

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA
MOLINA**

FACULTAD DE PESQUERÍA



**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL SISTEMA BASIC
EN LA ALIMENTACIÓN DURANTE LA ENGORDA DE LA
TRUCHA ARCOIRIS (*Oncorhynchus mykiss*)”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO**

CARLOS JOSEPH LORA FALCON

LIMA – PERÚ

2024

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL SISTEMA BASIC EN LA ALIMENTACIÓN DURANTE LA ENGORDA DE LA TRUCHA ARCOIRIS (*Oncorhynchus mykiss*)

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina Trabajo del estudiante	<1%
3	repositorio.unica.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	Submitted to CONACYT Trabajo del estudiante	<1%
5	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	<1%
6	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	doczz.com.br	

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERÍA

**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL SISTEMA BASIC
EN LA ALIMENTACIÓN DURANTE LA ENGORDA DE LA
TRUCHA ARCOIRIS (*Oncorhynchus mykiss*)”**

Presentado por:

CARLOS JOSEPH LORA FALCON

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de:

INGENIERO PESQUERO

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

M. Sc. Anibal Severo Verástegui Maita
Presidente

Dra. Verónica Anamaria Sierralta Chichizola
Miembro

Mg. Sc. Elsa Victoria Vega Galarza
Miembro

M. Univ. Fernando Santiago Galecio Regalado
Asesor

Lima-Perú
2024

DEDICATORIA

*A mi familia por los consejos sagrados y
el apoyo incondicional.*

AGRADECIMIENTOS

- A mis padres, quienes participaron de todo este proceso con consejos y motivación.
- Al profesor Fernando Galecio por sus conocimientos, actitud y pasión que tiene para con el sector acuícola y sobre todo por la disposición de compartir estos con todos los interesados.
- A mi persona, por el esfuerzo y dedicación que pongo en todos mis proyectos.

ÍNDICE GENERAL

Índice General	i
Índice de Tablas	iii
Índice de Figuras	iv
Índice de Anexos	v
Resumen	vi
Summary	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Características de la trucha	3
2.1.1 Clasificación taxonómica	3
2.1.2 Hábitat	3
2.1.3 Potencialidades de cultivo	4
2.1.4 Crianza	4
2.2 Etapas de cultivo	5
2.2.1 Etapa de alevinaje	5
2.2.2 Etapa de Juveniles	5
2.2.3 Engorde	5
2.3 Estructuras de cultivo	6
2.3.1 Cultivo en estanques	6
2.3.2 Cultivo en jaulas flotantes	7
2.4 Cepas de cultivo	7
2.4.1 Ceba Troutlodge	8
2.4.2 Ceba Troutex	8
2.4.3 Ceba Nacional	10
2.5 Tipos de alimentadoras para peces	10
2.5.1 Sistema de alimentación manual	11
2.5.2 Sistema de alimentación semiautomático	11

2.5.3 Sistema de alimentación centralizada automatizada	11
2.5.4 Sistema de alimentación centralizado básico	14
III. DESARROLLO DEL TRABAJO	16
3.1 Actividades desarrolladas	16
3.1.1 Medición de parámetros físicos	16
3.1.2 Avistamiento de la actividad de los peces	16
3.1.3 Muestreo de peces	17
3.1.4 Extracción de mortalidad	17
3.1.5 Desdobles	18
3.1.6 Suministro de alimento	18
3.2 Parámetros productivos	19
3.2.1 Tasa de conversión alimenticia o Feed Conversion Rate (FCR)	19
3.2.2 Tasa específica de crecimiento o Specific Growth Rate (SGR)	20
3.2.3 Tasa específica de alimentación o Specific Feeding Rate (SFR)	20
3.2.4 Porcentaje de mortalidad	20
3.2.5 Coeficiente de variación (C.V.)	21
3.3 Propuesta para la solución del problema encontrado	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
V. CONCLUSIONES	27
VI. RECOMENDACIONES	28
VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	29
VIII. ANEXO	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número, peso y días alimentados por sistemas de alimentación	23
Tabla 2. Número, peso, FCR _e , FCR _b y %C.V. por sistemas de alimentación	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del sistema Basic	15
Figura 2. Porcentaje de SGR y Mortalidad por alimentadora en la etapa de engorde	23
Figura 3. Diferencias de FCR _e por cada tipo de alimentadora en la etapa de engorde	25

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Máquina alimentadora (Blower)	32
Anexo 2. Diseño del sistema de alimentación automatizado central	32
Anexo 3. Blower Kaezer	33
Anexo 4. Enfriadora de aire	33
Anexo 5. Válvula dosificadora	34
Anexo 6. Válvulas selectoras	34
Anexo 7. Sensores CAP	35
Anexo 8. Cámara submarina	35
Anexo 9. Dispensores de alimento	36
Anexo 10. Guillotinas – Sistema Basic	36
Anexo 11. Panel de Control – Sistema Basic	37
Anexo 12. Tolva de recepción	37

RESUMEN

Los paquetes tecnológicos en la acuicultura peruana son muy limitados, sin embargo, se tienen experiencias de otros cultivos como la salmonicultura en donde se identifican avances en los sistemas de alimentación, por ello, se procedió a probar el rendimiento del sistema semiautomático centralizado (Basic) en comparación con el sistema convencional (solo blower) por un periodo de seis meses en un centro de cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) ubicado en la zona altoandina del Perú a más de 4000 m.s.n.m. Para ello se utilizaron 2 jaulas en la etapa de engorde: P1 alimentada con el sistema convencional solo blower y P2 alimentada con el sistema Basic (blower y dispersores), con una dimensión por jaula de 30x30 m², utilizando para ambas la misma cepa productiva (Trachsel o troutex); por otro lado, la cantidad de peces iniciales fueron para P1=44677 unid. y P2=44482 unid., con pesos promedios iniciales de WPP1=1159.74 g. y WPP2=1058.78 g. y un coeficiente de variación (C.V.) de P1=17% y P2=16%. Para evaluar el rendimiento se consideraron los siguientes factores e indicadores: horas/hombre, tiempos operacionales y esfuerzo o intervención humana, siendo estas unas de las ventajas que te ofrece el sistema Basic; de igual forma, los indicadores productivos evaluados (FCR, SGR, porcentaje de mortalidad y C.V.) en las jaulas P1 y P2 que tuvieron como resultado un FCR de 1.14 para la jaula P2 en comparación con el resultado de la P1 que fue de 1.23, también se registraron picos altos de SGR de 1.04% y 0.67% para los meses de junio y agosto en la jaula P2 indicando que existía una mayor aceptabilidad del alimento. Además, los valores del C.V. para las jaulas P1 y P2 fueron 23 % y 19 % respectivamente. Respecto al porcentaje de mortalidad, se demostró que las diferencias entre ambas jaulas eran mínimas; no se encontró alguna correlación entre un sistema de alimentación y la producción de mortalidad.

Palabras clave: Rendimiento, Basic, trucha arcoíris.

SUMMARY

The technological packages in Peruvian aquaculture are very limited; however, there are experiences from other crops, such as salmon farming, where advances in feeding systems are identified; therefore, the performance of the centralized semi-automatic system (Basic) was tested. compared to the conventional system (blower only) for a period of six months in a rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farming center located in the high Andean zone of Peru at more than 4000 meters above sea level. For this, 2 cages were used in the fattening stage: P1 fed with the conventional blower-only system and P2 fed with the basic system (blower and dispersers), with a size per cage of 30x30 m², using the same productive strain for both (Trachsel or troutex); On the other hand, the initial quantity of fish was P1 = 44677 units. and P2 = 44482 units, with initial average weights of WPP1 = 1159.74 g and WPP2 = 1058.78 g and a coefficient of variation (C.V.) of P1 = 17% and P2 = 16%. To evaluate performance, the following factors and indicators were considered: man-hours, operational times, and human effort or intervention. These are some of the advantages that the basic system offers you: Likewise, the productive indicators evaluated (FCR, SGR, mortality percentage, and C.V.) in cages P1 and P2 resulted in a FCR of 1.14 for cage P2 compared to the result of P1, which was 1.23. High SGR peaks of 1.04% and 0.67% were also recorded for the months of June and August in cage P2, indicating that there was greater acceptability of the food. Furthermore, the values of the C.V. for cages P1 and P2 were 23% and 19%, respectively. Regarding the percentage of mortality, it was shown that the differences between both cages were minimal; no correlation was found between a feeding system and the production of mortality.

