccionados se determinó utilizando un estereomicroscopio (ZEISS, Stemi 508, Alemania) con un aumento de $1.25 \times$ y objetivo de $0.5 \times$. Se analizaron dos cortes para cada caso, las imágenes en color se convirtieron de un formato RGB a blanco y negro, el contraste entre el fondo blanco y el objeto negro facilitó la segmentación de la imagen. La relación entre el área total de las celdas de aire y el área de la sección transversal se definió como la porosidad de la sección transversal (P_s) (Ecuación 7) (Medina et al., 2011).

$$\% P_s = \frac{\text{Área total de poros}}{\text{Área de sección transversal}} \quad (7)$$

3.4.4. Evaluación de atracto-palatabilidad

La evaluación de la atracto-palatabilidad se realizó en un acuario de 52 L de capacidad (ancho: 30 cm, largo: 50 cm y alto: 40 cm), conteniendo agua de manantial a ~15°C. El acuario se encontraba continuamente aireado con bombas de aire (Nange, SC 7500, China) y cubierto con una malla para evitar que los peces salten.

Se trabajó con truchas en etapa juvenil debido a que estas se pueden adaptar fácilmente al alimento flotante extruido. Se utilizaron dos truchas en esta etapa a las que previamente y durante dos semanas se alimentó solo con alimento comercial de la marca NICOVITA. El día de la prueba, las truchas fueron alimentadas a las 9:00 am y 3:00 pm considerando su frecuencia de alimentación habitual, se ofrecieron de manera individual cinco unidades de los tres tratamientos seleccionados, donde se emuló la técnica de alimentación al voleo. La atracto-palatabilidad de los alimentos flotantes extruidos se midió a través de los siguientes comportamientos alimentarios:

3.4.4.1. Consumo de alimentos (CA)

Para determinar el consumo de alimentos (CA) se registró el número de alimentos ofrecidos (A_o) y el número de alimentos consumidos (A_c). Se utilizó la Ecuación 8 propuesta por (Alves et al., 2020).

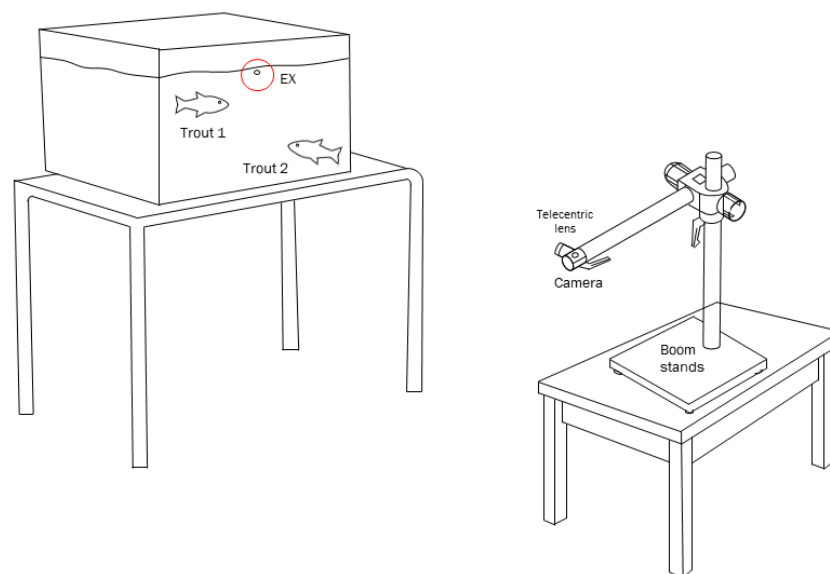
$$CA = \frac{A_c}{A_o} \times 100 \quad (8)$$

3.4.4.2. Tiempo de arribo del alimento

A efectos de visualizar el tiempo de arribo del alimento (TA) se modificó la metodología ligeramente modifica propuesta por Medina et al. (2013). Se capturaron fotogramas en formato jpg utilizando una cámara (Edmund Optics-2323, EE.UU.) con una resolución de 1920×1200 píxeles para capturar imágenes durante 90 s a 10 cuadros por segundo. La cámara se montó sobre un soporte metálico (boom stands) (Spot Imaging, SMS 16 & 15, EE.UU.) que proporcionaba un fácil movimiento vertical u horizontal y un soporte estable para la cámara (Figura 2). En la cámara se colocó un lente telecéntrico (55mm, Edmund Optics, EE.UU.). Para la obtención de fotogramas, se utilizó el software IDS Camera Manager (IDS, Oberslum, Alemania), conectado a un puerto USB de un ordenador portátil (Huawei, Matebook D14, China).

Figura 2

Esquema de la configuración investigativa para la obtención de fotogramas durante el tiempo de arribo del alimento de truchas juveniles.



Los fotogramas capturados en escala de colores RGB se transformaron a escala de grises (1 a 256, donde 1 es para formato negro completo y 256 para formato blanco completo). La separación de niveles de grises facilitó la segmentación de la imagen, lo que permitió obtener siluetas del proceso del TA de las truchas.

Para determinar el TA se registró el tiempo en centisegundos (cs) que se tardan las truchas desde la posición en la que se encuentran hasta alcanzar el alimento.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la primera parte del trabajo se consideró un DCA con arreglo factorial de 3x3x2x2 (temperatura de la zona de extrusión 4: 110, 120 y 130°C, velocidad de tornillo: 300, 400 y 500 rpm, contenido de humedad: 25 y 28% y recubrimiento: sin y con), con la finalidad de seleccionar los tratamientos con mejores propiedades físico-funcionales. Se utilizó el programa Minitab 20.3.0.0 (Minitab LLC, Pennsylvania State University). Cada tratamiento se detalla en la Tabla 7.

Tabla 7

Diseño experimental de la presente investigación

PARÁMETROS DE EXTRUSIÓN				
Tratamientos	Temperatura en la cuarta zona (°C)	Velocidad de tornillo (rpm)	Humedad (%)	Recubrimiento
EX-1	110	300	25	Sin
EX-2	110	400	25	Sin
EX-3	110	500	25	Sin
EX-4	120	300	25	Sin
EX-5	120	400	25	Sin



EX-6	120	500	25	Sin
EX-7	130	300	25	Sin
EX-8	130	400	25	Sin
EX-9	130	500	25	Sin
EX-10	110	300	28	Sin
EX-11	110	400	28	Sin
EX-12	110	500	28	Sin
EX-13	120	300	28	Sin
EX-14	120	400	28	Sin
EX-15	120	500	28	Sin
EX-16	130	300	28	Sin
EX-17	130	400	28	Sin
EX-18	130	500	28	Sin
EXR-1	110	300	25	Con
EXR-2	110	400	25	Con
EXR-3	110	500	25	Con
EXR-4	120	300	25	Con
EXR-5	120	400	25	Con
EXR-6	120	500	25	Con
EXR-7	130	300	25	Con
EXR-8	130	400	25	Con
EXR-9	130	500	25	Con
EXR-10	110	300	28	Con
EXR-11	110	400	28	Con
EXR-12	110	500	28	Con
EXR-13	120	300	28	Con
EXR-14	120	400	28	Con
EXR-15	120	500	28	Con
EXR-16	130	300	28	Con
EXR-17	130	400	28	Con
EXR-18	130	500	28	Con

Nota: EX, alimento flotante extruido; EXR, alimento flotante extruido.



En la segunda parte del trabajo solo se consideraron las tres matrices con mejores propiedades físico-funcionales para realizar una comparación con dos alimentos disponibles comercialmente. Las diferencias entre las medias de los tratamientos seleccionados y los alimentos comerciales se analizaron mediante ANOVA de un solo factor y la prueba LSD-Fisher con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Se empleó el software InfoStat versión 2020 (InfoStat Group, National University of Cordoba, Argentina).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

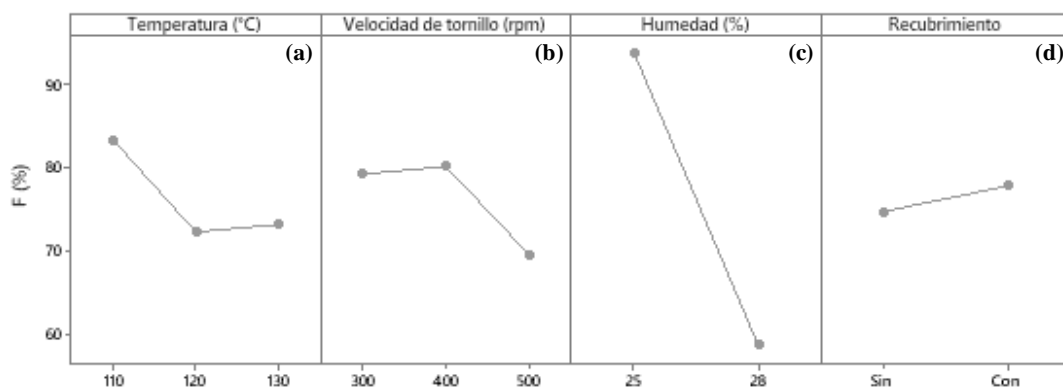
4.1. RELACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE EXTRUSIÓN CON RESPECTO A LAS PROPIEDADES FÍSICO-FUNCIONALES DE LOS ALIMENTOS EXTRUIDOS

4.1.1. Relación de los parámetros de extrusión con respecto a la flotabilidad

Los resultados de la flotabilidad de los alimentos extruidos en función a los parámetros de extrusión se muestran en la Figura 3.

Figura 3

Resultados de la relación de la flotabilidad entre los parámetros de extrusión



La flotabilidad (F) es una variable importante de calidad física del alimento flotante extruido (Ma et al., 2021). En la presente investigación, la flotabilidad del alimento extruido fue significativamente superior (83.33%) a 110 °C (Figura 3a), a diferencia de lo reportado por Kamarudin et al. (2018) y Ma et al. (2021) que presentaron una mejor flotabilidad (93.33 y 97%, respectivamente) con el aumento de la temperatura de extrusión (170 y 142°C, respectivamente). A mayor velocidad de tornillo (500 rpm) el porcentaje de flotabilidad es menor (69.44%),

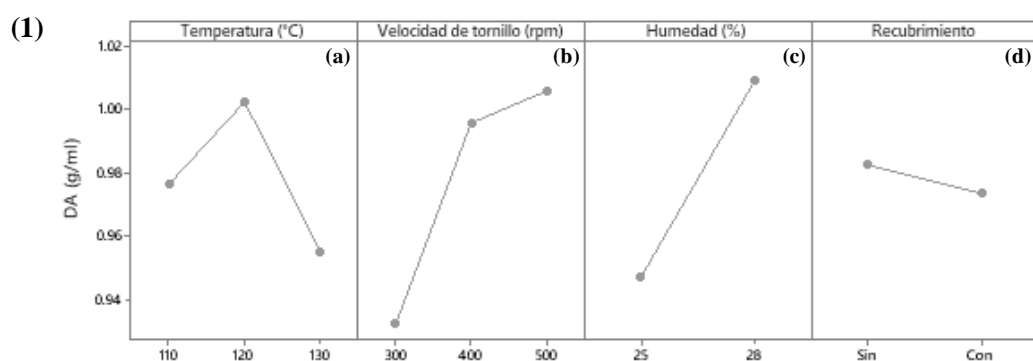
mientras que a velocidades de 300 y 400 rpm se obtuvo un mejor resultado (79.17 y 80.09%) (Figura 3b). La flotabilidad del alimento aumenta con un aumento del contenido de humedad (Kamarudin et al., 2018; Ma et al., 2021), sin embargo, los mejores resultados de flotabilidad (93.83%) se presentaron a un contenido de humedad más bajo (25%) (Figura 3c). El proceso de recubrimiento no influyó en la flotabilidad de los alimentos extruidos (Figura 3d). La capacidad de los alimentos para flotar durante un período de tiempo está relacionada con la densidad aparente (DA) (Glencross et al., 2011) y también con la estabilidad del agua (IAA e ISA) (De Cruz et al., 2015; Sørensen et al., 2002).

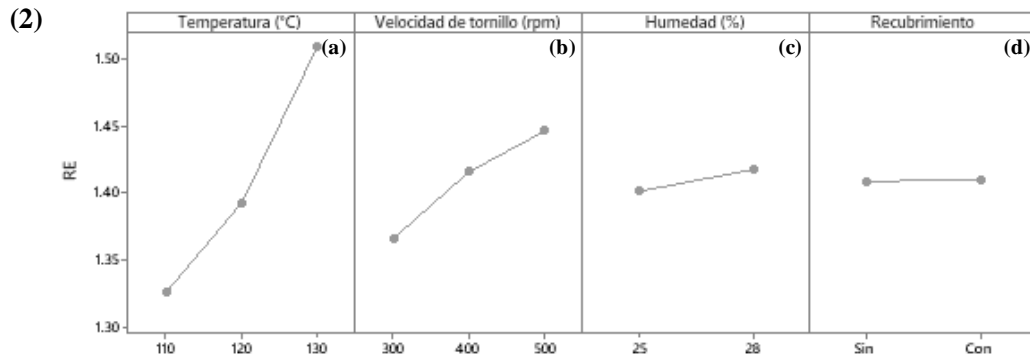
4.1.2. Relación de los parámetros de extrusión con respecto a la densidad aparente y relación de expansión

En la Figura 4, se muestran los resultados de DA y RE de los alimentos extruidos en función a los parámetros de extrusión.

Figura 4

Resultados de la relación DA (1) y RE (2) entre los parámetros de extrusión





Si el alimento se hunde o flota está determinado por la densidad del alimento (Chevanan et al., 2009), lo que a su vez está relacionado con la expansión que sufre el pellet durante la extrusión (Alcaraz et al., 2021). La menor DA (0.95 g/ml) y la mayor relación de expansión (RE) (1.51) del presente estudio se encontraron a una mayor temperatura en la cuarta zona de extrusión de 130°C (Figura 4.1.a y 4.2.a), del mismo modo Aarseth et al. (2006), Chevanan et al. (2007), Ma et al. (2021), Xie et al. (2009) y Yoshitomi (2004), reportaron una disminución de la densidad aparente (~0.598 g/ml) y un aumento de la relación de expansión (~2.33) al incrementar la temperatura de extrusión (~141°C). Martín et al. (2019) y Rolfe et al. (2000), reportaron mayores DA (0.512 g/ml) a velocidades de tornillo más altas (400 rpm), los mismos resultados se obtuvieron en esta investigación, que a una velocidad de tornillo de 500 rpm los resultados de DA fueron altos (1.00 g/ml) (Figura 4.1.b). Asimismo, una alta velocidad de tornillo genera una mayor presión expandiendo la estructura del alimento con poros más grandes (Hakim et al., 2019), en este estudio se reportaron mayores valores de RE (1.45) a 500 rpm (Figura 4.2.b). El incremento del contenido de humedad podría conducir a un aumento de la RE y a la disminución de la DA (Ma et al., 2021). Con un aumento de la humedad (28%) la relación de expansión del alimento aumenta (1.42), sin embargo, la densidad aparente también es alta (1.00 g/ml) (Figura 4.1.c y 4.2.c). La DA y RE no se vieron influenciadas por el recubrimiento

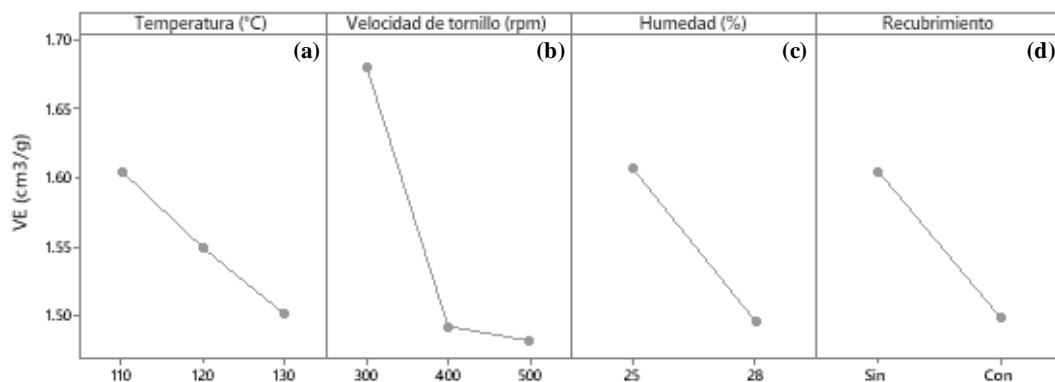
(Figura 4.1.d y 4.2.d). Sin embargo, una densidad aparente baja por sí sola no es suficiente para que los gránulos extruidos mantengan su integridad en el agua sin hundirse o desintegrarse y mantener las burbujas de aire atrapadas que se sellan en el interior durante un período de tiempo (Kamarudin et al., 2018).