Keywords: Performance, Basic, rainbow trout.

I. INTRODUCCION

La acuicultura viene siendo una alternativa para la seguridad alimentaria; esto se ve reflejado en los incrementos de producción según la FAO (2022) se obtuvo una producción de 87.5 millones de toneladas en el 2020 (equivalente en peso vivo), notándose un crecimiento del 2.6% del año anterior, por ello, la inversión e investigación en este sector sigue siendo de vital importancia, a fin de conseguir un mejor desarrollo productivo y económico. Con respecto a Perú, la tecnología utilizada en el cultivo de trucha arcoíris presenta varios años de retraso a diferencia de países potencia en dicho rubro tales como Chile, Noruega, etc. Debido a ello, es indispensable la modernización de los paquetes técnicos, ya que mejorará la operatividad y eficiencia de su cultivo.

El sistema BASIC o de alimentación semiautomática centralizado utiliza dispersores de alimento (rotaries), los cuales son una buena alternativa que reduce la mano de obra, mejora la operatividad y los indicadores de producción: tasa específica de crecimiento (SGR), tasa específica de alimentación (SFR) y factor de conversión alimenticia (FCR), reflejándose en el desarrollo del proyecto el incremento de productividad y homogeneidad de una población en cada una de las jaulas que se le aplica en comparación de un tipo de alimentador convencional (blower).

El centro de cultivo de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) dedicada a la producción y venta de dicha especie para países europeos, asiáticos y americanos, está ubicada en la zona altoandina del Perú a más de 4000 m.s.n.m. (laguna Punrun, Cerro de Pasco) y ha optado utilizar el sistema BASIC, con el fin de obtener mejores resultados productivos, así como la reducción del tiempo de cultivo y buenas prestaciones en la trucha.

1.1 Objetivo general

- Evaluar el rendimiento del sistema Basic en la etapa de engorda (1 a 3 Kg.) de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en sistema de jaulas flotantes.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar el aprovechamiento del alimento a través de la conversión alimenticia.
- Obtener el crecimiento específico a través de su incremento porcentual de peso diario.
- Determinar el coeficiente de variación a través de su desviación estándar y el promedio de la población.
- Obtener el porcentaje de mortalidad a fin de corregir la tasa de alimentación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Características de la trucha

2.1.1 Clasificación taxonómica

Según Camacho, B. et al (2000), la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) presenta la siguiente clasificación:

- Reino: Animal
- Phylum: Chordata
- Subphylum: Vertebrata
- Superclase: Pisces
- Clase: Osteichthyes
- Subclase: Actinopterygii
- Orden: Salmoniformes
- Familia: Salmonidae
- Género: *Oncorhynchus*
- Especie: *mykiss*
- Nombre Científico: *Oncorhynchus mykiss*
- Nombre común: trucha arcoíris

2.1.2 Hábitat

La trucha arcoíris tiene la capacidad de ubicarse en diferentes hábitats, una de sus características es tener un ciclo de vida anádromo hasta habitar cuerpos de agua continentales como los lagos, lagunas y embalses. La cepa steelhead de hábitat marino es conocida por su crecimiento rápido llegando a pesos de 7-10 kg en 3 años; por otro lado, las cepas de agua dulce sólo pueden alcanzar 4.5 kg en el mismo tiempo (FAO, 2019).

Así mismo la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) puede soportar altos deltas de variación de temperatura (0-27 °C), sin embargo, el proceso de desove y crecimiento tiene un rango más reducido (9-14 °C), se considera una temperatura adecuada cuando se registran valores menores a 21 °C. Debido a la interrelación entre la temperatura y disponibilidad de alimento influyen al crecimiento y la maduración, teniendo como resultado que la edad de madurez varíe entre 3 a 4 años (FAO, 2019).

En el Perú esta especie se distribuye en casi todos los ambientes de aguas continentales de la sierra, tanto en los ríos, lagos, lagunas de la zona altoandina. MacCrimmon (1971) indica que, con respecto a la distribución de la trucha en las altitudes peruanas, la mayoría se encuentra a más de 1500 m.s.n.m.

2.1.3 Potencialidades de cultivo

La producción de truchas viene en ascenso tanto para el mundo como para el Perú. Según la FAO (2022), para el año 2000 se obtuvo una producción de 340,4 miles de toneladas; por otro lado, para el 2020 el resultado productivo fue de 739.5 miles de toneladas, teniendo un incremento de casi 400 mil toneladas en un intervalo de 20 años, considerando solo a la acuicultura continental.

Para fines prácticos. Perú posee las condiciones que se requieren para un cultivo óptimo, estas son: lagos, lagunas, ríos, entre otros; sin embargo, para optimizar los procesos, se requieren de avances tecnológicos que se pueden encontrar en la salmonicultura que, a pesar de ser un cultivo en condiciones diferentes, se acopla fácilmente a la crianza de truchas.

2.1.4 Crianza

La etapa productiva de la trucha arcoíris se encuentra bien delimitada, esto facilita el cultivo, crecimiento de la especie y desarrollo de las fases de cultivos como la incubación de ovas, larvas, alevinaje, juvenil (pre-engorde) y engorde (Maiz et al., 2010).

Las ovas embrionadas tienen tanto procedencia nacional como internacional, en este último tenemos varias alternativas con propuestas interesantes para el cultivo como:

rápido crecimiento, lenta madurez y resistencia. Sin embargo, en el Perú no se presentan laboratorios de genética especializada para estas variedades debido a su alto costo.

Con respecto a sus condiciones de crianza, la trucha habita en aguas de temperaturas frías, requiriéndose un rango de 9 a 12 °C para la producción de alevines y de 12-18 °C para el engorde. Además, para conseguir el éxito en un cultivo se tienen que considerar varios factores, tales como cantidad y calidad de agua, densidad de siembra, homogeneidad de los individuos, manejo y alimentación (Maiz et al., 2010).

2.2 Etapas de cultivo

2.2.1 Etapa de alevinaje

Jover, M. et al. (2003), determina que el pez empieza esta etapa cuando posee una talla de 2 cm hasta llegar a un rango de 7 a 9 cm, utilizando tanques circulares o rectangulares con densidades de 7 a 8 kg/m³. Dependiendo del tamaño, en esta etapa los peces requieren de 5 a 70 litros por minuto de agua para 10000 alevines, influyendo en la densidad de siembra y la temperatura. Para esta fase, el alimento debe estar constituido con 50% de proteína y distribuirse en un porcentaje diario del 6% y al final del 4% con 12 comidas diarias. Para clasificar los peces debe ser por rango de tallas para evitar que se presente canibalismo; para su manipulación se debe realizar en las horas de la mañana sin ser alimentados ni exista radiación.

2.2.2 Etapa de juveniles

FONDEPES (2004) señala que esta etapa comprende de dos fases, la primera con truchas de talla de 9.5 a 13 cm y con pesos promedios de 12.5 a 30.7 g para jaulas flotantes de 5x5x3 m³, considerando un requerimiento de 42% de proteína en el alimento balanceado y se sugiere una distribución de 3 veces al día, adicional a ello, se estima una mortalidad de 0.3%. La segunda fase se encuentra hasta alcanzar la talla de 17.5 cm con dimensiones de jaulas similares y el mismo nivel proteico en el alimento balanceado.

2.2.3 Engorde

En esta fase de cultivo, las truchas comprenden de 17.5 cm hasta 30 cm de talla comercial, principalmente se encuentra orientado para el mercado local; esta etapa de

cultivo tiene una duración de 5 meses aproximadamente. Podría llegar a registrarse una carga final de 13 kg/m³.

Las dimensiones de las jaulas flotantes en esta etapa son de 5x5x4, 5x5x5, 10x10x4 m³, se considera un 40% de nivel proteico en el alimento balanceado para esta etapa de cultivo y la distribución del pienso se realiza 2 veces al día (FONDEPES, 2004).

2.3 Estructuras de cultivo

2.3.1 Cultivo en estanques

Con esta infraestructura se viene realizando el cultivo de truchas desde hace varios años y está construida de diferentes materiales, dimensiones y diseños de acorde a la necesidad de cada etapa de crecimiento. Además, la zona o área que se requiere para la construcción de estos tiene que cumplir ciertas especificaciones técnicas como topográficas, naturaleza de suelo y tener la extensión adecuada para que pueda dar soporte al tipo de cultivo elegido. La calidad del agua es de gran importancia, debido a que los componentes de estas podrán ayudar a que se tenga una producción eficiente, sin enfermedades y bajas tasas de mortalidad, por ello, el volumen del agua tiene que ser el óptimo. (NTP 320.004- 2014).

El sistema de cultivo con estanques requiere principalmente una fuente de abastecimiento de agua, estos suelen ser captados de los ríos y manantiales con ayuda de bocatomas para realizar el proceso de sedimentación y tener una mejor calidad de agua, de igual forma el volumen o caudal disponible va a determinar el tamaño de la producción. (NTP 320.004- 2014).

Según el FONDEPES (2018), los estanques pueden tener varias características, entre estas podrían variar en su tipo, diseño y construcción, esto va a depender principalmente del proyecto que se tenga programado y la disponibilidad económica. Cabe resaltar que los principales estanques son de concreto, mampostería de piedra, de tierra y finalmente circulares. Estas estructuras deben distribuirse tomando en cuenta al terreno, tanto en calidad como en disponibilidad, en lo posible la disponibilidad de agua por gravedad. El diseño tiene que considerar las etapas de cultivo para seguir con una secuencia lógica.

2.3.2 Cultivo en jaulas flotantes

El diseño de las jaulas flotantes ha sido diseñado para cuerpos de agua continentales y marítimos, los cuales deben ser lo suficientemente resistentes para contrarrestar los fuertes vientos y corrientes, por ende, favorece el manejo de la producción tomando las consideraciones pertinentes a fin de mantener seguro el cardumen ubicado en cada una de ellas. Estas características son las siguientes: dimensiones de 5x5 m², 10x10m², 15x15m² y 30x30m², cada una de estas va a depender de las etapas de cultivo; de igual forma, el material usado que podría ser acero galvanizado y madera, cabe recalcar que la primera brinda un mayor soporte y seguridad. Por otro lado, se tiene que considerar los lastres, anclas o pesos colocados a los bordes de estas jaulas, con el fin de mantener su ubicación, estabilidad y seguridad de toda la biomasa ubicada dentro de estas jaulas, todo esto en compañía de flotadores para mantener la forma, flotabilidad y resistencia de la estructura. En algunos casos se colocan techos o pajareras para la protección contra los predadores (FONDEPES, 2004).

Los módulos de jaulas flotantes deben ser ubicados perpendicularmente a la dirección de la corriente del agua, lo cual permite al sistema un flujo constante de agua y un correcto recambio de esta, ayudando a mejorar los niveles de oxígeno y obteniendo un óptimo cultivo. De igual forma, es importante considerar las profundidades de los cuerpos de agua, ubicación geográfica, calidad de agua, entre otros, con el fin de obtener una correlación positiva entre el cultivo en jaulas flotantes y la productividad de este.

2.4 Cepas de cultivo

La producción peruana tiene el enfoque de comercializar con la denominada trucha arcoíris “pan size” (maduración temprana), a nivel nacional y así poder abastecer a todo el mercado. Sin embargo, existen otros tipos de presentaciones que podrían generar oportunidades en el comercio internacional. Esto fue identificado por Chile, por ende, su producción acuícola se centra en el cultivo de salmones del atlántico y truchas de mayor talla, existiendo una demanda importante para dichos productos; debido a que Perú cuenta con las condiciones para cultivar truchas de mayor talla sería importante la adquisición de cepas que logren dicho cometido (PROMPERU, 2018).

2.4.1 Cepa Troutlodge

Una de las empresas más representativas en el Perú es Troutlodge, teniendo como su punto de operaciones en USA, específicamente en el norte de dicho país, fundado en 1945 por Ed McLeary y Ken Drew, obteniendo como tal 8 instalaciones ayudando a mejorar la producción, estos están ubicados a lo largo de los estados de Washington e Idaho (Troutlodge, 2023a).

Esta industria posee cuatro cepas de trucha arcoíris, todas estas fueron desarrolladas al norte del país americano, ya que es el lugar de procedencia del mencionado salmónido. Esta diversidad de cepas que posee Troutlodge ayuda a que el suministro de las ovas se dé cada semana del año con una necesidad mínima de fotoperiodo. Se ha utilizado un programa de selección genética para mejorar el valor y optimización en la tasa de eclosión, conversión de alimento, crecimiento y comercialización, todo esto para que los clientes tengan una amplia carta del producto y de igual forma sean capaces de competir en el mercado (Troutlodge, 2023b).

2.4.2 Cepa Troutex

Empresa Danesa indica que pronosticar el crecimiento es muy complicado debido a que depende de varios factores tales como la temperatura del agua, la calidad del alimento, manejo en la alimentación, gestión general del centro de cultivo, entre otros. Cabe recalcar que tres centros productivos situados en Dinamarca, Reino Unido y del sur de América, reportan que lograron un crecimiento desde las ovas hasta los 300 a 400 gramos en aproximadamente 8 meses, teniendo las siguientes características de cultivo, temperaturas del agua de 12-14 °C, flujo constante de oxígeno y uso de alimento altamente energético (Troutex, 2020).

Troutex aps fue fundada por Jørgen Joker Trachsel y Ove Ahlgreen dos acuicultores daneses en agosto del 2004 con una única visión, crear una empresa que ofreciera ovas de truchas arcoíris de alta calidad y libre de enfermedades, durante todo el año y teniendo como público objetivo todo el mundo donde se pueda cultivar dicha especie. En la actualidad, Troutex proporciona ovas a más de 30 países en todo el mundo, superando los 100 millones de ovas vendidas durante todo un año, de estos se indica que el mayor porcentaje de ventas se dan en los meses de verano (Troutex, 2020).

Los tipos de productos que ofrece esta empresa cumplen las siguientes características:

- Normales: trucha arco iris de color plateado con alta voracidad al momento de ingerir el alimento, se estima una madurez a los 1000 gramos.
- Maduración tardía: plateado con rápido crecimiento, se proyecta una madurez a pesos de 1.5 a 2 kg, buen rendimiento de la carne y buena aceptación de la astaxantina como pigmentante.
- Extra-maduración tardía: Este tipo de cepa tiene como resultado peces de gran tamaño y alcanza una madurez entre los pesos de 2 – 3.5 kg. Teniendo un ciclo de 22 meses de crecimiento para alcanzar el peso mencionado y con un porcentaje de madurez menor al 5%.
- Triploides: Una de las características principales de esta cepa es que requiere un mayor nivel de oxígeno en los lotes de todas hembras, por otro lado, se identifica a este porque la triploidía es mayor al 95%.

AquaSearch ova Aps ofrecen una carta amplia de ovas que tienen las características de un potencial genético y de alta calidad con fines de conseguir un buen producto en el menor tiempo y una conversión alimenticia. En los paquetes de todo, la hembra presta una mayor flexibilidad al extender los ciclos productivos y se obtiene un mayor peso al esperado durante las cosechas. Para eso se poseen diferentes tipos de cepas para cultivos de agua dulce (Aquasearch, 2020):

- AquaSearch FRESH: Producción de pan size, pesos entre 250-450 g.
- AquaSearch FRESH-Unique: Producción de pan size añadiendo las últimas mejoras genéticas.
- AquaSearch LATE: Producción de individuos de gran tamaño y con una madurez tardía, adicional a ello, con buena pigmentación.
- AquaSearch ORGANIC: Producción de pan size en una acuicultura orgánica
- AquaSearch TRIP: Producción de individuos con buen performance y que tengan ciclos de cultivos mayores a 3 años.
- AquaSearch GOLD: Individuos de coloración dorada, en presentaciones de pan size y de gran tamaño.

2.4.3 Ceba Nacional

Debido a la demanda y buena aceptación del cultivo de truchas arcoíris en los ambientes de aguas continentales, se empezaron a realizar estudios bioecológicos de los recursos hídricos del altiplano con ayuda de los gobiernos de Perú y Bolivia, consiguiendo sembrar en 1939 cuatro tipos de salmónidos: *Salvelinus namaycush*, *Salvelinus fontinalis*, *Salmo trutta* y *Salmo gairdneri* (actualmente *Oncorhynchus mykiss*); de las cuales solo la última presentó buena adaptabilidad a las condiciones de dichas naciones (Ministerio del Ambiente, 2015).