4.1.3. Relación de los parámetros de extrusión con respecto al volumen específico

Los resultados del volumen específico de los alimentos extruidos en función a los parámetros de extrusión se muestran en la Figura 5.

Figura 5

Resultados de la relación del VE entre los parámetros de extrusión



Se observó que a medida que la temperatura en la cuarta zona de extrusión aumentaba (130 °C), el volumen específico disminuía (1.50 cm³/g) (Figura 5a), generando alimentos más densos, a diferencia de lo reportado por (Cian et al., 2018), que encontraron un aumento de VE (1.02 cm³/g) a medida que la temperatura aumentaba (180 °C), esta diferencia podría estar relacionada por la formulación de ingredientes. Se obtuvieron mejores resultados de VE a una velocidad de 300 rpm (1.68 cm³/g) y 25% de humedad (1.60 cm³/g) (Figura 5b y Figura 5c). Finalmente, el proceso de recubrimiento influyó en los resultados de

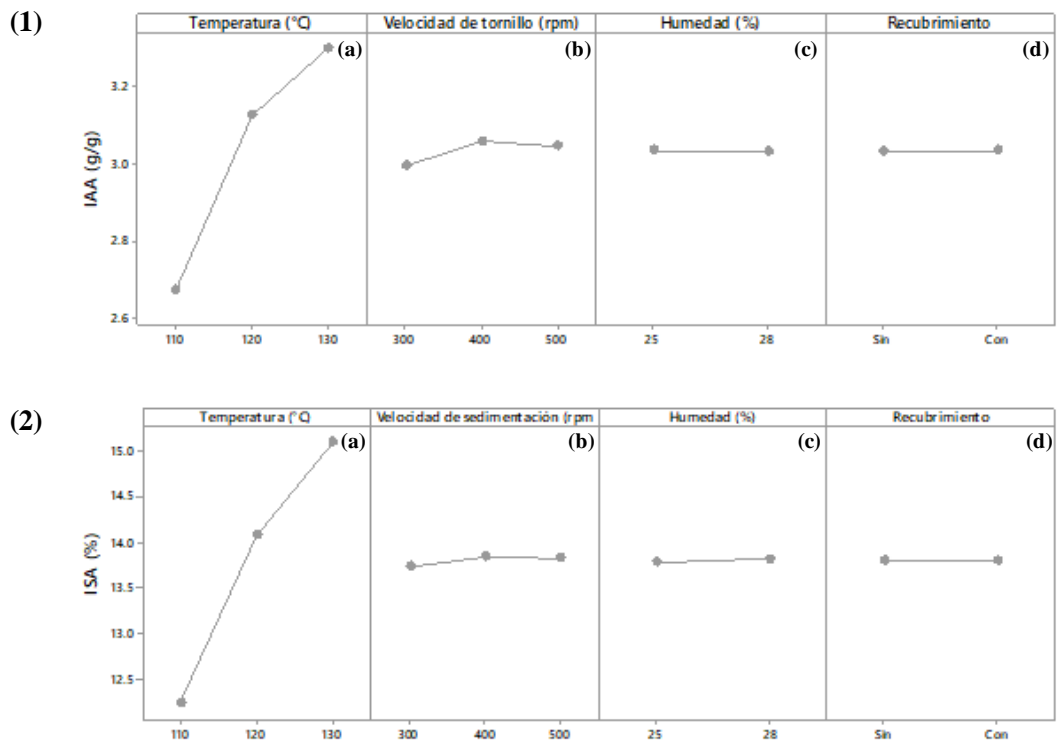
VE, los alimentos extruidos recubiertos (EXR) presentaron un VE bajo (Figura 5d).

4.1.4. Relación de los parámetros de extrusión con respecto al índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua

Los resultados del IAA y del ISA de los alimentos extruidos en función a los parámetros de extrusión se muestran en la Figura 6.

Figura 6

Resultados de la relación de la IAA (1) e ISA (2) entre los parámetros de extrusión



La capacidad de flotación de los alimentos durante algún tiempo está relacionada con las propiedades de hidratación (IAA e ISA) (Ma et al., 2021). Valores bajos de IAA presentan una restringida disponibilidad de agua para el alimento extruido (Kokini et al., 1992; Seth & Rajamanickam, 2012), mientras que un menor ISA indica que los alimentos flotantes extruidos tienen una mayor



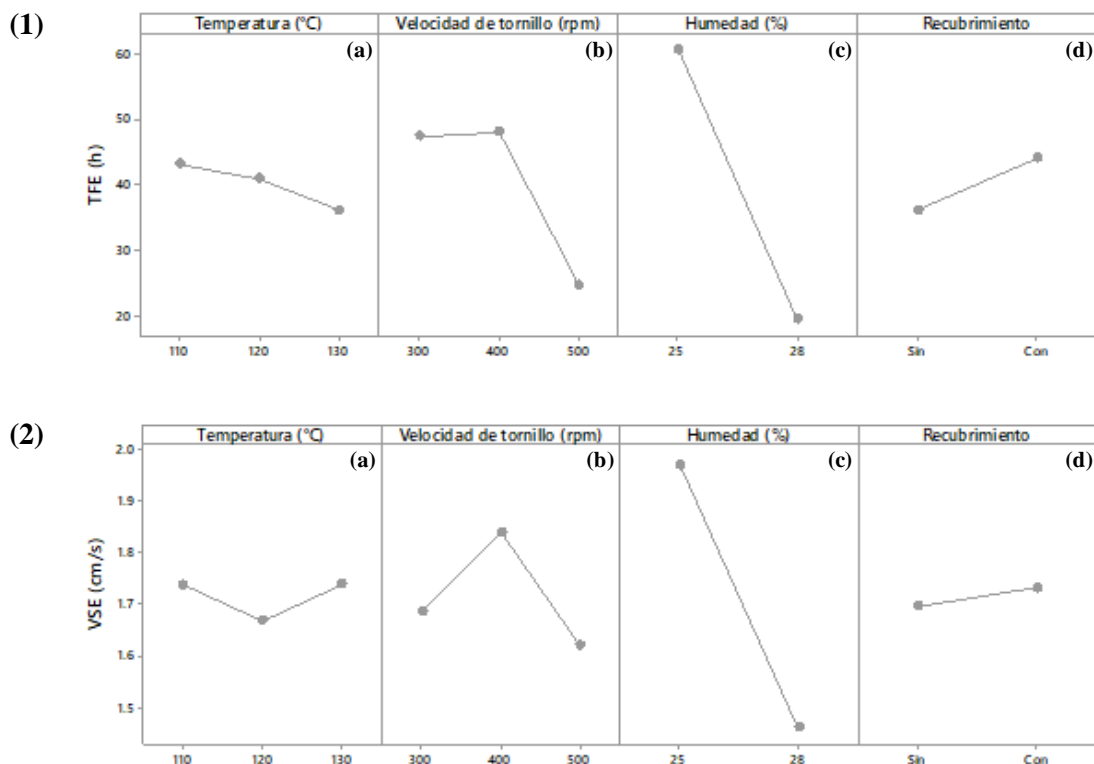
estabilidad en agua (Ma et al., 2021). Se observaron valores bajos de IAA (2.67 g/g) a medida que la temperatura disminuía (110°C) (Figura 6.1.a); los mismos resultados fueron reportados por Kamarudin et al. (2018); Rodríguez-Miranda et al. (2014), sin embargo Ma et al. (2021), reportó valores bajos de IAA (3.49 g/g) al aumentar la temperatura a 150°C. Los estudios muestran que los alimentos flotantes extruidos con un ISA más bajo (~10.46%) se obtienen a bajas temperaturas de extrusión (~121°C) (De Cruz et al., 2015; Delgado & Reyes-Jaquez, 2018; Ma et al., 2021). Se reportaron los mismos resultados, obteniendo valores más bajos de ISA (12.24%) a 110 °C (Figura 6.2.a). La velocidad de tornillo no influyó en los valores de IAA (Figura 6.1.b), a diferencia de lo reportado por Anderson et al. (1969); Oikonomou & Krokida (2012), que encontró valores bajos de IAA con un aumento de la velocidad de tornillo (330 rpm). Se observó valores inferiores de ISA (13.74%) a una velocidad de 300 rpm (Figura 6.2.b). Anderson (1982); Anderson et al. (1969b, 1969a); Delgado & Reyes-Jaquez (2018); Gujska & Khan (1990) y Oikonomou & Krokida (2012), reportaron que el IAA redujo (~2.15 g/g) al disminuir el contenido de humedad (~18%), a diferencia de dichos autores, los resultados de esta investigación no mostraron diferencia (3.03 g/g) en 25 y 28% de humedad (Figura 6.1.c). Se obtuvieron valores menores de ISA (13.79%) a un menor contenido de humedad (25%) (Figura 6.2.c), al igual que Delgado & Reyes-Jaquez (2018), sin embargo, Hernández-Díaz et al. (2007) obtuvieron valores menores de ISA con un alto contenido de humedad del 29%, este incremento de humedad podría disminuir la desnaturalización de las proteínas. El recubrimiento en ambas propiedades de hidratación no se vio influenciada (Figura 6.1.d y 6.2.d).

4.1.5. Relación de los parámetros de extrusión con respecto al tiempo de flotación en condiciones estacionarias y a la velocidad de sedimentación en condiciones estacionarias

Los resultados del tiempo de flotación y la velocidad de sedimentación en condiciones turbulentas de los alimentos extruidos en función a los parámetros de extrusión se muestran en la Figura 7.

Figura 7

Resultados de la relación del TFE (1) y VSE (2) entre los parámetros de extrusión



Cuanto mayor sea el tiempo de flotación, menor será el porcentaje de alimento no consumido (Vassallo et al., 2006). El mayor tiempo de flotación se reportó a una temperatura de 110°C (43.21 h) (Figura 7.1.a), a una velocidad de tornillo de 400 rpm (48.15 h) (Figura 7.1.b) y a un contenido de humedad de 25% (60.66 h) (Figura 7.1.c). Los EXR presentaron mayores tiempos de flotación



(Figura 7.1.d). El tiempo de flotación antes de la caída del alimento es un parámetro crítico para determinar la velocidad de sedimentación (Vassallo et al., 2006). Por su naturaleza depredadora, las truchas prefieren alimentos flotantes con una paulatina velocidad de sedimentación (Hilton & Slinger, 1981; Rodríguez-Miranda et al., 2014). La temperatura de extrusión no influyó en los resultados de VSE (Figura 7.2.a), mientras que una velocidad de tornillo a 500 rpm obtuvo menores valores de VSE (1.62 cm/s) (Figura 7.2.b). A 28% de contenido de humedad se presentó una VSE de 1.46 cm/s (Figura 7.2.c). El recubrimiento no influyó en los valores de VSE (Figura 7.2.d).

4.2. SELECCIÓN DE TRATAMIENTOS

La flotabilidad es un elemento relevante de la calidad física del alimento flotante extruido. Se considera un alimento flotante cuando alcanza el 100% de flotabilidad, valores inferiores a 100 % se rechaza debido a un posible riesgo de hundimiento (Ma et al., 2021). Teniendo en cuenta lo mencionado, se seleccionaron los tratamientos con un 100% de flotabilidad como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8

Resultados de las propiedades físico-funcionales de los tratamientos con un 100% de flotabilidad

Tratamientos	Parámetros de extrusión				Propiedades físico-funcionales del alimento flotante extruido							
	Temperatura (°C)	Velocidad de tornillo (rpm)	Humedad (%)	Recubrimiento	F (%)	DA (g/ml)	VE (cm ³ /g)	RE	IAA (g/g)	ISA (%)	TFE (h)	VSE (cm/s)
EX-3	110	500	25	Sin	100.00 ± 0.00	0.974 ± 0.03	1.485 ± 0.14	1.364 ± 0.01	2.823 ± 0.07	12.402 ± 0.22	53.817 ± 0.22	2.304 ± 0.75
EX-4	120	300	25	Sin	100.00 ± 0.00	0.829 ± 0.01	2.179 ± 0.05	1.311 ± 0.11	3.096 ± 0.16	13.120 ± 0.02	103.147 ± 1.51	2.133 ± 0.03
EX-5	120	400	25	Sin	100.00 ± 0.00	0.838 ± 0.01	1.777 ± 0.07	1.406 ± 0.01	3.126 ± 0.02	14.131 ± 0.28	53.473 ± 6.22	1.777 ± 0.06
EX-7	130	300	25	Sin	100.00 ± 0.00	0.829 ± 0.01	1.724 ± 0.24	1.475 ± 0.01	3.452 ± 0.15	15.074 ± 0.27	67.620 ± 1.00	2.336 ± 0.48
EX-8	130	400	25	Sin	100.00 ± 0.00	0.847 ± 0.01	1.703 ± 0.04	1.513 ± 0.00	3.473 ± 0.26	15.309 ± 0.12	81.067 ± 0.49	2.433 ± 0.23
EX-10	110	300	28	Sin	100.00 ± 0.00	0.743 ± 0.03	2.544 ± 0.03	1.322 ± 0.05	2.282 ± 0.10	12.395 ± 0.09	113.897 ± 2.30	2.004 ± 0.03
EXR-4	120	300	25	Con	100.00 ± 0.00	0.873 ± 0.03	1.804 ± 0.02	1.307 ± 0.02	3.122 ± 0.09	13.169 ± 0.03	108.643 ± 1.94	1.839 ± 0.06
EXR-5	120	400	25	Con	100.00 ± 0.00	0.949 ± 0.01	1.425 ± 0.05	1.402 ± 0.02	3.147 ± 0.19	14.139 ± 0.13	89.640 ± 0.84	2.284 ± 0.08
EXR-6	120	500	25	Con	100.00 ± 0.00	1.007 ± 0.10	1.508 ± 0.05	1.424 ± 0.01	2.955 ± 0.15	14.011 ± 0.10	36.903 ± 2.75	1.884 ± 0.55
EXR-7	130	300	25	Con	100.00 ± 0.00	0.893 ± 0.02	1.567 ± 0.05	1.481 ± 0.01	3.280 ± 0.09	15.050 ± 0.12	86.203 ± 3.97	2.347 ± 0.07
EXR-8	130	400	25	Con	100.00 ± 0.00	0.870 ± 0.06	1.553 ± 0.04	1.513 ± 0.01	3.313 ± 0.09	15.172 ± 0.07	91.077 ± 2.83	2.265 ± 0.06
EXR-10	110	300	28	Con	100.00 ± 0.00	0.872 ± 0.02	1.716 ± 0.01	1.309 ± 0.01	2.798 ± 0.08	12.366 ± 0.13	56.330 ± 1.19	1.446 ± 0.23

Nota: F, Flotabilidad; DA, densidad aparente; VE, volumen específico; RE, relación de expansión; IAA, índice de absorción de agua; ISA, índice de solubilidad en agua; TFE, tiempo de flotación en condiciones estacionarias; TFT, tiempo de flotación en condiciones turbulentas; n=3; los resultados que se muestran son valores medios y desviaciones estándar.

Conforme a los resultados reportados de las diferentes propiedades físico-funcionales (flotabilidad, densidad aparente, relación de expansión, volumen específico, IAA, ISA, tiempo de flotación en condiciones estacionarias y velocidad de sedimentación en condiciones estacionarias) se seleccionaron los tres mejores tratamientos: **EX-4, EX-10 y EXR-4**.

Se realizaron las comparaciones de estos tres tratamientos seleccionados con dos alimentos disponibles comercialmente (NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 60 y AQUATECH PECES 42 STD Y SMART).

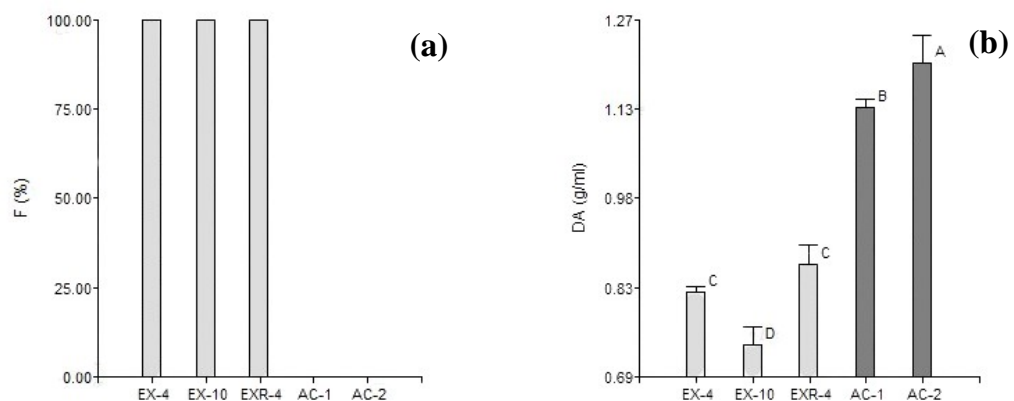
4.3. COMPARACIÓN DE LOS ALIMENTOS EXTRUIDOS CON LOS ALIMENTOS COMERCIALES

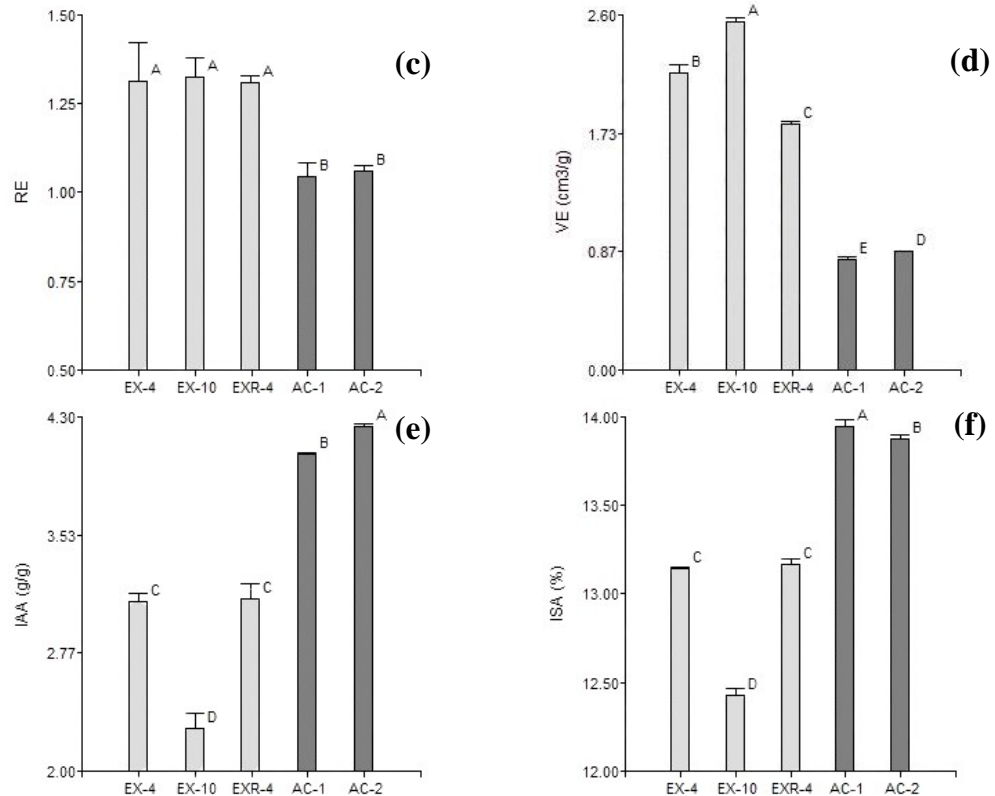
4.3.1. Comparación de las propiedades físico-funcionales

Los resultados de la comparación de las pruebas físicas efectuadas se presentan en la Figura 8.

Figura 8

Resultados de las propiedades físico-funcionales de los alimentos flotantes extruidos y alimentos comerciales.





Nota. n = 3; las líneas superiores en las barras son la desviación estándar; las barras seguidas de letras diferentes (A-D) son significativamente diferentes (p < 0.05).

La flotabilidad de los alimentos flotantes extruidos fue notablemente mayor que en los alimentos comerciales (Figura 8a). La alta flotabilidad de los alimentos extruidos se debe a su aparente elevada porosidad lo que se refleja en los valores de DA, RE, VE (Chevanan et al., 2009; Cian et al., 2018; Ma et al., 2021; Pastor-Cavada et al., 2011; Rosentrater, 2006). Todos los alimentos flotantes extruidos presentaron un valor de DA menor que los alimentos comerciales (Figura 8b). Los AC presentaron valores de DA mayores a 1.00 g/ml, razón por lo cual no flotan; resultados similares reportaron Alcaraz et al. (2021). Los valores de RE (1.313) no presentaron diferencias entre los alimentos flotantes extruidos, pero sí con los alimentos comerciales (Figura 8c). Cuanto mayor es la relación de expansión, menor es la DA (Kamarudin et al., 2018; Rodríguez-Miranda et al., 2014). Los alimentos comerciales para truchas contienen alta

cantidad de grasa aumentando la DA y disminuyendo la RE (Rodríguez-Miranda et al., 2014), al no adicionar grasa en el proceso de extrusión la RE no aumenta ni disminuye en tratamientos extruidos recubiertos (EXR). Los resultados de VE de los alimentos flotantes extruidos fueron mucho mayores que el de los alimentos comerciales (Figura 4d), destacándose el tratamiento EX-10 sobre los otros dos tratamientos.

La estabilidad del agua puede afectar la respuesta biológica de los animales acuáticos (Baeverfjord et al., 2006; Hilton et al., 1981; Sørensen, 2012). Los productos alimenticios para la acuicultura necesitan un IAA específico para facilitar su consumo (Delgado & Reyes-Jaquez, 2018), este se ve primordialmente repercutido por las condiciones de humedad y temperatura en el proceso de extrusión. El ISA se relaciona con la estabilidad del alimento en un ambiente acuoso, además se ve afectada principalmente por el tamaño de los poros internos (Delgado & Reyes-Jaquez, 2018; Ma, Wang, Yang, Li, Xue, Cheng, et al., 2022; Samuelsen et al., 2022). Los resultados de IAA e ISA que se reportaron en este trabajo tanto de alimentos extruidos como de los AC (Figura 8e y 8f) se encuentran en el rango establecido (2.0 y 4.6; 11.8 y 35) de alimentos donde el contenido de proteína es alto (Gujska & Khan, 1991b, 1991a; Singh et al., 2006). Respecto al valor del IAA, los tratamientos EX-4 y EXR-4 no presentaron diferencias entre ellos; el menor valor fue para el tratamiento EX-10 (2.282 g/g) (Figura 8e). El mismo comportamiento se presentó en los valores del ISA (Figura 8f). Lo que se puede inferir de esta investigación que un IAA alto podría producir un ISA alto en los alimentos flotantes extruidos.

Los resultados de la comparación del tiempo de flotación en ambas condiciones se observan en la Tabla 9.

Tabla 9*Resultados de la prueba de tiempo de flotación en ambas condiciones*

Tratamiento	TFE (h)	TFT (h)
EX-4	105.88 ± 0.63 _b	57.70 ± 4.63 _d
EX-10	112.90 ± 0.61 _a	73.96 ± 0.96 _c
EXR-4	109.11 ± 1.28 _{ab}	62.68 ± 5.23 _e
AC-1	0.00 ± 0.00 _f	0.00 ± 0.00 _f
AC-2	0.00 ± 0.00 _f	0.00 ± 0.00 _f

Nota: TFE, tiempo de flotación en condiciones estacionarias; TFT, tiempo de flotación en condiciones turbulentas; n=3; los resultados que se muestran son valores medios y desviaciones estándar; las medias con diferentes letras en subíndice son considerablemente diferentes en $p < 0.05$.

El tiempo de flotación de los productos extruidos fue notablemente mayor que en los alimentos comerciales. El TFE de los alimentos extruidos fue mayor en comparación con el TFT (Tabla 9). Los tiempos de flotación de los productos extruidos en ambas condiciones obtenidos en la presente investigación fueron superiores a 50 h, a diferencia de lo reportado por Vassallo et al. (2006), que obtuvo como mayor tiempo de flotación 73 s. El tratamiento EX-10 presentó el mayor tiempo de flotación en ambas condiciones.

La velocidad de sedimentación del alimento para acuicultura es diferente para cada especie (Tuya et al., 2014). Algunos peces requieren un alimento de hundimiento lento que se asemejará al movimiento de peces pequeños u otros organismos vivos (Rodríguez-Miranda et al., 2014). A menor velocidad de sedimentación, las truchas tienen una mejor percepción visual del alimento, optimizando la tasa de alimentación, lo que merma el riesgo de polución de los espejos de agua y beneficia la tasa de alimentación (Castro-Gonzalez et al., 1991). Además, la velocidad de sedimentación está altamente asociado con el IAA

durante la flotación del alimento (Kamarudin et al., 2018). En la Tabla 10, se observan los resultados de las pruebas de VS en ambas condiciones.

Tabla 10

Resultados de la prueba de velocidad de sedimentación en ambas condiciones.

Tratamiento	VSE (cm/s)	VST (cm/s)
EX-4	2.13 ± 0.03 _c	1.84 ± 0.11 _c
EX-10	2.00 ± 0.03 _c	1.78 ± 0.04 _c
EXR-4	1.84 ± 0.06 _c	1.63 ± 0.01 _c
AC-1	8.76 ± 0.61 _a	8.92 ± 0.62 _a
AC-2	6.45 ± 1.08 _b	6.76 ± 0.18 _b

Nota: VSE, velocidad de sedimentación en condiciones estacionarias; VST, velocidad de sedimentación en condiciones turbulentas; n=3; los resultados que se muestran son valores medios y desviaciones estándar; las medias con diferentes letras en subíndice son considerablemente diferentes en $p < 0.05$.

Los productos extruidos reportaron tiempos bajos de VSE y VST (Tabla 10) ofreciendo a la trucha una mayor oportunidad de alimentación, en discordancia con Vassallo et al. (2006) y Alcaraz et al. (2021), que presentaron una VSE de 8.70 y 7.26 cm/s respectivamente. Los alimentos comerciales presentaron una velocidad de sedimentación considerablemente alta en ambas condiciones (Tabla 10), dando un tiempo limitado de arribo a las truchas, asimismo, Tuya et al. (2014) reportaron VSE de 9,752 cm/s en alimentos comerciales. Con lo reportado en el presente estudio, el tiempo de flotación afecta la velocidad de sedimentación, cuando el tiempo de flotación es mayor, la velocidad de sedimentación incrementa.

4.3.2. Comparación de la composición proximal

La composición proximal de los productos extruidos y alimentos comerciales se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11

Composición proximal de los alimentos flotantes extruidos y alimentos comerciales

Tratamiento	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteína (%)
EX-4	13.30 ± 0.22 _a	2.41 ± 0.31 _d	39.23 ± 1.39 _b
EX-10	13.39 ± 0.21 _a	2.84 ± 0.25 _d	40.81 ± 1.12 _{ab}
EXR-4	12.35 ± 0.20 _b	4.11 ± 0.55 _c	38.45 ± 1.37 _b
AC-1	10.00 ± 0.00 _c	13.00 ± 0.00 _b	42.00 ± 0.00 _a
AC-2	12.00 ± 0.00 _b	15.00 ± 0.00 _a	42.00 ± 0.00 _a

Nota: n=2; los resultados que se muestran son valores medios y desviaciones estándar; las medias en la misma columna con diferentes letras en subíndice son significativamente diferentes en $p < 0.05$.

El contenido de humedad presentó valores superiores en el tratamiento EX-4 y EX-10 (Tabla 11). Los resultados reportados de los alimentos flotantes extruidos se encuentran dentro del nivel óptimo para truchas juveniles ($\leq 15\%$) (Hilton & Slinger, 1981; NTP-ISO 6496, 2011).

El contenido de grasa de los alimentos extruidos fue notablemente menor que en los alimentos comerciales (Tabla 11), debido principalmente al déficit de aceite en el procesamiento de extrusión. Drummond (1995), presentó niveles de grasa para truchas juveniles de 5-8%, siendo este resultado más próximo al EXR-4. Asimismo, Mantilla Mendoza (2004), recomienda ~8% como nivel máximo.

El contenido de proteína del tratamiento EX-10 (40.81%) se encuentra dentro del nivel óptimo para truchas juveniles ($\geq 40\%$) (AOAC 920.39, 2020;

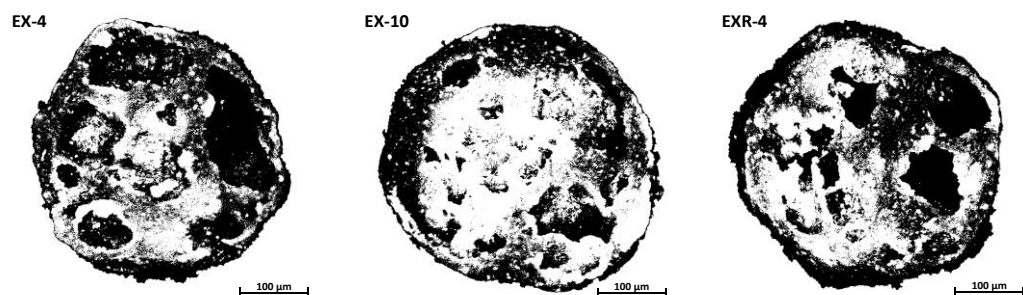
AQUATECH, 2018; Bardach et al., 1986; NICOVITA, 2020; NRC, 1993) mientras que, los tratamientos EX-4 (39.23%) y EXR-4 (38.45%) se encuentran por debajo de lo reportado (Tabla 11). Esto se debe principalmente al aumento de la temperatura generando una desnaturalización proteica (Shah, 2003; Shankar & Bandyopadhyay, 2008), permitiendo que las proteínas se reestructuren en una estructura más dura (Delgado & Reyes-Jaquez, 2018). Considerando que los alimentos flotantes extruidos se pueden producir a temperaturas más bajas como en este estudio, esto resulta ventajoso ya que puede reducir la destrucción de aminoácidos y vitaminas (Kamarudin et al., 2018), lo que a su vez da como resultado alimentos extruidos más blandos (Delgado & Reyes-Jaquez, 2018).

4.3.3. Comparación de la microestructura

La microestructura de la sección transversal de los alimentos extruidos se observa en la Figura 9.

Figura 9

Imágenes de microestructura de la sección transversal de los alimentos extruidos seleccionados.



El porcentaje de porosidad de los alimentos flotantes extruidos se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12*Porcentaje de porosidad de los alimentos flotantes extruidos*

Tratamiento	Porosidad (%)
EX-4	61.89 ± 0.71 _a
EX-10	48.11 ± 3.66 _b
EXR-4	57.31 ± 2.31 _a

Nota: n=2; los resultados que se muestran son valores medios y desviaciones estándar; las medias en la misma columna con diferentes letras en subíndice son notablemente diferentes en $p < 0.05$.