Según la MINAM (2015), el 30% de la producción de ovas proceden de individuos naturalizados y el resto son importadas principalmente de países como Estados Unidos y Dinamarca. Adicional a ello, en la encuesta realizada por Montesino (2018) en el lago Titicaca, las ovas de procedencia nacional solo tienen una participación del 1.1%.

Las principales diferencias con respecto a las ovas con modificación genética son menor brillo, bajo crecimiento y mayor porcentaje de mortalidad de las ovas. Los peces para la etapa de engorde suelen llegar a 30-40 cm en 7 o 9 meses y si el tiempo se prolonga suelen ser destinados para ser reproductores, esto ocurre usualmente en un tiempo de más de 20 meses (MINAM, 2015).

2.5 Tipos de alimentadoras para peces

La alimentación es de gran importancia para un centro de cultivo de peces, ya que este ayudará a que si se da de forma correcta se obtendrán resultados positivos respecto al crecimiento, por ende, aplicar nuevas técnicas o tecnologías para la entrega de alimento podrán ayudar con los resultados productivos, de igual forma Flores & Vergara (2012), mencionan que este ítem representa del 40% al 60% el costo total de la producción.

La industria salmonera inició hace varios años la alimentación con el uso de paletas o poruñas, estos eran utilizados por operarios realizando un desgaste físico mayor. Posterior a este sistema manual se dio el uso de los cañones de aire, los cuales ayudan a que se dieran el alimento de una forma más tecnificada y se respeten los tiempos de alimentación. Sin embargo, el mismo se le consideraba como una alimentación semiautomática, por ello, se creó un sistema más automatizado y que requiere una menor intervención humana a fin de

cumplir la función de entrega de alimento y cumplir la necesidad y satisfacción del apetito de los peces.

El sistema BASIC es una modificación a partir de este sistema automatizado, teniendo características similares, pero interactuando aún con el hombre y se le considera como un sistema semiautomático con mejores prestaciones y resultados, adecuado para la alimentación de la trucha arcoíris en lagos, lagunas y represas.

2.5.1 Sistema de alimentación manual

Este tipo de alimentación es el más básico y consiste en el suministro del alimento al voleo con ayuda de una poruña o pala. En la actividad de alimentación manual se utilizan bolsas de 25 kg, con ayuda de un operario para que se pueda distribuir el alimento (Cárcamo, 2008).

En algunos centros de cultivo, la alimentación con poruña se da en etapas tempranas, las cuales suelen estar en jaulas con medidas reducidas. De igual forma, dependiendo de la experiencia del operador, se obtienen buenos resultados, pero con un cardumen disperso.

2.5.2 Sistema de alimentación semiautomático

En este caso se utiliza una máquina alimentadora con una sopladora (blower), la cual ayuda para impulsar el alimento con un viento graduado. De igual forma, se tiene una tolva para recepcionar el alimento y mediante una perilla se controla la salida de este y los tiempos de entrega. Se requiere la intervención de un par de operarios y los resultados mejoran en cuanto a la calidad de los peces (Araneda, 2012).

En el Anexo 1, la máquina alimentadora (blower) posee un dosificador graduable que regula el pienso de 90 k/min a 6 k/min. Este regulador posee una numeración para una mejor practicidad; de igual forma, la partida, aceleración y ahogador del motor de combustión se controlan exteriormente (Araneda, 2012).

2.5.3 Sistema de alimentación centralizada automatizada

Debido a las necesidades productivas que tiene la actividad acuícola, se empezó a realizar investigaciones para que el proceso sea más eficiente tanto de forma operativa

cómo mejorar los tiempos de cultivos. No solo basta con la alteración genética, sino también investigaciones en alternativas del alimento para disminuir los costos de producción y en nuevos paquetes tecnológicos que ocasionen una mejor productividad. De este último, la empresa noruega AKVA GROUP logró desarrollar un equipo innovador para la distribución de pienso, el cual permite controlar de una mejor forma el suministro de alimento, esto con ayuda de sensores, cámaras y dispersores. Por otro lado, se reducen hasta en un 50% las horas de alimentación (Oyarzo, 2016).

Para poder entender el funcionamiento de dicho equipo, se van a detallar las partes, distribución e interacción entre estas, teniendo como principales componentes a sopladores o blower, sistema de refrigeración o quillas, válvulas dosificadoras, válvula selectora o revolver y sistema de control CCS (Anexo 2).

Funcionamiento según los catálogos técnicos de los equipos de la empresa (AKVA GROUP, 2012):

Blower

Con este instrumento podemos mantener un flujo de aire constante (Anexo 3) para enviar el pienso por las tuberías con destino a las jaulas de cultivo. La velocidad del flujo de aire es de 30 a 40 m/s, de igual forma con el sistema CCS se puede controlar directamente con el software Akva (Oyarzo, 2016).

Enfriadores de aire.

Se tienen enfriadores utilizando un ventilador y los enfriados por agua, estos se utilizan con el fin de disminuir la temperatura del aire que sale del soplador y que se usa para transportar el alimento por las tuberías (ver Anexo 4). La variación de temperatura tiene un delta de 30 °C, iniciando con 60 °C. Al bajar dicho parámetro físico, evita que el pienso sufra alguna alteración en su estructura y componentes debido al contacto de energía calorífica (Oyarzo, 2016).

Válvula dosificadora

El dosificador cumple la función de la distribución de alimento, regulando la misma respecto a la cantidad entregada, ayudándose de su giro del rotor hasta la cañería de la alimentación por donde fluye el aire proveniente del blower (Anexo 5). Se pueden

controlar los tiempos de entrega de alimento debido al giro del rotor, esto nos ayuda a entregar de una forma correcta y con tiempos adecuados el pienso para cada jaula (Oyarzo, 2016).

Válvula selectora o revolver

Es el intermediario entre la tolva (donde se recepciona el alimento) y las tuberías o mangueras que tienen como destino las jaulas de cultivo. Es importante mencionar que por cada blower hay una válvula selectora, debido a ello, no se pueden alimentar a varias jaulas de forma simultánea, esto depende de la cantidad de ambas herramientas (Anexo 6). La función principal de este revolver es alimentar el mayor número posible de jaulas, esto depende de los orificios que tenga el disco. Encontramos que esta válvula podría tener entre 8 y 24 orificios (Oyarzo, 2016).

Sensores de temperatura

Nos suministra la data referente al medio ambiente en conjunto con el sensor óptico de oxígeno y corriente.

Sensores CAP o sensor capacitivo

Estos sensores mantienen una comunicación entre los sistemas de alimentación y es una parte activa del sistema de control (Anexo 7). Se puede conectar hasta dos cámaras de video submarinas, adicional a ello, tiene transmisiones más potentes y cámara de superficie ajustable en 360° (Oyarzo, 2016).

Se logra una conexión adicional a los sensores de temperatura, oxígeno y corrientes, esto ocasiona que el sistema tenga la data necesaria para la toma de decisiones y poder apreciar el estado de cada jaula para tener un cultivo en óptimas condiciones y con los controles adecuados (Oyarzo, 2016).

Cámaras submarinas

Es una herramienta de gran importancia para poder observar la alimentación de forma más avanzada. La configuración de esta cámara incluye una visión superior e inferior obteniendo imágenes de alta resolución, pero monocromática. De igual forma, nos permite detectar si los peces están ingiriendo el alimento o se está generando desperdicio

de este (Anexo 8). Cabe recalcar que esta acción permite mitigar impactos tanto económicos como ambientales (Oyarzo, 2016).

Dispersores

Herramienta que permite tener una mejor distribución del alimento y tienen livianas tuberías de aluminio ajustables facilitando la rotación, generando menor ruido y partido, consumo de energía, presión, temperatura del aire y desgaste de tuberías (Anexo 9). Los dispersores se mantienen estables ante fuertes vientos, tan solo basta con regular la potencia del blower para disminuir la posibilidad de perder alimento (Oyarzo, 2016).

2.5.4 Sistema de alimentación centralizado básico

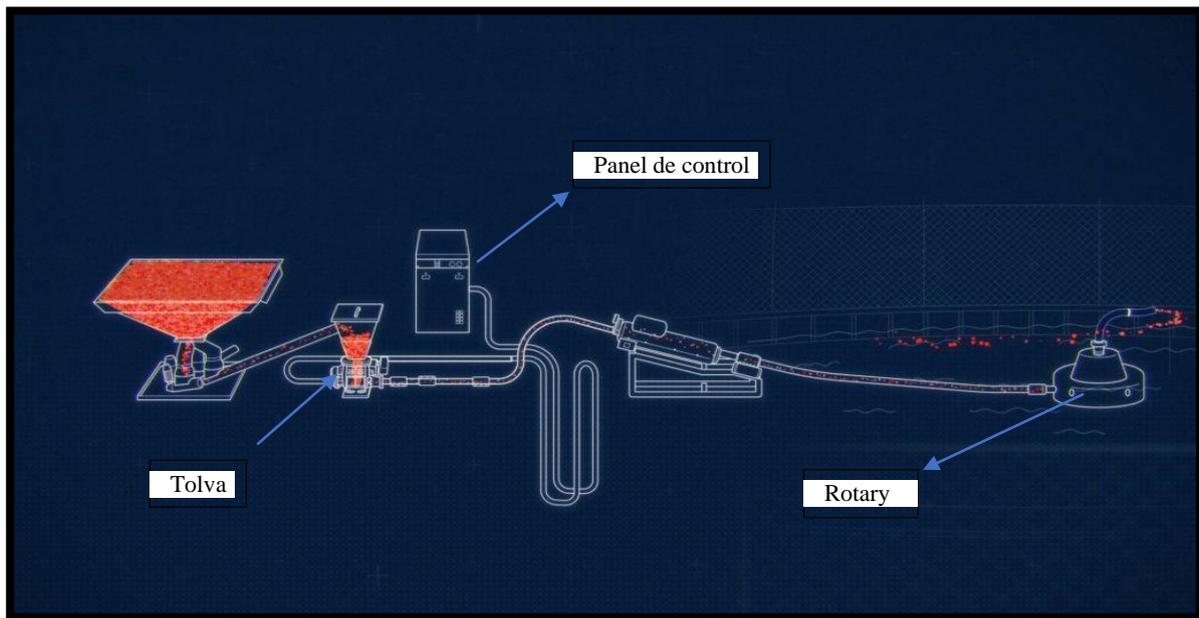
El sistema Basic fue diseñado con características similares a la automatizada, pero con una mayor intervención humana, es decir, no se utiliza software ni sistemas de control sofisticados en este tipo de alimentador, por ende, se considera a este como un sistema semiautomático y consta de las siguientes partes:

- Válvula dosificadora
- Blower
- Dispersores
- Mangueras o tuberías
- Generador de energía
- Guillotinas
- Panel de control del blower y válvula dosificadora

Respecto a las guillotinas (Anexo 10) y panel de control (Anexo 11); la primera ayuda a ubicar el destino del pienso, pero esta se da de forma manual a diferencia del sistema automatizado, la cual posee un revolver y funciona con ayuda de un software. Por otro lado, el panel de control está diseñado para regular la potencia del blower, es decir, la velocidad del aire que se requiera bajo las siguientes circunstancias: distancia entre jaula y centro de comando, velocidad de vientos, corrientes, entre otros. De igual forma, se puede regular la válvula dosificadora, con el fin de controlar el tiempo de entrega del pienso.

Su uso consiste en añadir el alimento necesario a la tolva (Anexo 12), la cual se encuentra en una plataforma acoplada a un módulo. Posterior a ello, en el panel de control se regula la velocidad de viento dado por el blower y de igual forma la potencia de la válvula dosificadora. Este último nos sirve para ajustar los tiempos de entrega del alimento. Una vez estén activadas ambas funciones, el alimento se traslada con la fuerza del viento por las tuberías y finalmente es expulsada por el rotary de forma circular en toda la jaula destinada.

Figura 1. Esquema del sistema Basic



Fuente: ScaleAQ, 2024.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1 Actividades desarrolladas

Las operaciones productivas realizadas dentro del centro de cultivo fueron las siguientes:

3.1.1 Medición de parámetros físicos

La medición de parámetros es indispensable, ya que permite saber si las condiciones del recurso hídrico son aptas para que los individuos se encuentren en buen estado, de esta forma se podría iniciar el proceso de alguna actividad que genere estrés. El equipo multiparámetro utilizado en la empresa es de la marca HACH, con este obtenemos resultados de oxígeno disuelto en ppm o mg/L, porcentaje de saturación (%) y presión en hPa (hectopascal).

La jornada siempre inicia con la medición de estos parámetros físicos, a partir de ese momento se toma la decisión de proceder con la alimentación, manejos o alguna actividad que le podría generar estrés a todos los individuos ubicados en una jaula.

El multiparámetro va acompañado de una sonda, esta última se sumerge hasta los 4 metros de profundidad debido a que la mayoría de los individuos se ubican en esa zona.

3.1.2 Avistamiento de la actividad de los peces

Se identifica y reconoce por cada jaula productiva la actividad que podrían tener los individuos, esto varía dependiendo del tipo de cepa, ubicación geográfica, canal y condiciones medioambientales; de acorde a estos puntos se podrían observar peces con nado letárgico, aberturas constantes del opérculo, nados laterales, nado con la aleta dorsal en la superficie o descubierta, intentos de mordeduras a las mallas, saltos constantes, actividad voraz, entre otros. Para poder identificar y correlacionar dichos puntos se requiere de experiencias previas.

Luego de observar lo mencionado y acompañado con el multiparámetro, se podría tomar mejores decisiones, mitigando errores por efecto de alguna acción que cause el estrés de los individuos, tal como una mortalidad elevada o brotes de enfermedades.

3.1.3 Muestreo de peces

Los muestreos de peces se realizan de forma mensual con el fin de verificar el peso promedio de la población, permitiendo ajustar los indicadores productivos respecto al proyectado. Por otro lado, el resultado de las mismas nos señalaría si los manejos han sido los adecuados, por ejemplo, si se da una subalimentación es muy probable que se obtenga como resultado una jaula dispersa y con bajo peso, de igual forma, cuando es una sobrealimentación la consecuencia sería similar respecto al peso debido a que este no sería aprovechado, en ambos casos la conversión alimenticia sería elevada, debido a que la diferencia de biomásas en un intervalo de tiempo tendría como resultado un número menor al esperado.

El procedimiento para lograr un buen muestreo comienza por tener una malla de lance con el tamaño de malla, dimensión, plomos, flotadores y cabos adecuados. Una vez que se identifique lo mencionado, el siguiente paso sería realizar el lance de forma correcta, esto implicaría realizarlo al centro de la jaula para capturar a los individuos de todos los canales. Con ello, tendríamos una alta probabilidad de obtener un muestreo representativo y, en consecuencia, una referencia adecuada del estado de nuestra distribución poblacional.

En la etapa de engorde tenemos los muestreos biológicos y destinados para la planta, el pesaje y determinación de la talla se extrae in situ a diferencia de la otra, las cuales son enviadas a la planta de procesamiento para determinar el peso, talla y calidad del filete para su posterior venta. Para ambos casos, la cantidad muestreada es de 400 peces.

3.1.4 Extracción de mortalidad

Diariamente, existe un descenso de peces que usualmente ocurre por falta de oxígeno, por ello es indispensable el retiro de esta de forma inmediata, ya que podría originar un foco infeccioso. Para dicho propósito existen 2 formas: la primera sería la convencional y se procede con el levantamiento de mallas, utilizado un elevado recurso humano y horas hombre. Este último depende de la dimensión de las jaulas, sin embargo, el tiempo

del manejo se encontraría en el rango de 20 a 60 minutos utilizando entre 6 a 8 operarios para jaulas de 10x10 m² y 30x30m² respectivamente. Cabe recalcar que, si la mortalidad es elevada, podría llevar el doble de tiempo debido al peso que adquiere la malla.

La segunda es mediante el uso de un sistema mortex, con ayuda de esta herramienta el tiempo de extracción y el uso del recurso humano disminuyen considerablemente a 5 minutos y 1 operario respectivamente.