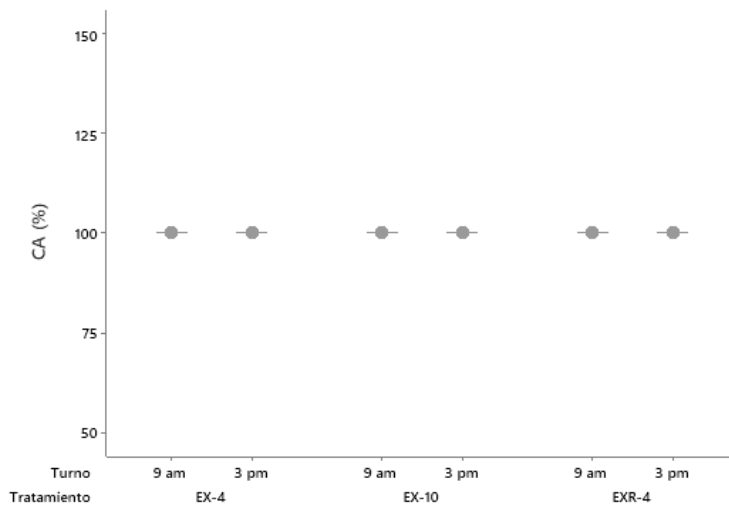
En la Figura 9, se observa que el radio y el número de poros de los tratamientos no mostraron cambios notables a medida que incrementaba la temperatura en la cuarta zona de extrusión. Se presentó un aumento en el porcentaje de porosidad a medida que la temperatura en la cuarta zona de extrusión se incrementaba de 110 a 120 °C (Tabla 12), lo cual, coincide con los resultados de De Cruz et al. (2015) y Shankar & Bandyopadhyay (2008). Sin embargo, (Kamarudin et al., 2018), no observó diferencias en la porosidad de los alimentos extruidos. La formación de numerosos poros en los alimentos extruidos (Figura 9) se podría asociar a una DA baja y a una alta flotabilidad de los alimentos extruidos de la presente investigación. Un mayor número de poros homogéneos que retengan el aire aumentaría la flotabilidad de los alimentos extruidos (Alcaraz et al., 2021). El tiempo que este aire es retenido dentro de los alimentos dependerá del IAA (Chevanan et al., 2007). El aumento del contenido de humedad conduce a la formación de más agujeros (Shankar & Bandyopadhyay, 2008). Sin embargo, en la presente investigación se observó un mayor porcentaje de porosidad al reducir el contenido de humedad (Tabla 12).

4.4. ATRACTO-PALATABILIDAD

El comportamiento alimentario de los peces está influenciado principalmente por los múltiples sistemas sensoriales como la visión, el olfato y el gusto; en las truchas arcoíris, el comportamiento alimentario aparentemente se inicia mediante la apreciación visual del alimento basándose en el sentido del olfato y luego se completa con el gusto (Kamalam et al., 2020). Las preferencias sensoriales pueden ejercer un papel trascendental en la aceptación o el rechazo de una comida determinada, afectando así el consumo voluntario de alimento (Kamalam et al., 2020; Kasumyan & Doving, 2003). Los resultados del CA se muestran en la Figura 10.

Figura 10

Resultados de la prueba de atracto-palatabilidad en función al CA.



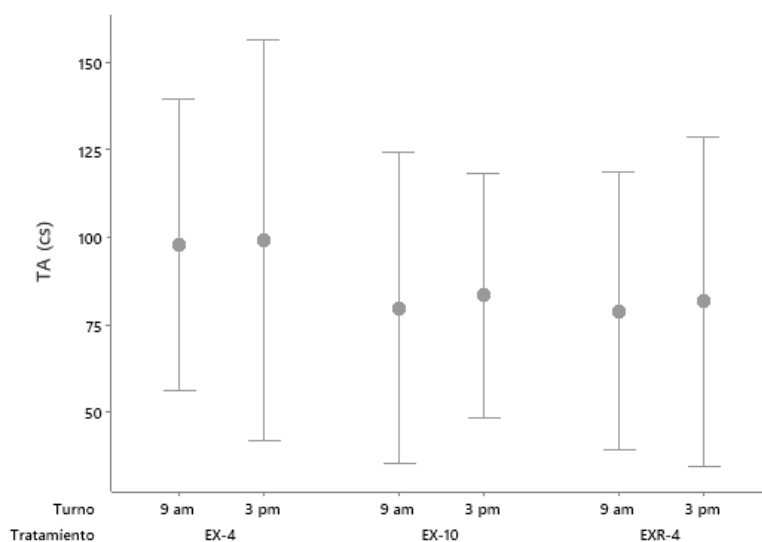
Nota. CA, consumo de alimentos; n = 5; las líneas superiores son la desviación estándar.

En la presente investigación, las truchas juveniles aceptaron la totalidad (100%) de los alimentos extruidos sin rechazo por parte de ellas (Figura 10). A diferencia de lo reportado por Alves et al. (2020), que su porcentaje del consumo de alimentos para la especie pelágica (Tilapia juvenil del Nilo) fue de ~60.98%.

El TA suele ser relativamente corto y termina al tragar el alimento o al ignorarlo cuando los peces pierden interés y no lo recuperan (Kasumyan & Doving, 2003). La rápida captura de alimentos es un factor importante en la acuicultura, lo que refleja una mínima pérdida de nutrientes al agua, sin causar gran impacto en el medio ambiente (Cyrino et al., 2010). En la Figura 11, se observan los resultados del TA.

Figura 11

Resultados de la prueba de atracto-palatabilidad en función al TA.



Nota: TA, tiempo de arribo; n = 5; las líneas superiores son la desviación estándar.

Se observó que las truchas juveniles mostraron un rápido tiempo de arribo en todos los alimentos flotantes extruidos con un promedio de 86.83 cs (Figura 11), lo que demuestra una alta atracto-palatabilidad entre los tratamientos. Por otro lado, Alves et al. (2020), observó un tiempo promedio de captura del primer alimento de 2.81 s para tilapias juveniles del Nilo, no obstante, por el reemplazo parcial de la harina de pescado por hidrolizados líquidos animales, las tilapias rechazaron algunos alimentos, lo que podría ser perjudicial para el ecosistema acuático.

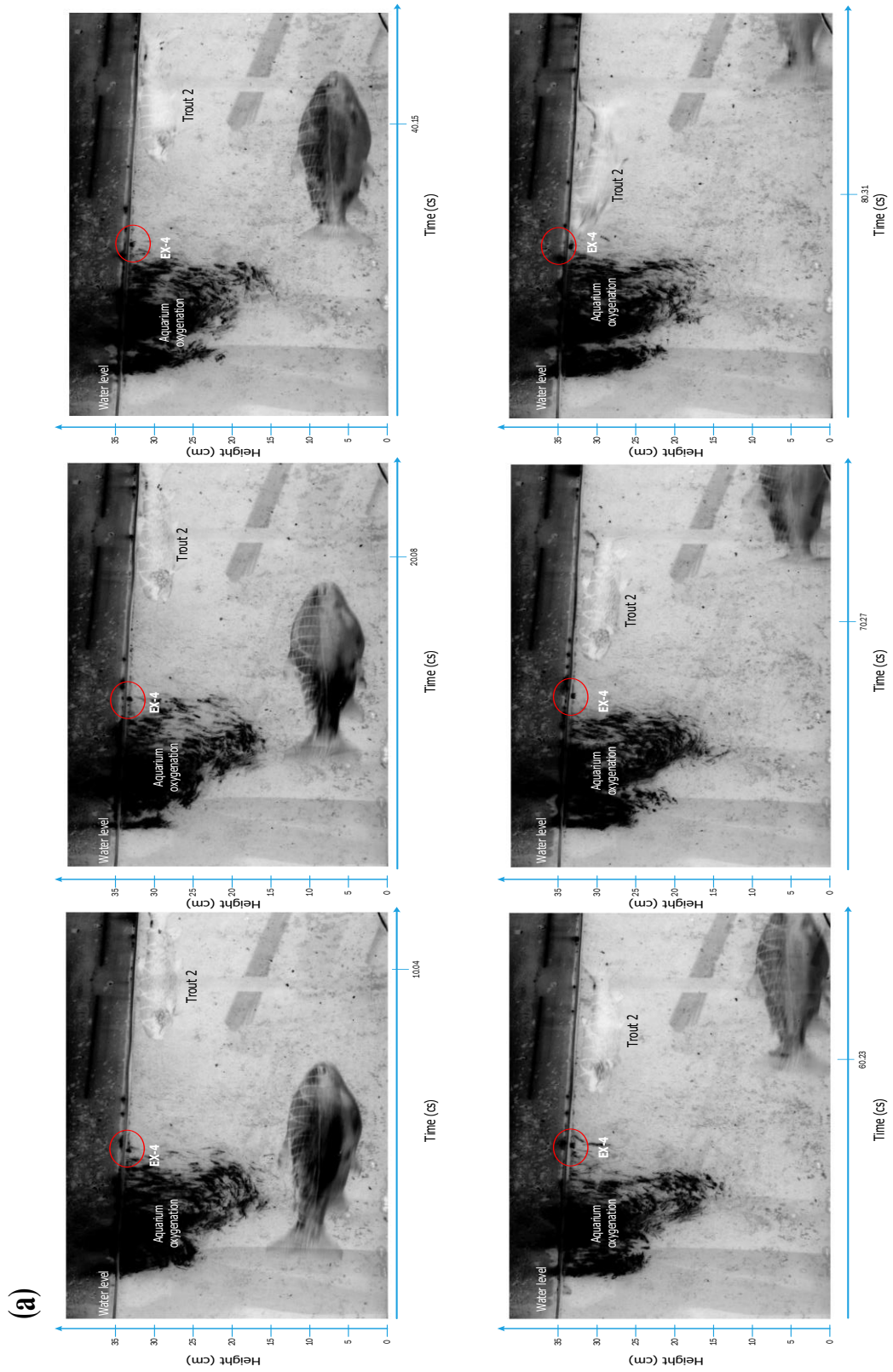


La harina y el aceite de pescado siempre han jugado un papel relevante en las dietas comerciales preparadas para especies acuícolas carnívoras (Jackson, 2006). La harina de pescado tiene un perfil de aminoácidos disponibles casi ideal para la mayoría de las especies acuáticas también aumenta la eficiencia, la calidad del alimento y un crecimiento más rápido a través de una mejor palatabilidad de los alimentos lo que promueve el consumo máximo de alimento mejorando la absorción y digestión de nutrientes (Hodar et al., 2020; Jackson, 2006). La ingesta voluntaria de alimentos en la trucha arcoíris está relacionada con el contenido de grasas presentes en la dieta (Gélineau et al., 2001). El comportamiento apetitivo de la trucha arcoíris esta mediado por la fuente de aceite de la dieta, es decir, la trucha prefiere el aceite de pescado al aceite vegetal (Geurden et al., 2005). De la Figura 10 y 11 se puede inferir que la formulación base utilizada presenta una alta atracto-palatabilidad, lo que se ve plasmado en el consumo total del alimento y los cortos tiempo de arribo.

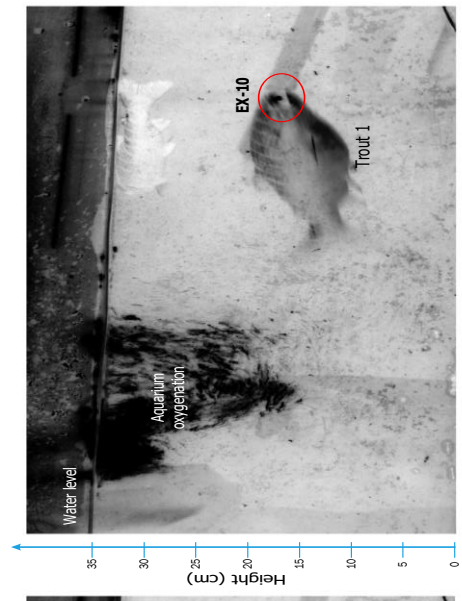
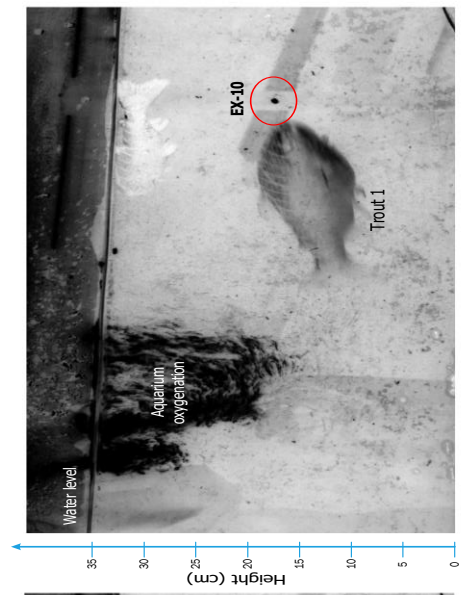
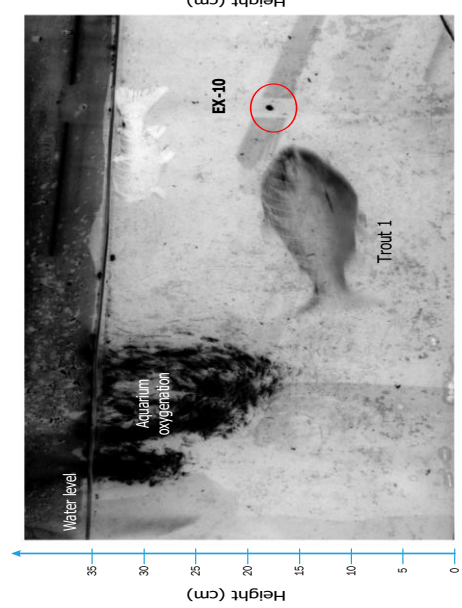
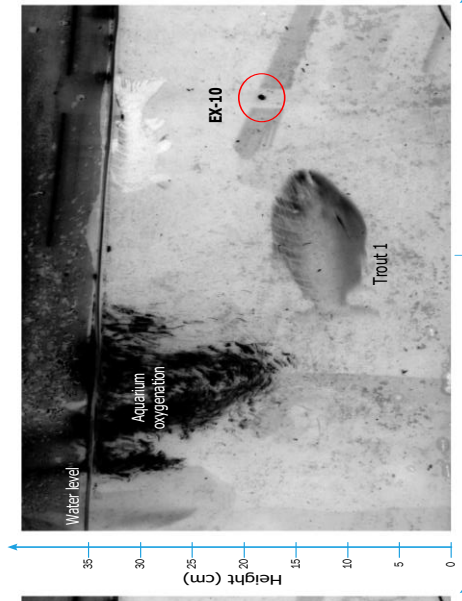
En la Figura 12, se observa el trayecto de la trucha desde la posición en la que se encuentra hasta que alcanza el alimento (TA).

Figura 12

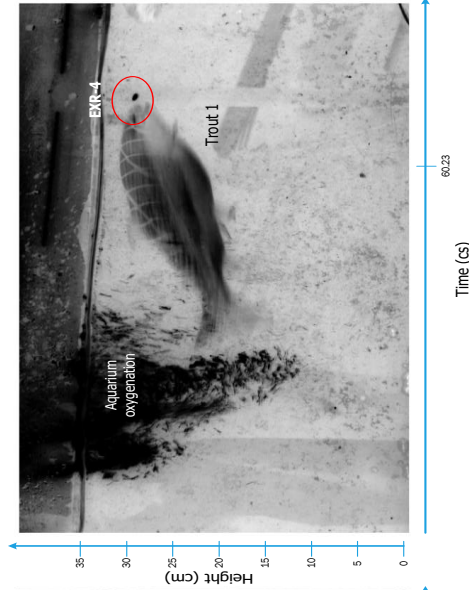
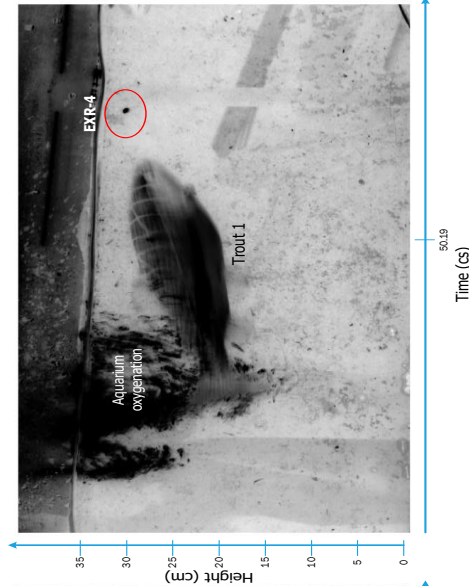
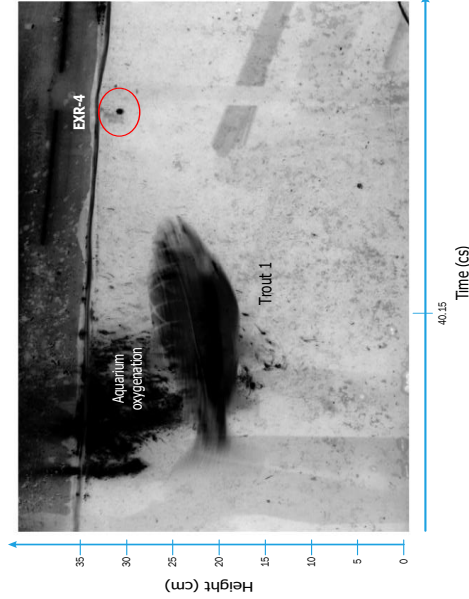
Imágenes del trayecto de las truchas desde la posición en la que se encuentran hasta alcanzar el alimento.