3.1.5 Desdobles

Esta actividad se da principalmente para disminuir la carga (Kg/m³) que pueda existir en alguna jaula; para la etapa de engorde en jaulas de 30x30 m² se sugiere no exceder los 7 kg/m³, ya que se evidenciaría en los individuos una baja apetencia, actividad anómala y elevada mortalidad evitando obtener indicadores productivos de forma óptima.

Este manejo se puede dar usando canaletas o toboganes y por una simple inspección visual, sin duda la segunda ocasionaría un mal desdoble a diferencia del primero que utilizaría contadores para saber el número exacto del mismo y de esa forma evitaríamos una mala alimentación por no tener registrada la debida cantidad de peces. Cuando una jaula tiene un desdoble incorrecto, podría ocasionar que al momento de cosecharlo la biomasa proyectada a un peso dado no sea el adecuado; esto generaría inconvenientes para las ventas de este por la disponibilidad y características del producto.

3.1.6 Suministro de alimento

El alimento es procedente de Chile, específicamente de la empresa Salmones Antártica S.A. (SASA) con 33% de contenido proteico para la etapa de engorde, por ende, tiene que pasar por las inspecciones requeridas y posterior a ello son enviados a los centros de cultivo, en donde son almacenados de forma correcta para evitar un deterioro y contaminación cruzada, de igual forma, cuando se requiere el pienso para los módulos productivos, se utilizan plataformas para su traslado.

Previo al suministro de alimento para los individuos, se procede a realizar los cálculos de la cantidad de alimento que se va a otorgar a una cantidad de peces; esto depende de

la tasa alimenticia y biomasa. A continuación de lo mencionado, se procede con la alimentación a las jaulas productivas. Cabe recalcar que se tienen 3 tipos de alimentadoras: la primera es manual y se da por voleo. Esta no se recomienda para jaulas de engorde, ya que probablemente no se aproveche el alimento y genere pérdidas de este. De igual forma, se genere una baja conversión alimenticia. Se suelen utilizar blowers y el sistema Basic, ya que los resultados obtenidos suelen ser favorables.

3.2 Parámetros productivos

Los indicadores productivos son los siguientes:

3.2.1 Tasa de conversión alimenticia o Feed Conversion Rate (FCR)

- El FCR mide la cantidad de alimento necesario para producir 1 k. de pescado, y es una medida de eficiencia y la sustentabilidad de la producción (Hepher, 1988).
- Usualmente, se utilizan dos tipos de FCR: económico (e) y biológico (b), los cuales difieren principalmente en el uso de la biomasa de mortalidad. Con respecto al valor monetario, las empresas suelen utilizar el FCRe para su balance económico final.

$$FCRe = \frac{Kg \text{ (alimento consumido)}}{\Delta \text{ Biomosas (Bf-Bo)}} \dots \text{ (e)}$$

$$FCRb = \frac{Kg \text{ (alimento consumido)}}{\Delta \text{ Biomosas (Bf-Bo)}} \dots \text{ (b)}$$

- variación de biomasa (e) = Biomasa final - Biomasa inicial + Biomasa cosecha + Biomasa de salida - Biomasa de ingreso.
- variación de biomasa (b) = Biomasa final - Biomasa inicial + Biomasa cosecha + Biomasa mortalidad + Biomasa de salida - Biomasa de ingreso.

Cálculo correlacionado con otros indicadores:

$$FCR = \frac{SFR}{SGR}$$

- SFR: tasa específica de alimentación
- SGR: tasa específica de crecimiento

3.2.2 Tasa específica de crecimiento o Specific Growth Rate (SGR)

- Es un coeficiente que mide el aumento porcentual en el peso del pescado por día (Hepher, 1988).
- Mantiene una relación inversamente proporcional con el FCR.

$$SGR = \left(\frac{\ln(Wf) - \ln(Wo)}{t} \right) * 100$$

Ln(Wf): Logaritmo natural del peso final expresado en gramos.

Ln(Wi): Logaritmo natural del peso inicial expresado en gramos.

t : Tiempo en días.

3.2.3 Tasa específica de alimentación o Specific Feeding Rate (SFR)

- Es la cantidad de alimento consumido por día y se puede encontrar expresada como porcentaje del peso corporal del pez (%PC) (Hepher, 1988)
- Mantiene una relación directamente proporcional con el FCR.

$$\%SFR \text{ o } \%PC = \left(\frac{F}{B} \right)$$

F: cantidad de alimento a otorgar en gramos.

B: Biomasa del cardumen que se le va a entregar dicho alimento en gramos.

%PC: % del peso corporal

Otra forma de calcularlo:

$$SFR = FCR \times SGR$$

3.2.4 Porcentaje de mortalidad

- Nos proporciona información de la cantidad de peces muertos respecto al total

$$\% \text{ Mortalidad} = \left(\frac{\text{Número de peces muertos}}{\text{total de peces}} \right) * 100$$

3.2.5 Coeficiente de variación (C.V.)

- Este coeficiente nos ayudará a entender el estado de nuestra distribución poblacional.

$$C.V. (\%) = \left(\frac{\text{Desviación estandar}}{\text{media}} \right) * 100$$

3.3 Propuesta para la solución del problema encontrado

La importancia del crecimiento y una buena conversión alimenticia son circunstanciales para un centro de cultivo de peces; por ende, constantemente se está innovando en alternativas tecnológicas que faciliten las operaciones y obtengan resultados productivos que sean sostenibles y eficientes.

Una problemática que se evidenció en la empresa fueron los resultados obtenidos al alimentar con la máquina blower, la cual generaba que los cardúmenes tengan una elevada dispersión o coeficiente de variación y un peso por debajo de lo proyectado, este último ocasionaría que la conversión alimenticia sea mayor al proyectado.

Ante ello, ya se tenía un sistema de alimentación sofisticado y automatizado de la empresa AKVA GROUP, sin embargo, se adecuó un sistema similar pero más básico para el centro de cultivo, con el fin de ver el rendimiento y los resultados que podría generar. A este se le denominó como “sistema BASIC”, el cual consta de tuberías o mangueras, tablero de control, blower, doser y rotary, cumpliendo con una alimentación centralizada y con una mejor distribución del alimento.

Para evaluar el rendimiento del sistema BASIC se utilizaron dos jaulas de la misma cepa, peso promedio, canal, ubicación geográfica y con cantidades similares, a estos se les suministró el mismo alimento con la máquina blower y con dispersores o rotaries.

La etapa de análisis es la de engorde, la cual se encuentra en el rango de 1 a 3 kg. Durante todo este periodo se verán los indicadores productivos para realizar la comparación e identificar el rendimiento del sistema Basic, con ello se estaría utilizando tanto una nueva tecnología como las habilidades y cálculos aprendidos en pregrado para obtener un mejor beneficio y control de este.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La data proviene del software que posee la empresa; esta almacena toda la información que es insertada de forma diaria y posteriormente emite reportes de acuerdo a la necesidad del usuario.

Se exportó la data de dos jaulas con las siguientes características: pertenecen a la cepa Trachsel (Troutex), ambas son cabeceras (canal 1), de ubicación geográfica similar, con densidad parecida, peso promedio cercano a 1 kg, dispersión del cardumen semejante y consumo de la misma dieta en toda la etapa de engorde, la principal diferencia fue el uso de sistemas para el suministro de alimento.

Las jaulas seleccionadas fueron “P1” y “P2”, las cuales utilizaron los equipos del sistema convencional (solo blower) y sistema Basic (blower con dispersores), respectivamente, para la entrega del pienso. En la tabla 1 se muestra la población inicial por jaula, pesos promedios, biomاسas y días de alimentación por cada mes que duró la etapa de engorde.

Tabla 1. Número, peso y días alimentados por sistemas de alimentación.