(b)



(c)





En la Figura 12a, transcurridos 80.31 cs los alimentos no sedimentan. Sin embargo, los alimentos flotantes extruidos de los tratamientos EX-10 y EXR-4 pierden altura, esto se podría deber principalmente a la emulación de técnica de voleo, movimiento del agua y al trayecto de la trucha (Figura 12b y 12c). El alimento del tratamiento EX-4, regresa a la superficie del agua (Figura 12a), debido a su alta flotabilidad ofreciendo a la trucha una mayor oportunidad de alimentación. Por lo que es ventajoso suministrar con alimento flotante extruido permitiendo contemplar directamente la magnitud de alimentación de los peces y adecuar las tasas de alimentación (Craig et al., 2017). Una alimentación por debajo de la ración óptima puede provocar heterogeneidad de tamaño dentro del grupo de truchas, mientras que una ración excesiva puede incluir pérdidas de alimentos que afectan tanto a la economía como al medio ambiente (Kamalam et al., 2020).



V. CONCLUSIONES

- Logramos obtener matrices alimentarias con alta flotabilidad, alta porosidad y buen contenido de proteínas como alimento para truchas juveniles utilizando tecnología de extrusión.
- Las condiciones del proceso de extrusión empleados en un extrusor de doble tornillo determinan las propiedades físico-funcionales del alimento. Los resultados muestran que el contenido de humedad y la temperatura en la cuarta zona de extrusión son factores predominantes en la elaboración de alimentos flotantes extruidos. Alcanzando con una temperatura baja (110°C), velocidad de tornillo baja (300 rpm) y una alta humedad (28%) alimentos flotantes extruidos con mejores propiedades físico-funcionales.
- Temperaturas elevadas en la cuarta zona de extrusión reducen el contenido de proteínas de los alimentos extruidos. Los alimentos flotantes extruidos con recubrimiento presentan mayores contenidos de grasa.
- El incremento de temperatura en la cuarta zona de extrusión no tuvo influencias en la porosidad de los alimentos extruidos; sin embargo, cuando se combinan altas temperaturas y humedades se incrementa la porosidad de los productos finales.
- Los alimentos flotantes extruidos presentan mejores propiedades físico-funcionales y microestructurales comparados con los alimentos peletizados disponibles comercialmente.
- La similitud entre la formulación base empleada para los alimentos flotantes extruidos y los alimentos comerciales facilitó la respuesta positiva de las truchas juveniles en los comportamientos alimentarios (atracto-palatabilidad), considerando



la alta flotabilidad y la baja velocidad de sedimentación de los alimentos extruidos, estos permiten una mayor oportunidad de alimentación a las truchas juveniles.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda profundizar el estudio de la tecnología emergente de extrusión de doble tornillo en el procesamiento de alimentos para peces. Asimismo, se sugiere continuar con el estudio de los alimentos flotantes extruidos para aminorar los niveles de polución en el Lago Titicaca ocasionado por la sedimentación rápida de los alimentos peletizados disponibles comercialmente. Finalmente, sugerimos ejecutar la evaluación de la atracto-palatabilidad (en función a sus comportamientos alimentarios) en la elaboración de nuevos alimentos para conocer la respuesta de los animales.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aarseth, K. A., Sørensen, M., & Storebakken, T. (2006). Effects of red yeast inclusions in diets for salmonids and extrusion temperature on pellet tensile strength: Weibull analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 126(1–2). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.06.005>
- Al-Souti, A., Gallardo, W., Claereboudt, M., & Mahgoub, O. (2019). Attractability and palatability of formulated diets incorporated with chicken feather and algal meals for juvenile gilthead seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture Reports*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100199>
- Albarracín, M., José González, R., & Drago, S. R. (2015). Soaking and extrusion effects on physicochemical parameters, phytic acid, nutrient content and mineral bio-accessibility of whole rice grain. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(2). <https://doi.org/10.3109/09637486.2014.986070>
- Alcaraz, R., Hernández-Contreras, A., Iglesias, P., & Hernández, M. D. (2021). Effect of the inclusion of microalgae on the physical properties of extruded feed for gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Algal Research*, 53. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.102167>
- Alves, D. R. S., de Oliveira, S. R., Luczinski, T. G., Boscolo, W. R., Bittencourt, F., Signor, A., & Detsch, D. T. (2020). Attractability and palatability of liquid protein hydrolysates for Nile tilapia juveniles. *Aquaculture Research*, 51(4). <https://doi.org/10.1111/are.14514>
- Anderson, R. (1982). Water Absorption and Solubility and Amylograph Characteristics of Roll-Cooked Small Grain Products! *Cereal Chemistry*, 59(4).
- Anderson, R., Conway, H., & Peplinski, A. (1970). Gelatinization of Corn Grits by Roll Cooking, Extrusion Cooking and Steaming. *Starch - Stärke*, 22(4), 130–135.
- Anderson, R., Conway, H., Pfeifer, V., & Griffin, E. (1969a). Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Science Today*, 14, 4–12.
- Anderson, R., Conway, H., Pfeifer, V., & Griffin, E. (1969b). Roll and extrusion-cooking of grain sorghum grits. *Cereal Science Today*, 14(11).



- AOAC 920.39. (2020). *AOAC Official Method 920.39 21 st Edition Fat (Crude) or Ether Extract in Animal Feed: Vol. 21 st Edit.*
- AQUATECH. (2018). *Catálogo Truchas - AQUATECH*. <https://aquatech.pe/wp-content/uploads/2018/03/catalogo-Trucha-Marzo.pdf>
- ARRAINA. (2016). *Feed ingredients in aquaculture*. Advanced Research Initiatives for Nutrition & Aquaculture.
- Arteaga Quico, C., Mariano Astocondor, M., & Aquino Ortega, R. (2021). Dietary supplementation with *Chlorella peruviana* improve the growth and innate immune response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* fingerlings. *Aquaculture*, 533. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736117>
- Bach, L. T., Riebesell, U., Sett, S., Febiri, S., Rzepka, P., & Schulz, K. G. (2012). An approach for particle sinking velocity measurements in the 3-400 µm size range and considerations on the effect of temperature on sinking rates. In *Marine Biology* (Vol. 159, Issue 8). <https://doi.org/10.1007/s00227-012-1945-2>
- Baeverfjord, G., Refstie, S., Krogedal, P., & Åsgård, T. (2006). Low feed pellet water stability and fluctuating water salinity cause separation and accumulation of dietary oil in the stomach of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 261(4). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.08.033>
- Ballester-Moltó, M., Sánchez-Jerez, P., Cerezo-Valverde, J., & Aguado-Giménez, F. (2017). Particulate waste outflow from fish-farming cages. How much is uneaten feed? *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 23–30.
- Bardach, J., Ryther, J., & Mclarney, W. (1986). *Acuicultura: crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce*.
- Behnke, K. C. (1996). Feed manufacturing technology: Current issues and challenges. *Animal Feed Science and Technology*, 62(1 SPEC. ISS.). [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(96\)01005-X](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(96)01005-X)
- Bianchini, A., Stratton, J., Weier, S., Hartter, T., Plattner, B., Rokey, G., Hertzfel, G., Gompa, L., Martinez, B., & Eskridge, K. M. (2014). Use of *Enterococcus faecium* as a surrogate for *Salmonella enterica* during extrusion of a balanced



- carbohydrate-protein meal. *Journal of Food Protection*, 77(1).
<https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-13-220>
- Bolorunduro, P. (2002). Feed formulation and feeding practices in fish culture. *Extension Bulletin, N° 152*.
- Bowzer, J., Page, M., & Trushenski, J. (2016). Extrusion Temperature and Pellet Size Interact to Influence Growth Performance of Hybrid Striped Bass Fed Industrially Compounded Aquafeeds. *North American Journal of Aquaculture*, 78(4), 284–294.
- Castro-Gonzalez, M., Carrillo, S., Pérez, F., Manzano, R., & Rosales, E. (1991). *Macrocystis pyrifera*: Potential resource for animal feeding. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 25.
- Castro, M. (2022). *Formulación de un alimento balanceado con harina de chíá (salvia hispánica) para truchas arco iris (oncorhynchus mykiss), en la etapa de engorde y determinación de costos de producción*. Universidad Nacional de Juliaca.
- Chaabani, A., Labonne, L., Durrieu, V., Rouilly, A., Skiba, F., & Evon, P. (2022). Preconditioner influence on twin-screw extrusion cooking of starch-based feed pellets: The example of Fish Feed. *Aquacultural Engineering*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2022.102268>
- Chaabani, A., Labonne, L., Tercero, C. A., Picard, J. P., Advenier, C., Durrieu, V., Rouilly, A., Skiba, F., & Evon, P. (2020). Optimization of vacuum coating conditions to improve oil retention in Trout feed. *Aquacultural Engineering*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102127>
- Chevanan, N., Muthukumarappan, K., & Rosentrater, K. A. (2009). Extrusion Studies of Aquaculture Feed Using Distillers Dried Grains with Solubles and Whey. *Food and Bioprocess Technology*, 2(2). <https://doi.org/10.1007/s11947-007-0036-8>
- Chevanan, N., Rosentrater, K. A., & Muthukumarappan, K. (2007). Twin-screw extrusion processing of feed blends containing distillers dried grains with solubles (DDGS). *Cereal Chemistry*, 84(5). <https://doi.org/10.1094/CCHEM-84-5-0428>
- Choquehuayta, H. (2008). *Manual de crianza de truchas en estanques y lombricultura*.



Proyecto Corredor Puno – Cusco.

- Chorus, I. (2001). *Cyanotoxins. Occurrence, Causes, Consequences*. Springer.
- Cian, R. E., Bacchetta, C., Cazenave, J., & Drago, S. R. (2018). Extruded fish feed with high residual phytase activity and low mineral leaching increased *P. mesopotamicus* mineral retention. *Animal Feed Science and Technology*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.03.016>
- Craig, S., Kuhn, D., & Schwarz, M. (2017). *Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding* Steven. *Virginia Cooperative Extension*.
- Cyrino, J. E. P., De Almeida Bicudo, Á. J., Sado, R. Y., Borghesi, R., & Dairiki, J. K. (2010). A piscicultura e o ambiente - o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(SUPPL. 1). <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300009>
- De Cruz, C. R., Kamarudin, M. S., Saad, C. R., & Ramezani-Fard, E. (2015). Effects of extruder die temperature on the physical properties of extruded fish pellets containing taro and broken rice starch. *Animal Feed Science and Technology*, 199. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.11.010>
- De La Oliva, G. (2011). *Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola en el cultivo de Trucha Arcoíris*.
- Delgado, E., & Reyes-Jaquez, D. (2018). Extruded Aquaculture Feed: A Review. In *Extrusion of Metals, Polymers and Food Products*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.69021>
- Draganovic, V., van der Goot, A. J., Boom, R., & Jonkers, J. (2011). Assessment of the effects of fish meal, wheat gluten, soy protein concentrate and feed moisture on extruder system parameters and the technical quality of fish feed. *Animal Feed Science and Technology*, 165(3–4). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.03.004>
- Drummond, S. (1995). *Trout farming handbook* (Sixth edit). Fishing News Books Ltd.
- Duquesne, F., Vallaeys, V., Vidaurre, P. J., & Hanert, E. (2021). A coupled ecohydrodynamic model to predict algal blooms in Lake Titicaca. *Ecological*



Modelling, 440. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109418>

- Dworjanyn, S. A., Pirozzi, I., & Liu, W. (2007). The effect of the addition of algae feeding stimulants to artificial diets for the sea urchin *Tripneustes gratilla*. *Aquaculture*, 273(4). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.08.023>
- Dyadichev, V. V., Kolesnikov, A. V., Menyuk, S. G., & Dyadichev, A. V. (2019). Improvement of extrusion equipment and technologies for processing secondary combined polymer materials and mixtures. *Journal of Physics: Conference Series*, 1210(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1210/1/012035>
- FAO. (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018: Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. FAO. The state of world fisheries and aquaculture, Sofia.
- FONDEPES. (2014). *Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales*. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES.
- Gao, S., Jin, J., Liu, H., Han, D., Zhu, X., Yang, Y., & Xie, S. (2019). Effects of pelleted and extruded feed of different ingredients particle sizes on feed quality and growth performance of gibel carp (*Carassius gibelio* var. CAS V). *Aquaculture*, 511, 734236.
- Garcia, R. B. R., Silva, F. S., & Kawachi, E. Y. (2017). Evaluation of dip and spray coating techniques in corrosion inhibition of AA2024 alloy using a silicon/zirconium sol-gel film as coating. *AIP Conference Proceedings*, 1809. <https://doi.org/10.1063/1.4975432>
- Gélineau, A., Corraze, G., Boujard, T., Larroquet, L., & Kaushik, S. (2001). Relation between dietary lipid level and voluntary feed intake, growth, nutrient gain, lipid deposition and hepatic lipogenesis in rainbow trout. *Reproduction Nutrition Development*, 41(6). <https://doi.org/10.1051/rnd:2001103>
- Geurden, I., Cuvier, A., Gondouin, E., Olsen, R. E., Ruohonen, K., Kaushik, S., & Boujard, T. (2005). Rainbow trout can discriminate between feeds with different oil sources. *Physiology and Behavior*, 85(2). <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2005.03.010>
- Glencross, B., Hawkins, W., Maas, R., Karopoulos, M., & Hauler, R. (2010). Evaluation



- of the influence of different species and cultivars of lupin kernel meal on the extrusion process, pellet properties and viscosity parameters of salmonid feeds. *Aquaculture Nutrition*, 16(1). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2008.00636.x>
- Glencross, B., Rutherford, N., & Jones, B. (2011). Evaluating options for fishmeal replacement in diets for juvenile barramundi (*Lates calcarifer*). *Aquaculture Nutrition*, 17(3). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00834.x>
- Glencross, Hawkins, Evans, Rutherford, McCafferty, Dods, & Hauler. (2011). A comparison of the effect of diet extrusion or screw-press pelleting on the digestibility of grain protein products when fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 312(1–4). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.12.025>
- González, R. J., Torres, R. L., & de Greef, D. M. (2002). Extrusión-Cocción de cereales. *Boletín Da Sociedade Brasileira de Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 36, 83–136.
- Gujaska, E., & Khan, K. (1990). Effect of Temperature on Properties of Extrudates from High Starch Fractions of Navy, Pinto and Garbanzo Beans. *Journal of Food Science*, 55(2). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb06788.x>
- Gujaska, E., & Khan, K. (1991a). Feed Moisture Effects on Functional Properties, Trypsin Inhibitor and Hemagglutinating Activities of Extruded Bean High Starch Fractions. *Journal of Food Science*, 56(2). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb05299.x>
- Gujaska, E., & Khan, K. (1991b). Functional Properties of Extrudates from High Starch Fractions of Navy and Pinto Beans and Corn Meal Blended with Legume High Protein Fractions. *Journal of Food Science*, 56(2). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb05297.x>
- Hakim, A. R., Handoyo, W. T., Novianto, T. D., & Prasetyo, A. W. (2019). Effects of Twin-Screw Extruders Condition to Physical Properties of Floating Fish Feed. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 21(2). <https://doi.org/10.22146/jfs.44821>
- Hernández-Díaz, J. R., Quintero-Ramos, A., Barnard, J., & Balandrán-Quintana, R. R.