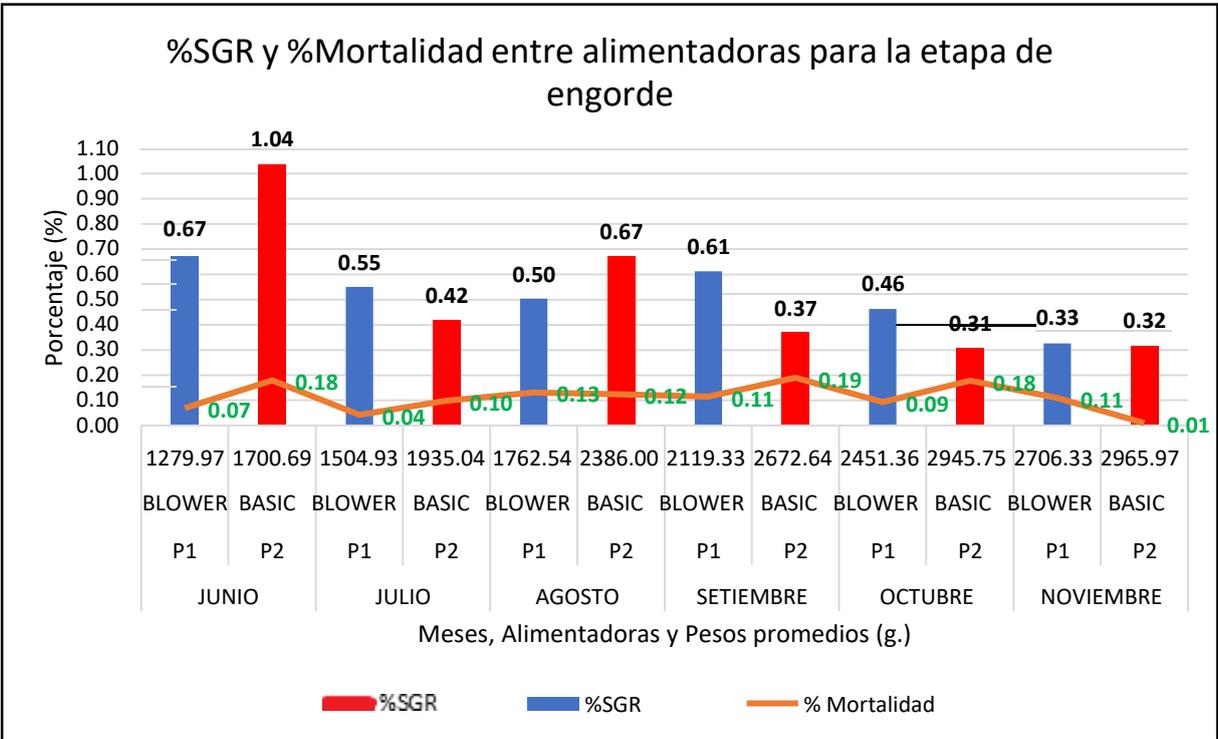
JAULA	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	MES	NÚMERO DE PECES INICIAL	PESO INICIAL (g.)	DÍAS DE ALIMENTACIÓN
P1	SOLO BLOWER	JUNIO	44677	1159.74	26
P2	BASIC	JUNIO	44482	1058.78	26
P1	SOLO BLOWER	JULIO	30409	1279.97	30
P2	BASIC	JULIO	26320	1700.69	31
P1	SOLO BLOWER	AGOSTO	30326	1504.93	31
P2	BASIC	AGOSTO	25729	1935.04	31
P1	SOLO BLOWER	SETIEMBRE	29660	1762.54	30
P2	BASIC	SETIEMBRE	24763	2386.00	30
P1	SOLO BLOWER	OCTUBRE	29050	2119.33	31
P2	BASIC	OCTUBRE	24092	2672.64	31
P1	SOLO BLOWER	NOVIEMBRE	28213	2451.36	30
P2	BASIC	NOVIEMBRE	23365	2945.75	10

Como se aprecia en la tabla 1, las jaulas en estudio iniciaron con una cantidad de 44677 y 44482 peces para los sistemas de alimentación semiautomático blower y Basic respectivamente.

Durante ese mes se realizaron desdobles para disminuir las densidades por jaula y que los niveles de estrés disminuyan. Posterior a ello, para el mes de julio se evidenció un incremento en peso de cerca 700 g en la jaula P2. Esto pudo ser ocasionado por varias situaciones: error de muestreo inicial, menor cantidad de peces en la jaula, buena aceptabilidad del alimento, buena distribución del alimento, entre otros. Los días alimentados fueron similares, por ello no tuvo una influencia en la diferencia de peso.

Para tener más claras las diferencias de crecimiento entre ambas jaulas y si existe alguna influencia en el tipo de alimentadora respecto al porcentaje de mortalidad, en la figura 2 se muestra lo indicado.

Figura 2. Porcentaje de SGR y Mortalidad por alimentadora en la etapa de engorde.



Exceptuando el elevado % SGR en el mes de junio respecto a la jaula P2, en los posteriores meses se registran datos similares referentes al crecimiento específico, cabe recalcar que la variación de estos depende mucho de cómo se realiza el muestreo, por ejemplo, el crecimiento específico para la jaula P2 en los meses de julio y agosto fue de 0.42% y 0.67% respectivamente, sin embargo, la relación peso promedio con el SGR es inversamente proporcional, esto quiere decir que posiblemente no se realizó un correcto muestreo.

Como se identifica en la Figura 2, se muestra una tendencia en el porcentaje de mortalidad con el sistema Basic, teniendo un pico de 0.19% en el mes de setiembre las posibles causas de estas diferencias se deben a bajas específicas de oxígeno, al incremento de biomasa diferenciado por la aceptabilidad del alimento, este último repercute en el requerimiento de una mayor cantidad de oxígeno disponible, de no existir los mg/l adecuados generaría hipoxia en algunos individuos causándoles la muerte, por otro lado, para fines productivos la empresa ve estos resultados como valores aceptados ya que se encuentran por debajo del 0.2% de mortalidad por mes, finalmente en el último mes de cultivo se evidencia una mortalidad de la jaula P2 de 0.01%, con esto se puede inferir que aún no se tiene la suficiente data para afirmar o desestimar la correlación entre una alimentadora y el % de mortalidad.

Las conversiones alimenticias (FCR) son alentadoras respecto a las diferencias entre ambos sistemas; de igual forma, el coeficiente de variación nos va a ayudar a entender la importancia de la correcta distribución del alimento. Todo esto se verá a detalle con los datos de las jaulas P1 y P2 en la etapa de engorde representados en la Tabla 2 y Figura 3.

Tabla 2. Número de peces, peso, FCR_e, FCR_b y %C.V. por sistemas de alimentación.

JAULA	MES	NÚMERO FINAL	PESO FINAL (g.)	FCR _b (LC)	FCR _e (LC)	Coefficiente de variación (%)
P1	JUNIO	30409	1279.97	1.10	1.11	17.0
P2	JUNIO	26320	1700.69	0.92	0.95	16.0
P1	JULIO	30326	1504.93	1.15	1.16	18.0
P2	JULIO	25729	1935.04	0.99	1.01	19.0
P1	AGOSTO	29660	1762.54	1.19	1.20	19.0
P2	AGOSTO	24763	2386.00	0.99	1.01	17.0
P1	SETIEMBRE	29050	2119.33	1.16	1.17	18.0
P2	SETIEMBRE	24092	2672.64	1.03	1.06	17.5
P1	OCTUBRE	28213	2451.36	1.19	1.20	21.0
P2	OCTUBRE	23365	2945.75	1.09	1.12	18.0
P1	NOVIEMBRE	27475	2706.33	1.22	1.23	23.0
P2	NOVIEMBRE	23950	2965.97	1.11	1.14	19.0

Nota: LC=ciclo de vida (life cycle).