- (2007). Functional properties of extrudates prepared with blends of wheat flour/pinto bean meal with added wheat bran. *Food Science and Technology International*, 13(4). <https://doi.org/10.1177/1082013207082463>
- Hilton, J. W., Cho, C. Y., & Slinger, S. J. (1981). Effect of extrusion processing and steam pelleting diets on pellet durability, pellet water absorption, and the physiological response of rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Aquaculture*, 25(2–3). [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(81\)90180-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(81)90180-0)
- Hilton, J. W., & Slinger, S. J. (1981). Nutrition and Feeding of Rainbow Trout. *Can Spec Publ Fish Aquat Sci*, 55(November).
- Hodar, R., Vasava, R., Mahavadiya, D., & Josh, N. (2020). Fish meal and fish oil replacement for aqua feed formulation by using alternative sources: a review. *Journal of Experimental Zoology*, 23(1).
- Hoyos-Concha, J. L., Villada-Castillo, H. S., Roa-Acosta, D. F., Fernández-Quintero, A., & Ortega-Toro, R. (2023). Extrusion parameters and physical transformations of an extrudate for fish: Effect of the addition of hydrolyzed protein flour from by-products of *Oncorhynchus mykiss*. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1077274>
- Huang, K., & Nitin, N. (2019). Edible bacteriophage based antimicrobial coating on fish feed for enhanced treatment of bacterial infections in aquaculture industry. *Aquaculture*, 502, 18–25.
- Ikedudu, K., Chukwumanya, E., Swift, O., & Nwokeocha, T. (2015). Design of Pelletizing Machine (Bailling Disc). *International Journal of Mechanics and Manufacturing*, 3(1).
- Irungu, F. G., Mutungi, C. M., Faraj, A. K., Affognon, H., Kibet, N., Tanga, C., Ekesi, S., Nakimbugwe, D., & Fiaboe, K. K. M. (2018). Physico-chemical properties of extruded aquafeed pellets containing black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and adult cricket (*Acheta domesticus*) meals. *Journal of Insects as Food and Feed*, 4(1). <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0008>
- ISO 5983-2. (2009). Animal Feeding Stuffs –Determination of Nitrogen Content and Calculation of Crude Protein Content - Part 2: Block Digestion/Steam Distillation



- Method. In *International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland*.
- Jackson, A. (2006). *The importance of fishmeal and fish oil in aquaculture diets*.
- Kaddour, O. (2018). Factors affecting the floating aquatic feed pellets quality. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 35(3).
<https://doi.org/10.21608/mjae.2018.95579>
- Kaddour, O. (2019). The Effect of Extruder Mechanical Shear and Temperature on Aquatic Feed Pellets Micro Structure and Feed Quality. *Journal of Soil Sciences & Agricultural Engineering*, 10(11), 613–625.
- Kamalam, Rajesh, & Kaushik. (2020). Nutrition and Feeding of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). In *Fish nutrition and its relevance to human health*. Taylor & Francis Group.
- Kamarudin, M. S., de Cruz, C. R., Saad, C. R., Romano, N., & Ramezani-Fard, E. (2018). Effects of extruder die head temperature and pre-gelatinized taro and broken rice flour level on physical properties of floating fish pellets. *Animal Feed Science and Technology*, 236. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.12.007>
- Kasumyan, A. O., & Doving, K. B. (2003). Taste preferences in fishes. *Fish and Fisheries*, 4(4). <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2003.00121.x>
- Kokini, J. L., Lai, I., & Chedid, L. L. (1992). Effect of Starch Structure on Starch Rheological Properties. *Food Technology*, 46(6), 124–139.
- Kraugerud, O. F., Jørgensen, H. Y., & Svihus, B. (2011). Physical properties of extruded fish feed with inclusion of different plant (legumes, oilseeds, or cereals) meals. *Animal Feed Science and Technology*, 163(2–4).
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.11.010>
- Kraugerud, O. F., & Svihus, B. (2011). Effects of online pretreatment of plant ingredients on processing responses and physical properties in extruded fish feed. *Animal Feed Science and Technology*, 168(3–4).
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.089>
- Kumari, M. H., Samatha, K., Balaji, A., & Uma Shankar, M. S. (2013). Recent novel advancements in pellet formulation: A review. *International Journal of*



- Pharmaceutical Sciences and Research*, 4(10).
- Lall, S. P., & Tibbetts, S. M. (2009). Nutrition, Feeding, and Behavior of Fish. In *Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice* (Vol. 12, Issue 2). <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2009.01.005>
- Lamichhane, S., Sahtout, K., Smillie, J., & Scott, T. A. (2015). Vacuum coating of pelleted feed for broilers: Opportunities and challenges. In *Animal Feed Science and Technology* (Vol. 200, Issue 1). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.11.015>
- Liu, K., Frost, J., Welker, T. L., & Barrows, F. T. (2021). Comparison of new and conventional processing methods for their effects on physical properties of fish feed. *Animal Feed Science and Technology*, 273. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114818>
- Lungwitz, S., & Amandus, K. (2021). Saving costs in vacuum coating in the production of aquaculture feeds. *Aquafeed: Advances in Processing & Formulation*, 13(3), 16.
- Ma, S., Wang, H., Li, J., Xue, M., Cheng, H., Qin, Y., & Blecker, C. (2021). Effect of the ratio of wheat flour and cassava and process parameters on the pellet qualities in low starch feed recipe extrusion. *Animal Feed Science and Technology*, 271. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114714>
- Ma, S., Wang, H., Yang, J., Li, J., Xue, M., Cheng, H., Zou, F., & Blecker, C. (2022). Effects of *Clostridium autoethanogenum* protein inclusion levels and processing parameters on the physical properties of low-starch extruded floating feed. *Aquaculture Reports*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101030>
- Maghaydah, S. (2003). *Utilization of fish processing by-products for nutritional formulation of fish feed*. University of Wisconsin-Stout.
- Malgwi, G. S., Abdulkadir, S. A., & Dodo, S. M. (2020). Modification and Performance Evaluation of a Fish Feed Pelletizing Machine. *Arid Zone Journal of Engineering, Technology and Environment*, 16(3).
- Mantilla Mendoza, B. (2004). *Acuicultura: cultivo de truchas en jaulas flotantes en el*



Lago Titicaca. Ediciones Palomino.

- Martin, A., Osen, R., Greiling, A., Karbstein, H. P., & Emin, A. (2019). Effect of rapeseed press cake and peel on the extruder response and physical pellet quality in extruded fish feed. *Aquaculture*, 512. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734316>
- Maulana, M. F., Mauladani, S., Rahmawati, A. I., Ma'Hadah, R., Kamila, M., Syarif, A., Komarudin, Saputra, H. K. H., Junaedi, H., Cahyadi, D., Ahidin, U., Sriherwanto, C., Suja'I, I., Nadaviana, A., Nugroho, D. W., Ikono, R., & Rochman, N. T. (2020). Physical properties and protein content evaluation of fermented floating feed containing black soldier fly maggots as a potential alternative for fish feed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 472(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/472/1/012022>
- MAXIMIXE. (2010). *Elaboración del estudio de mercado de la trucha en Arequipa, Cusco, Lima, Huancayo y Puno*. Ministerio de La Producción. <http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/DGA-PUBLICACIONES/estudio-de-mercado-trucha.pdf>
- McGoogan, B. B., & Gatlin, D. M. (2000). Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus* II. Effects of energy level and nutrient density at various feeding rates. *Aquaculture*, 182(3–4). [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00260-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00260-4)
- Medina, W. T., de la Llera, A. A., Condori, J. L., & Aguilera, J. M. (2011). Physical Properties and Microstructural Changes during Soaking of Individual Corn and Quinoa Breakfast Flakes. *Journal of Food Science*, 76(3). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02054.x>
- Medina, W. T., Quevedo, R. A., & Aguilera, J. M. (2013). Changes on image texture features of breakfast flakes cereals during water absorption. *Food Science and Technology International*, 19(1). <https://doi.org/10.1177/1082013212442182>
- Meng, Threinen, Hansen, & Driedger. (2010). Effects of extrusion conditions on system parameters and physical properties of a chickpea flour-based snack. *Food Research International*, 43(2). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.016>



- Mercier, C. (1980). Structure and Digestibility Alterations of Cereal Starches by Twin Screw Extrusion-Cooking. *American Association of Cereal Chern.*
- Moraes, G., & De Almeida, L. C. (2019). Nutrition and functional aspects of digestion in fish. In *Biology and Physiology of Freshwater Neotropical Fish*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815872-2.00011-7>
- Morais, S. (2017). The Physiology of Taste in Fish: Potential Implications for Feeding Stimulation and Gut Chemical Sensing. In *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture* (Vol. 25, Issue 2). <https://doi.org/10.1080/23308249.2016.1249279>
- Mosibo, O. K., Ferrentino, G., Alam, M. R., Morozova, K., & Scampicchio, M. (2022). Extrusion cooking of protein-based products: potentials and challenges. In *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (Vol. 62, Issue 9). <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1854674>
- Nenciu, F., Voicea, I., Stefan, V., Nae, G., Matache, M., Milian, G., & Arsenoiaia, V. N. (2022). Experimental research on a feed pelletizing equipment designed for small and medium-sized fish farms. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 67(2). <https://doi.org/10.35633/inmateh-67-38>
- NICOVITA. (2020). *Nicovita Classic Truchas*. <https://nicovita.com/wp-content/uploads/2020/07/FT-Nicovita-Classic-Truchas.pdf>
- NRC. (1993). *Nutrient requirements of fish*. National Academy Press.
- NTP-ISO 6496. (2011). *Alimentos para animales. Determinación del contenido de humedad y de otra materia volátil. 2a Edición*.
- Oikonomou, N. A., & Krokida, M. K. (2012). Water absorption index and water solubility index prediction for extruded food products. *International Journal of Food Properties*, 15(1). <https://doi.org/10.1080/10942911003754718>
- Olaoye, S. A., Owosení, O., & Olalusí, A. (2022). Optimization of Some Physical and Functional Properties of Extruded Soybean Crud Residue-Base Floating Fish Feed. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 3(1), 31–50.
- Olusegun, H. D., Adekunle, A. S., Ohijeagbon, I. O., Akande, K. A., & Mohammad, B. G. (2018). Design, fabrication and evaluation of fish meal pelletizing machine.



- Journal of Science and Technology (Ghana)*, 37(1).
<https://doi.org/10.4314/just.v37i1.5>
- Orna Rivas, E. (2010). *Manual de alimento balanceado para truchas*. PRODUCE.
- Pandey, B. (2018). *Pellet technical quality of feeds for Atlantic salmon*. Norwegian University of Life Sciences.
- Pastor-Cavada, E., Drago, S. R., González, R. J., Juan, R., Pastor, J. E., Alaiz, M., & Vioque, J. (2011). Effects of the addition of wild legumes (*Lathyrus annuus* and *Lathyrus clymenum*) on the physical and nutritional properties of extruded products based on whole corn and brown rice. *Food Chemistry*, 128(4).
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.126>
- Refstie, S., Glencross, B., Landsverk, T., Sørensen, M., Lilleeng, E., Hawkins, W., & Krogdahl, Å. (2006). Digestive function and intestinal integrity in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed kernel meals and protein concentrates made from yellow or narrow-leaved lupins. *Aquaculture*, 261(4).
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.07.046>
- Robb, D., & Crampton, V. (2013). On-farm feeding and feed management: perspectives from the fish feed industry. *On-Farm Feeding and Feed Management in Aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 583*.
- Rodríguez-Miranda, J., Ramírez-Wong, B., Vivar-Vera, M. A., Solís-Soto, A., Gómez-Aldapa, C. A., Castro-Rosas, J., Medrano-Roldan, H., & Delgado-Licon, E. (2014). Effect of bean flour concentration (*Phaseolus vulgaris* L.), moisture content and extrusion temperature on the functional properties of aquafeeds. *Revista Mexicana de Ingeniera Química*, 13(3).
- Rokey, G. J., Plattner, B., & De Souza, E. M. (2010). Descrição do processo de extrusão do alimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(SUPPL. 1).
<https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300055>
- Rolfe, L. A., Huff, H. E., & Hsieh, F. (2000). The effect of processing conditions on the quality of extruded catfish feed. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 43(6). <https://doi.org/10.13031/2013.3076>



- Rosentrater, K. A. (2006). Some physical properties of distillers dried grains with solubles (DDGS). *Applied Engineering in Agriculture*, 22(4).
- Rowat, A. C., Sinha, N. N., Sorensen, P. M., Campàs, O., Castells, P., Rosenberg, D., Brenner, M. P., & Weitz, D. A. (2014). The kitchen as a physics classroom. *Physics Education*, 49(5). <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/5/512>
- Samuelson, T. A., Haustveit, G., & Kousoulaki, K. (2022). The use of tunicate (*Ciona intestinalis*) as a sustainable protein source in fish feed – Effects on the extrusion process, physical pellet quality and microstructure. *Animal Feed Science and Technology*, 284. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115193>
- Sarker, P. K. (2023). Microorganisms in Fish Feeds, Technological Innovations, and Key Strategies for Sustainable Aquaculture. In *Microorganisms* (Vol. 11, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020439>
- Seth, D., & Rajamanickam, G. (2012). Development of extruded snacks using soy, sorghum, millet and rice blend - A response surface methodology approach. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(7). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03001.x>
- Shah, A. A. (2003). The effect of extrusion conditions on aggregation of peanut proteins. *Bangalore University*.
- Shankar, T. J., & Bandyopadhyay, S. (2008). Scanning Electron Microscope Study of Fish and Rice Flour Coextrudates. In *Modern Multidisciplinary Applied Microbiology: Exploiting Microbes and Their Interactions*. <https://doi.org/10.1002/9783527611904.ch140>
- Shiau, S. Y., & Lan, C. W. (1996). Optimum dietary protein level and protein to energy ratio for growth of grouper (*Epinephelus malabaricus*). *Aquaculture*, 145(1–4). [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01324-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01324-5)
- Shipton, T. (2021). *Guidelines for feed use in carp and trout production systems in Central Asia and eastern Europe*. FAO Fisheries and Aquaculture Circular.
- Singh, Gamlath, & Wakeling. (2007). Nutritional aspects of food extrusion: A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(8).



<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x>

- Singh, J., McCarthy, O. J., & Singh, H. (2006). Physico-chemical and morphological characteristics of New Zealand Taewa (Maori potato) starches. *Carbohydrate Polymers*, 64(4). <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.11.013>
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2014). Small-scale aquaponic food production. In *FAO Fisheries and Aquaculture*.
- Sørensen, M. (2012). A review of the effects of ingredient composition and processing conditions on the physical qualities of extruded high-energy fish feed as measured by prevailing methods. In *Aquaculture Nutrition* (Vol. 18, Issue 3). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00924.x>
- Sørensen, M., Ljøkjel, K., Storebakken, T., Shearer, K. D., & Skrede, A. (2002). Apparent digestibility of protein, amino acids and energy in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed a fish meal based diet extruded at different temperatures. *Aquaculture*, 211(1–4). [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00887-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00887-0)
- Sørensen, M., Morken, T., Kosanovic, M., & Øverland, M. (2011). Pea and wheat starch possess different processing characteristics and affect physical quality and viscosity of extruded feed for Atlantic salmon. *Aquaculture Nutrition*, 17(2). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00767.x>
- Sørensen, M., Nguyen, G., Storebakken, T., & Øverland, M. (2010). Starch source, screw configuration and injection of steam into the barrel affect the physical quality of extruded fish feed. *Aquaculture Research*, 41(3). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02346.x>
- Sørensen, M., Stjepanovic, N., Romarheim, O. H., Krekling, T., & Storebakken, T. (2009). Soybean meal improves the physical quality of extruded fish feed. *Animal Feed Science and Technology*, 149(1–2). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.05.010>
- Sriherwanto, C., Rahmanisa, H., Yunita, E., Suja'i, I., & Nadaviana, A. (2021). Altering Physical Characteristics of Sinking Fish-Feed through Sub-Optimal Fermentation Using Tempeh Mould without Mechanical Extrusion. *Journal of Physics: Conference Series*, 1751(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1751/1/012047>



- Suma Sullca, Y. (2022). *Optimización del proceso de extrusión 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 arcoíris (oncorhynchus mikyss)*. Universidad Católica de Santa María.
- Susanna, G., Salamandra, L., Brown, T. M., Di Carlo, A., Brunetti, F., & Reale, A. (2011). Airbrush spray-coating of polymer bulk-heterojunction solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 95(7), 1775–1778.
- Torres-Ronda, L., & Schelling I Del Alcázar, X. (2014). The properties of water and their applications for training. *Journal of Human Kinetics*, 44(1). <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0129>
- Tuya, F., Castro, J., Haroun, R., & Viera-Rodriguez, M. (2014). *Dispersión de materia orgánica en granjas de acuicultura : desarrollo de un modelo matemático para garantizar sus sostenibilidad ambiental*.
- Vásquez, W. (2004). Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. *Universidad de Los Llanos*, 2.
- Vásquez, W., Talavera, M., & Inga, M. (2016). Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa - Puno. *Scielo*, 82(1).
- Vassallo, P., Doglioli, A. M., Rinaldi, F., & Beiso, I. (2006). Determination of physical behaviour of feed pellets in Mediterranean water. *Aquaculture Research*, 37(2). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01403.x>
- Wang, H., Ma, S., Yang, J., Qin, Y., Cheng, H., Xue, M., Li, J., & Li, J. (2020). Optimization of the process parameters for extruded commercial sinking fish feed with mixed plant protein sources. *Journal of Food Process Engineering*, 44(1), 13599.
- Welker, T., Overturf, K., Snyder, S., Liu, K., Abernathy, J., Frost, J., & Barrows, F. (2018). 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*, 30(2), 97–124.

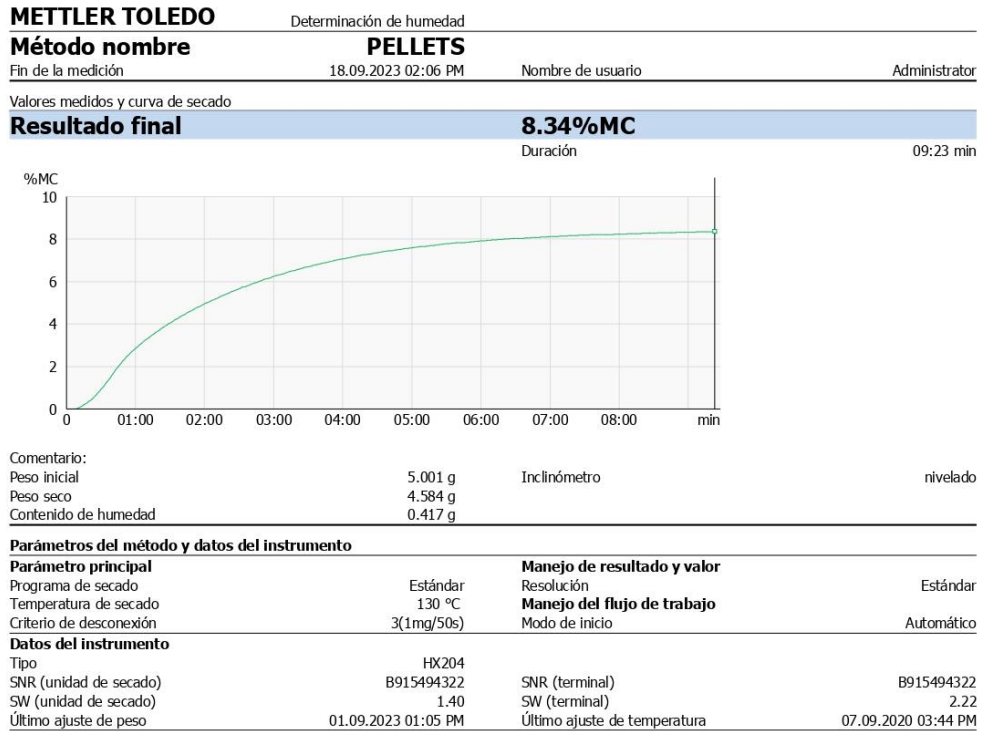


- Xie, F., Yu, L., Su, B., Liu, P., Wang, J., Liu, H., & Chen, L. (2009). Rheological properties of starches with different amylose/amylopectin ratios. *Journal of Cereal Science*, 49(3). <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.01.002>
- Yavuzcan, H., Robaina, L., Pirhonen, J., Mente, E., Domínguez, D., & Parisi, G. (2017). Fish welfare in aquaponic systems: Its relation to water quality with an emphasis on feed and faeces-A review. In *Water (Switzerland)* (Vol. 9, Issue 1). <https://doi.org/10.3390/w9010013>
- Yoshitomi, B. (2004). Effect of extrusion cooking temperature on the microstructure of extruded pellets. *Fisheries Science*, 70(6), 1157–1163.
- Yucra, M. (2021). *Efecto de la alimentación de truchas comerciales oncorhynchus mykiss walb con dietas de ensilados biológicos producidos a partir de vísceras de trucha*. Universidad Nacional del Altiplano.



ANEXOS

Anexo 1: Resultado del contenido de humedad inicial de la mezcla de ingredientes





Anexo 2: Análisis de varianza de las propiedades físico-funcionales

Anexo 2.1: ANOVA de la flotabilidad de los alimentos flotantes extruidos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Modelo	35	59003.2	1685.8	14.57	0.000	
Lineal	6	38924.5	6487.4	56.06	0.000	**
Temperatura (°C)	2	2736.6	1368.3	11.82	0.000	**
Velocidad de tornillo (rpm)	2	2505.4	1252.7	10.82	0.000	**
Humedad (%)	1	33425.2	33425.2	288.82	0.000	ns
Recubrimiento	1	257.2	257.2	2.22	0.140	ns
Interacciones de 2 términos	13	11271.5	867.0	7.49	0.000	**
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)	4	3204.7	801.2	6.92	0.000	**
Temperatura (°C)*Humedad (%)	2	7223.1	3611.6	31.21	0.000	ns
Temperatura (°C)*Recubrimiento	2	144.0	72.0	0.62	0.540	ns
Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)	2	478.4	239.2	2.07	0.134	ns
Velocidad de tornillo (rpm)*Recubrimiento	2	128.7	64.3	0.56	0.576	ns
Humedad (%)*Recubrimiento	1	92.6	92.6	0.80	0.374	ns
Interacciones de 3 términos	12	7063.1	588.6	5.09	0.000	**
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)	4	5725.7	1431.4	12.37	0.000	ns
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Recubrimiento	4	396.1	99.0	0.86	0.495	ns
Temperatura (°C)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	185.1	92.6	0.80	0.453	*
Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	756.2	378.1	3.27	0.044	**
Interacciones de 4 términos	4	1744.1	436.0	3.77	0.008	**
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	4	1744.1	436.0	3.77	0.008	**
Error	72	8332.7	115.7			
Total	107	67335.9				

Nota: ns, no significativo; *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$



Anexo 2.2: ANOVA de la DA de los alimentos flotantes extruidos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Modelo	35	112,417	0.032119	16.12	0.000	
Lineal	6	0.25935	0.043225	21.70	0.000	**
Temperatura (°C)	2	0.04027	0.020135	10.11	0.000	**
Velocidad de tornillo (rpm)	2	0.11376	0.056880	28.55	0.000	**
Humedad (%)	1	0.10317	0.103169	51.79	0.000	**
Recubrimiento	1	0.00215	0.002151	1.08	0.302	ns
Interacciones de 2 términos	13	0.52548	0.040422	20.29	0.000	**
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)	4	0.07436	0.018591	9.33	0.000	**
Temperatura (°C)*Humedad (%)	2	0.30113	0.150566	75.58	0.000	**
Temperatura (°C)*Recubrimiento	2	0.02633	0.013166	6.61	0.002	**
Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)	2	0.04826	0.024130	12.11	0.000	**
Velocidad de tornillo (rpm)*Recubrimiento	2	0.00008	0.000040	0.02	0.980	ns
Humedad (%)*Recubrimiento	1	0.07531	0.075314	37.81	0.000	**
Interacciones de 3 términos	12	0.28931	0.024109	12.10	0.000	**
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)	4	0.20154	0.050385	25.29	0.000	ns
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Recubrimiento	4	0.02748	0.006869	3.45	0.012	**
Temperatura (°C)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	0.03241	0.016207	8.14	0.001	**
Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	0.02788	0.013939	7.00	0.002	**
Interacciones de 4 términos	4	0.05002	0.012506	6.28	0.000	**
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	4	0.05002	0.012506	6.28	0.000	**
Error	72	0.14343	0.001992			
Total	107	126,760				

Nota: ns, no significativo; *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$



Anexo 2.3: ANOVA de la RE de los alimentos flotantes extruidos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Modelo	35	0.764711	0.021849	41.94	0.000	
Lineal	6	0.740216	0.123369	236.80	0.000	**
Temperatura (°C)	2	0.616373	0.308187	591.54	0.000	**
Velocidad de tornillo (rpm)	2	0.116778	0.058389	112.07	0.000	**
Humedad (%)	1	0.007008	0.007008	13.45	0.000	ns
Recubrimiento	1	0.000056	0.000056	0.11	0.743	ns
Interacciones de 2 términos	13	0.013445	0.001034	1.99	0.034	ns
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)	4	0.002209	0.000552	1.06	0.383	*
Temperatura (°C)*Humedad (%)	2	0.004477	0.002239	4.30	0.017	ns
Temperatura (°C)*Recubrimiento	2	0.000108	0.000054	0.10	0.902	**
Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)	2	0.006284	0.003142	6.03	0.004	ns
Velocidad de tornillo (rpm)*Recubrimiento	2	0.000362	0.000181	0.35	0.708	ns
Humedad (%)*Recubrimiento	1	0.000006	0.000006	0.01	0.913	ns
Interacciones de 3 términos	12	0.011004	0.000917	1.76	0.072	**
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)	4	0.010680	0.002670	5.12	0.001	ns
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Recubrimiento	4	0.000135	0.000034	0.06	0.992	ns
Temperatura (°C)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	0.000149	0.000075	0.14	0.867	ns
Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	0.000039	0.000020	0.04	0.963	ns
Interacciones de 4 términos	4	0.000046	0.000012	0.02	0.999	ns
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	4	0.000046	0.000012	0.02	0.999	ns
Error	72	0.037511	0.000521			
Total	107	0.802222				

Nota: ns, no significativo; *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$



Anexo 2.4: ANOVA del VE de los alimentos flotantes extruidos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	35	71,915	0.205472	31.28	0.000
Lineal	6	17,267	0.287786	43.82	0.000 **
Temperatura (°C)	2	0.1935	0.096748	14.73	0.000 **
Velocidad de tornillo (rpm)	2	0.8976	0.448812	68.33	0.000 **
Humedad (%)	1	0.3322	0.332223	50.58	0.000 **
Recubrimiento	1	0.3034	0.303372	46.19	0.000 **
Interacciones de 2 términos	13	18,548	0.142678	21.72	0.000 **
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)	4	0.1886	0.047152	7.18	0.000 **
Temperatura (°C)*Humedad (%)	2	10,181	0.509058	77.50	0.000 **
Temperatura (°C)*Recubrimiento	2	0.2169	0.108426	16.51	0.000 **
Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)	2	0.1194	0.059719	9.09	0.000 **
Velocidad de tornillo (rpm)*Recubrimiento	2	0.1842	0.092105	14.02	0.000 **
Humedad (%)*Recubrimiento	1	0.1276	0.127583	19.42	0.000 **
Interacciones de 3 términos	12	34,839	0.290327	44.20	0.000 **
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)	4	17,522	0.438044	66.69	0.000 **
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Recubrimiento	4	0.7301	0.182521	27.79	0.000 **
Temperatura (°C)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	0.7976	0.398799	60.72	0.000 **
Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	0.2041	0.102034	15.53	0.000 **
Interacciones de 4 términos	4	0.1261	0.031518	4.80	0.002 **
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	4	0.1261	0.031518	4.80	0.002 **
Error	72	0.4729	0.006568		
Total	107	76,644			

Nota: ns, no significativo; *, p<0.05; **, p<0.01



Anexo 2.5: ANOVA del IAA de los alimentos flotantes extruidos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Modelo	37	90,431	0.24441	9.38	0.000	
Lineal	6	75,279	125,465	48.13	0.000	**
Temperatura (°C)	2	74,481	372,406	142.87	0.000	ns
Velocidad de tornillo (rpm)	2	0.0790	0.03952	1.52	0.227	ns
Humedad (%)	1	0.0001	0.00015	0.01	0.940	ns
Recubrimiento	1	0.0006	0.00061	0.02	0.879	ns
Interacciones de 2 términos	13	0.8198	0.06306	2.42	0.009	**
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)	4	0.4616	0.11541	4.43	0.003	ns
Temperatura (°C)*Humedad (%)	2	0.1126	0.05631	2.16	0.123	ns
Temperatura (°C)*Recubrimiento	2	0.0532	0.02659	1.02	0.366	ns
Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)	2	0.0480	0.02399	0.92	0.403	ns
Velocidad de tornillo (rpm)*Recubrimiento	2	0.0824	0.04120	1.58	0.213	ns
Humedad (%)*Recubrimiento	1	0.0619	0.06192	2.38	0.128	ns
Interacciones de 3 términos	12	0.5359	0.04466	1.71	0.082	ns
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)	4	0.1279	0.03199	1.23	0.307	*
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Recubrimiento	4	0.2983	0.07458	2.86	0.030	ns
Temperatura (°C)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	0.0496	0.02482	0.95	0.391	ns
Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	0.0600	0.02999	1.15	0.322	ns
Interacciones de 4 términos	4	0.1440	0.03600	1.38	0.249	ns
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	4	0.1440	0.03600	1.38	0.249	ns
Error	70	18,246	0.02607			
Total	107	108,677				

Nota: ns, no significativo; *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$



Anexo 2.6: ANOVA del ISA de los alimentos flotantes extruidos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	37	154,038	41,632	127.36	0.000
Lineal	6	152,042	253,403	775.20	0.000
Temperatura (°C)	2	151,756	758,782	2321.24	0.000 **
Velocidad de sedimentación (rpm)	2	0.243	0.1217	3.72	0.029 *
Humedad (%)	1	0.042	0.0420	1.29	0.261 ns
Recubrimiento	1	0.000	0.0000	0.00	0.972 ns
Interacciones de 2 términos	13	0.796	0.0612	1.87	0.049
Temperatura (°C)*Velocidad de sedimentación (rpm)	4	0.199	0.0497	1.52	0.205 ns
Temperatura (°C)*Humedad (%)	2	0.121	0.0606	1.85	0.164 ns
Temperatura (°C)*Recubrimiento	2	0.056	0.0281	0.86	0.428 ns
Velocidad de sedimentación (rpm)*Humedad (%)	2	0.301	0.1505	4.60	0.013 *
Velocidad de sedimentación (rpm)*Recubrimiento	2	0.119	0.0593	1.82	0.170 ns
Humedad (%)*Recubrimiento	1	0.000	0.0001	0.00	0.967 ns
Interacciones de 3 términos	12	0.798	0.0665	2.03	0.034
Temperatura (°C)*Velocidad de sedimentación (rpm)*Humedad (%)	4	0.523	0.1307	4.00	0.006 **
Temperatura (°C)*Velocidad de sedimentación (rpm)*Recubrimiento	4	0.182	0.0455	1.39	0.245 ns
Temperatura (°C)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	0.060	0.0299	0.92	0.405 ns
Velocidad de sedimentación (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	0.033	0.0165	0.51	0.606 ns
Interacciones de 4 términos	4	0.220	0.0551	1.68	0.163
Temperatura (°C)*Velocidad de sedimentación (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	4	0.220	0.0551	1.68	0.163 ns
Error	70	2,288	0.0327		
Total	107	156,326			

Nota: ns, no significativo; *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$



Anexo 2.7: ANOVA del TFE de los alimentos flotantes extruidos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Modelo	37	152451	4120.3	134.38	0.000	
Bloques	2	240	119.9	3.91	0.025	
Lineal	6	61050	10175.0	331.85	0.000	**
Temperatura (°C)	2	948	473.8	15.45	0.000	**
Velocidad de tornillo (rpm)	2	12748	6374.0	207.88	0.000	**
Humedad (%)	1	45644	45644.0	1488.64	0.000	**
Recubrimiento	1	1711	1710.6	55.79	0.000	**
Interacciones de 2 términos	13	36763	2827.9	92.23	0.000	**
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)	4	2419	604.7	19.72	0.000	**
Temperatura (°C)*Humedad (%)	2	26029	13014.3	424.45	0.000	**
Temperatura (°C)*Recubrimiento	2	2976	1488.0	48.53	0.000	**
Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)	2	2571	1285.4	41.92	0.000	**
Velocidad de tornillo (rpm)*Recubrimiento	2	1489	744.7	24.29	0.000	**
Humedad (%)*Recubrimiento	1	1279	1279.4	41.73	0.000	**
Interacciones de 3 términos	12	44013	3667.8	119.62	0.000	**
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)	4	37100	9275.0	302.49	0.000	**
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Recubrimiento	4	3300	824.9	26.90	0.000	**
Temperatura (°C)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	1835	917.3	29.92	0.000	**
Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	1779	889.6	29.01	0.000	**
Interacciones de 4 términos	4	10385	2596.1	84.67	0.000	**
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	4	10385	2596.1	84.67	0.000	**
Error	70	2146	30.7			
Total	107	154597				

Nota: ns, no significativo; *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$



Anexo 2.8. ANOVA de la VSE de los alimentos flotantes extruidos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Modelo	37	180,223	0.48709	13.61	0.000	
Lineal	6	81,356	135,594	37.88	0.000	
Temperatura (°C)	2	0.1194	0.05968	1.67	0.196	ns
Velocidad de tornillo (rpm)	2	0.9372	0.46858	13.09	0.000	**
Humedad (%)	1	70,446	704,465	196.80	0.000	**
Recubrimiento	1	0.0345	0.03445	0.96	0.330	ns
Interacciones de 2 términos	13	34,057	0.26198	7.32	0.000	
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)	4	11,142	0.27856	7.78	0.000	**
Temperatura (°C)*Humedad (%)	2	16,008	0.80041	22.36	0.000	**
Temperatura (°C)*Recubrimiento	2	0.1550	0.07751	2.17	0.122	ns
Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)	2	0.1765	0.08824	2.47	0.092	ns
Velocidad de tornillo (rpm)*Recubrimiento	2	0.3540	0.17701	4.94	0.010	*
Humedad (%)*Recubrimiento	1	0.0051	0.00511	0.14	0.707	ns
Interacciones de 3 términos	12	41,006	0.34171	9.55	0.000	
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)	4	30,331	0.75828	21.18	0.000	**
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Recubrimiento	4	0.4472	0.11179	3.12	0.020	*
Temperatura (°C)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	0.3576	0.17879	4.99	0.009	**
Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	2	0.2627	0.13136	3.67	0.031	*
Interacciones de 4 términos	4	17,387	0.43468	12.14	0.000	
Temperatura (°C)*Velocidad de tornillo (rpm)*Humedad (%)*Recubrimiento	4	17,387	0.43468	12.14	0.000	ns
Error	70	25,058	0.03580			
Total	107	205,281				

Nota: ns, no significativo; *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$



Anexo 3: ANOVA y comparaciones LSD-Fisher de los alimentos flotantes extruidos y alimentos comerciales

Anexo 3.1: ANOVA y comparaciones LSD-Fisher de las propiedades físico-funcionales

Anexo 3.1.1: Flotabilidad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	36000	9000	*	*
Error	10	0	0		
Total	14	36000			

Anexo 3.1.2: Densidad aparente

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	0.474036	0.118509	146.05	0
Error	10	0.008114	0.000811		
Total	14	0.48215			

Tratamiento	N	Media	Agrupación
AC-2	3	1.201	A
AC-1	3	1.12767	B
EXR-4	3	0.8727	C
EX-4	3	0.82867	C
EX-10	3	0.743	D

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 3.1.3: Relación de expansión

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	0.24809	0.062023	18.91	0
Error	10	0.0328	0.00328		
Total	14	0.28089			



Tratamiento	N	Media	Agrupación
EX-10	3	1.3233	A
EX-4	3	1.3133	A
EXR-4	3	1.31	A
AC-2	3	1.06	B
AC-1	3	1.0467	B

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 3.1.4: Volumen específico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	7.27083	1.81771	2070.86	0
Error	10	0.00878	0.00088		
Total	14	7.27961			

Tratamiento	N	Media	Agrupación
EX-10	3	2.5467	A
EX-4	3	2.18	B
EXR-4	3	1.8033	C
AC-2	3	0.86723	D
AC-1	3	0.81167	E

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 3.1.5: Índice de solubilidad en agua

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	7.63693	1.90923	439.73	0
Error	10	0.04342	0.00434		
Total	14	7.68034			

Tratamiento	N	Media	Agrupación
AC-2	3	4.2367	A
AC-1	3	4.05867	B
EXR-4	3	3.122	C
EX-4	3	3.0963	C
EX-10	3	2.2817	D

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 3.1.6: Índice de solubilidad en agua

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	4.6698	1.16745	1382.14	0
Error	10	0.00845	0.00084		
Total	14	4.67824			

Tratamiento	N	Media	Agrupación
AC-1	3	13.9487	A
AC-2	3	13.8777	B
EXR-4	3	13.1693	C
EX-4	3	13.1403	C
EX-10	3	12.428	D

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 3.1.7: Tiempo de flotación

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	9	63952.8	7105.86	1363.18	0
Error	20	104.3	5.21		
Total	29	64057			

Tratamiento	N	Media	Agrupación
EX-10 (E)	3	112.897	A
EXR-4 (E)	3	109.112	A B
EX-4 (E)	3	105.88	B
EX-10 (T)	3	73.962	C
EXR-4 (T)	3	62.68	D
EX-4 (T)	3	57.7	E
AC-2 (T)	3	0	F
AC-2 (E)	3	0	F
AC-1 (T)	3	0	F
AC-1 (E)	3	0	F

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 3.1.8: Velocidad de sedimentación

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	9	262.335	29.1483	145.95	0
Error	20	3.994	0.1997		
Total	29	266.329			

Tratamiento	N	Media	Agrupación
AC-1 (T)	3	8.92	A
AC-1 (E)	3	8.761	A
AC-2 (T)	3	6.762	B
AC-2 (E)	3	6.451	B
EX-4 (E)	3	2.1333	C
EX-10 (E)	3	2.004	C
EXR-4 (E)	3	1.8387	C
EX-4 (T)	3	1.8383	C
EX-10 (T)	3	1.7773	C
EXR-4 (T)	3	1.628	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 3.2: ANOVA y comparaciones LSD-Fisher de la composición proximal

Anexo 3.2.1: Contenido de humedad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	15.0348	3.75869	142.11	0
Error	5	0.1322	0.02645		
Total	9	15.167			

Tratamiento	N	Media	Agrupación
EX-10	2	13.39	A
EX-4	2	13.295	A
EXR-4	2	12.35	B
AC-2	2	12	B
AC-1	2	10	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 3.2.2: Contenido de grasa

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	291.316	72.8291	787.77	0
Error	5	0.462	0.0924		
Total	9	291.779			

Tratamiento	N	Media	Agrupación
AC-2	2	15	A
AC-1	2	13	B
EXR-4	2	4.11	C
EX-10	2	2.835	D
EX-4	2	2.41	D

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

Anexo 3.2.3: Contenido de proteína

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	20.883	5.221	5.15	0.051
Error	5	5.067	1.013		
Total	9	25.95			

Tratamiento	N	Media	Agrupación
AC-2	2	42	A
AC-1	2	42	A
EX-10	2	40.805	A B
EX-4	2	39.225	B
EXR-4	2	38.445	B

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 3.3: ANOVA y comparaciones LSD-Fisher del porcentaje de porosidad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	197.03	98.517	15.4	0.026
Error	3	19.19	6.396		
Total	5	216.22			



Tratamiento	N	Media	Agrupación
EX-4	2	61.885	A
EXR-4	2	57.31	A
EX-10	2	48.11	B

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 3.4: ANOVA y comparaciones LSD-Fisher del tiempo de arribo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	5	2117	423.3	0.33	0.892
Error	24	31120	1296.7		
Total	29	33236			

Tratamiento	N	Media	Agrupación
EX-4 (T)	5	99.2	A
EX-4 (M)	5	97.9	A
EX-10 (T)	5	83.4	A
EXR-4 (T)	5	81.7	A
EX-10 (M)	5	79.9	A
EXR-4 (M)	5	78.9	A

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



Anexo 4: Resultados de la composición proximal



INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-20418

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-63649	M-23-63650	M-23-63651			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	ALIMENTO EXTRUIDO PARATRUCHAS TRATAMIENTO FINAL 1(TF1)	ALIMENTO EXTRUIDO PARATRUCHAS TRATAMIENTO FINAL 2(TF2)	ALIMENTO EXTRUIDO PARATRUCHAS TRATAMIENTO FINAL 3(TF3)			
PRODUCTO:	ALIMENTO BALANCEADO	ALIMENTO BALANCEADO	ALIMENTO BALANCEADO			
SUB PRODUCTO:	Alimento para animales	Alimento para animales	Alimento para animales			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA):	22-09-2023	22-09-2023	22-09-2023			
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA):	22-09-2023	22-09-2023	22-09-2023			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Grasa - AOAC 920.39 (**)	%	0,00	0,00	2,84	2,41	4,11
Humedad - NTP-ISO 6496 (**)	%	0,00	0,00	13,39	13,30	12,35
Proteínas ISO-5983-2 (**)	%	0,00	0,00	40,81	39,23	38,45


(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.


Jair Borix LozanoChávez
Supervisor


Veronica Millones Niquen
Coordinadora Laboratorio Alimentos
CIP: 111015

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0756
Cel.: 977 516 675 / 940 598 572

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz. D2 Lt. 3,
Bellavista - Callao
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 937 111 379 / 940 598 572

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz E Lt. 9,
Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642 / 940 598 572

SEDE PIURA
Urb. Miraflores Mz. G Lt. 17,
Castilla - Piura
Telf.: (+073) 542 335
Cel.: 919 475 133 / 940 598 572

Pág. 3 de 3

www.alab.com.pe

Anexo 5: Galería de fotos



Determinación del contenido de humedad utilizando un analizador halógeno de humedad (Mettler Toledo HX204, España).



Temperatura en la cuarta zona de extrusión a 110 °C



Extrusora de doble husillo (Brabender TwinLab-F 20/40, Alemania)
acondicionada para su posterior utilización



Acondicionamiento de la batería de tamices (Retsch, Alemania)



Secado a temperatura ambiente de los alimentos extruidos con recubrimiento



Prueba de flotabilidad de los tratamientos EX-6, EX-7, EX-8, EX-9 y EX-10



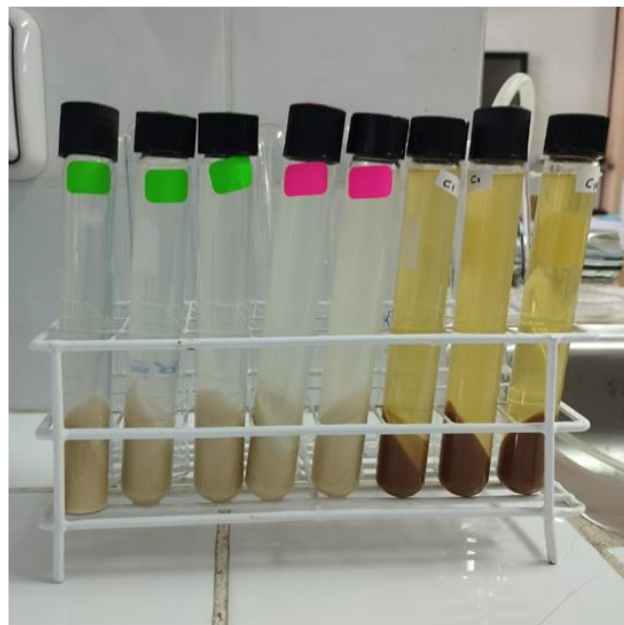
Prueba de densidad aparente del tratamiento EX-5 y del AC-2



Acondicionamiento del Molino de rotor (Fritsch, Pulverisette 14, Alemania)



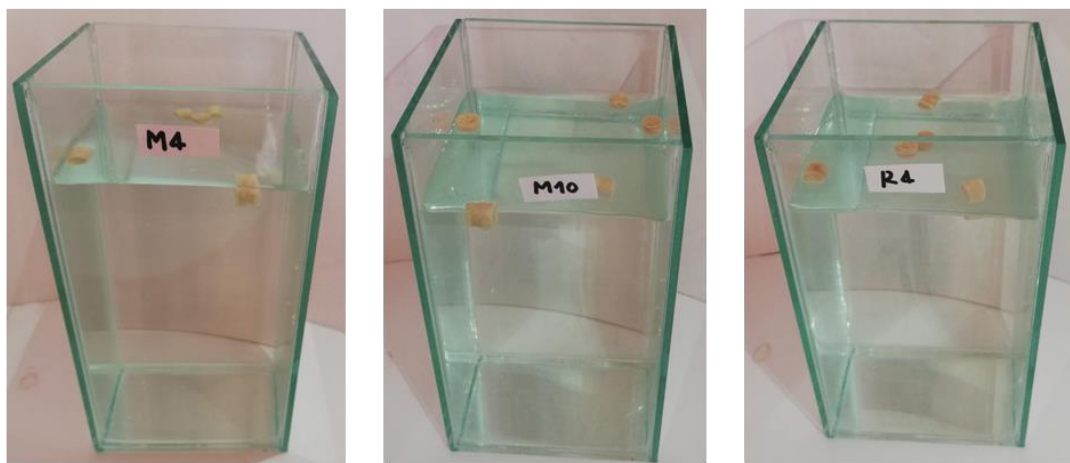
Alimentos extruidos seleccionados y alimentos comerciales pulverizados



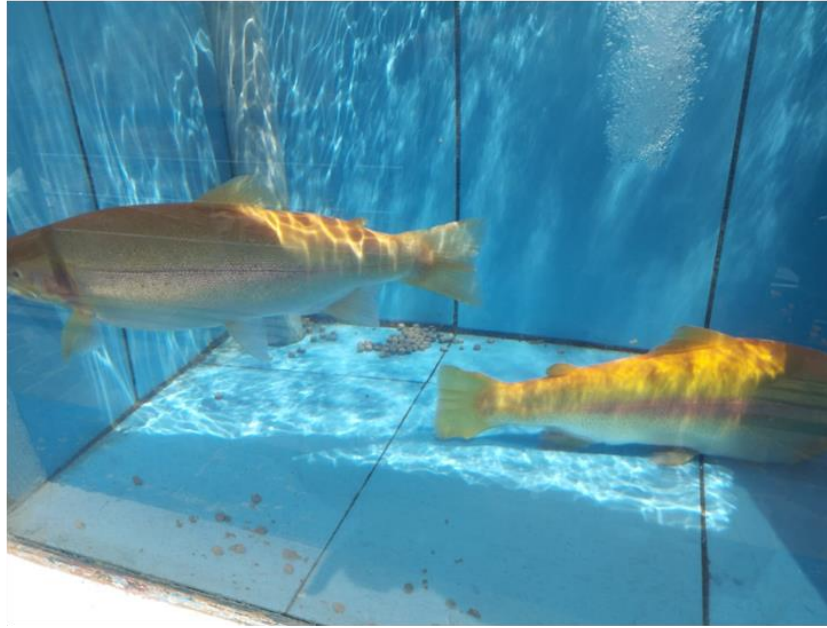
Alimentos extruidos seleccionados y alimentos comerciales previamente centrifugados



Prueba de velocidad de sedimentación en condiciones estacionarias de los alimentos extruidos seleccionados



Prueba de velocidad de sedimentación en condiciones estacionarias de los alimentos extruidos seleccionados después de 48 h



Alimento disponible comercialmente sedimentado en los acuarios



Consumo del alimento flotante extruido por las truchas juveniles



Anexo 6: Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Gumer Elena Alanoca Ceapa
identificado con DNI 74812021 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agroindustrial

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ Elaboración de un alimento flotante extruido para truchas juveniles como una alternativa a utilizar en la industria acuícola ”

Es un tema original.

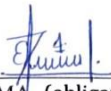
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 24 de Enero del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Mirella Alejandra Ramírez Mejía,
identificado con DNI 72384063 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Agroindustrial

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"Elaboración de un alimento flotante extruido para frutas juveniles como una alternativa a utilizar en la industria avícola"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 24 de Enero del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



Anexo 7: Autorización para el depósito de tesis en el repositorio institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Gumer Elena Alanoca Coopa,
identificado con DNI 74812024 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agroindustrial

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ Elaboración de un alimento flotante extruido para truchas juveniles como una alternativa a utilizar en la industria acuícola ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mio; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 24 de Enero del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Mirella Alejandra Ramírez Mejía,
identificado con DNI 72384063 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agroindustrial

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ Elaboración de un alimento flotante extruido para truchas juveniles como una alternativa a utilizar en la industria acuícola ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mio; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefnida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 24 de Enero del 2024


FIRMA (obligatoria)


Huella