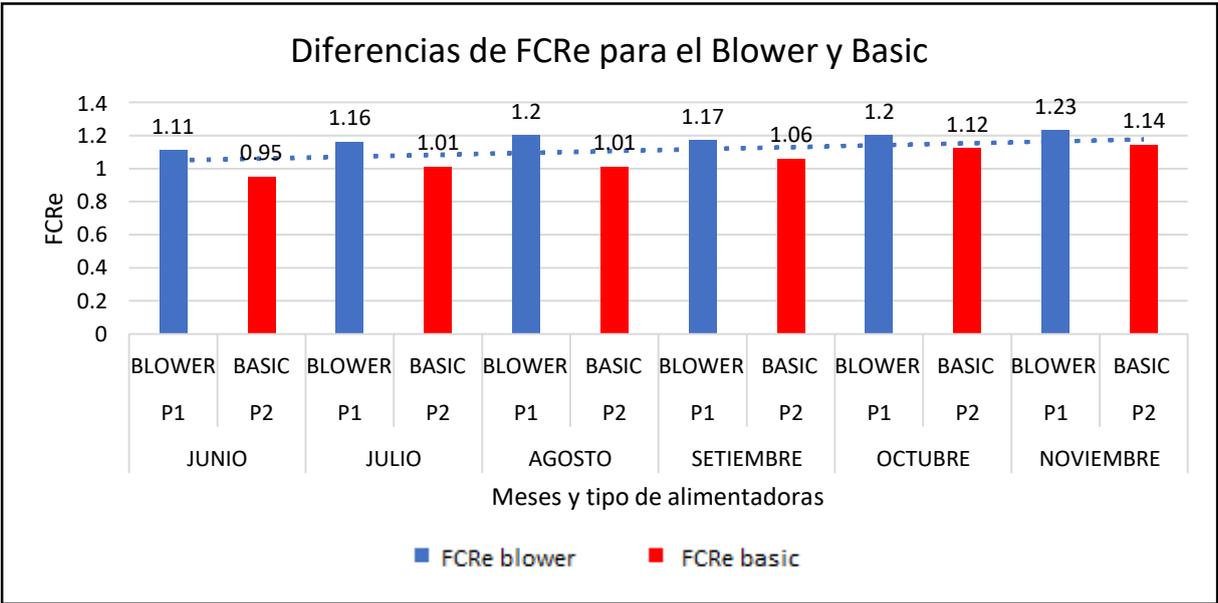
Como se evidencia en la Tabla 2, los valores de FCR marcaron una diferencia desde el inicio de la prueba, esto debido a que hubo un incremento notorio de peso para la jaula P2. Adicionalmente a ello, se ve una correlación entre el FCR y el % C.V. como se aprecia en la Figura 2 y Tabla 2. En el mes de julio se registró un SGR de 0.42% a diferencia de los meses

de junio y agosto donde se registraron valores de 1.04% y 0.67%, de igual forma se aprecia para el mes de julio que no existe variación en el FCR económico y biológico, finalmente se aprecia que el C.V. incrementa en el mes de julio a 19% y luego disminuye a 17%. Con toda esta información se puede deducir que el muestreo considerado no fue realizado con un correctolance o no se capturó a la población que representa la jaula, su bajo peso, sin variación en la conversión, el incremento de la dispersión nos indica lo afirmado.

Según la data mostrada, hubo dos puntos de inflexión en donde se marcó la brecha entre ambos tipos de alimentadoras, estos fueron cuando culminaron los meses de junio y agosto, lo cual nos indica que los individuos de la jaula P2 tuvieron una buena respuesta a la alimentación con el sistema Basic, de igual forma, al culminar la prueba se evidencia un mayor peso en la misma jaula, teniendo como resultado 2965.97 g. A diferencia del blower que dio un resultado de 2706.33 g, cabe resaltar que a este último se le suministró 20 días más de alimento. Adicional a ello, la dispersión de las jaulas P1 y P2 fue de 23 % y 19 % respectivamente, esto después de 6 meses y con un inicio de 17 % y 16 % respectivamente. Esto nos indica que con la buena distribución que nos generan los rotaries del sistema Basic, podríamos obtener jaulas con menor dispersión y, en consecuencia, un cardumen más homogéneo.

Finalmente, las diferencias de FCR_e se visualizan en la Figura 2, donde se muestran los resultados de conversiones alimenticias por mes, en toda la etapa de engorde.

Figura 3. Diferencias de FCR_e por cada tipo de alimentadora en la etapa de engorde.



Se realizó este último análisis debido a que este factor nos da a conocer el rendimiento que tiene el cultivo, como se evidencia ambos tienen valores distantes desde el inicio propio de los resultados obtenidos, por otro lado, en junio la jaula P2 tuvo un incremento de 0.06, esto debido a que el SGR obtenido no fue de acuerdo al proyectado, generando una menor biomasa a lo esperado y por ende el valor del FCR incrementa en dicho periodo, de igual forma para la jaula P1 en el mes de agosto. Al finalizar esta prueba los valores finales de FCR tanto para el blower como para el Basic fueron 1.23 y 1.14 respectivamente, cabe resaltar que este fue el inicio de todo un conglomerado de pruebas que tienen como fin demostrar la optimización de esta nueva máquina, por ahora se puede inferir que el sistema Basic permite obtener un cardumen con mejores prestaciones, tanto en indicadores productivos como en la eficiencia, ya que, requiere de menor influencia humana y ofrece un mejor resultado.

V. CONCLUSIONES

1. Según los resultados obtenidos, se puede indicar que el sistema BASIC (blower y dispersores) tiene un mejor rendimiento respecto al sistema convencional (solo con blower).
2. El sistema BASIC utiliza un menor recurso humano y bajo esfuerzo en la operatividad del proceso de alimentación.
3. La jaula P2 tiene mejores resultados en los indicadores productivos SGR, FCR, pesos promedios (W_p). $FCR_{P1}=1.23$ y $FCR_{P2}=1.14$, $W_{PP1}=2706.33$ g y $W_{PP2}=2965.97$ g.
4. La dispersión de las jaulas se vio marcada en todos los meses para ambas alimentadoras. $P1=23\%$ y $P2=19\%$.
5. La mortalidad fue mínima en ambos sistemas, con un promedio de $P1=0.56\%$ y $P2=0.13\%$.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir con las comparaciones entre los sistemas, experimentando con otros tipos de cepas, alimento, etapas de cultivo, entre otros; de esta forma se podrá dar un mayor soporte al sistema Basic.
- Se recomienda aplicar el sistema Basic en ambientes lénticos con jaulas flotantes; sin embargo, no se descarta el uso para estanques.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Araneda, A. F. (2012). Sistema Global de Control de Periféricos SEAMOD. (Memoria para optar Título a Ingeniero en Computación, Universidad Austral de Chile, Puerto Montt). <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/bpmfcis162s/doc/bpmfcis162s.pdf>.
- Aquasearch. (15 de julio 2020). Productos, agua dulce. Aquasearch. <https://aquasearch.dk/productos/agua-dulce/>.
- Camacho, B. E., Moreno M. R., Rodríguez M. G., Luna C. R. y Vásquez M. (2000). Guía para el cultivo de trucha.
- Cárcamo, N. A. (2008). Sistemas de alimentación automático centralizado para peces en balsas jaulas. (Tesis para optar a Ingeniero Naval, Valdivia, Universidad Austral de Chile). <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfcic265s/doc/bmfcic265s.pdf>.
- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc0461es>.
- FAO. (2019). Programa de información de especies acuáticas *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). https://firms.fao.org/fi/website/FIRetrieveAction.do?dom=culturespecies&xml=Oncorhynchus_mykiss.xml&lang=es
- FishFarmFeeder. (5 de abril 2022). Tipos de alimentadores automatizados usados en acuicultura. <https://www.fishfarmfeeder.com/es/tipos-alimentadores-automatizados-acuicultura/>

- FONDEPES (2004). Manual de cultivo de trucha arco iris en jaulas flotantes.
<https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2019/09/Manual-de-Cultivo-de-Trucha-Arco-iris-en-Jaulas.pdf>
- FONDEPES (2018). Manual de cultivo de truchas arco iris en ambientes convencionales.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2496894/Manual-de-Cultivo-de-Trucha.pdf>.
- Flores, H., & Vergara, A. (2012). Estudio de la cadena productiva del salmón, a través de un análisis estratégico de costos.
- Hepher, B. (1988). Nutrición de peces comerciales en estanques.
- INACAL. (2014). NTP 320.004:2014. Acuicultura. Buenas prácticas acuícolas en la producción de la trucha. (*Oncorhynchus mykiss*). (2a edición).
<https://normaslibres.inacal.gob.pe:8095/>.
- Jover, M., Martínez, S., Pérez, L. y Tomás A. (2003). Alternativas de diseño de una granja de truchas: volumen de producción y número de lotes anuales con dos perfiles de temperaturas. *AquaTIC*, (19).
<http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/257/0>
- MacCrimmon, H.R. (1971). World distribution of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 28(5): 663-704. DOI:10.1139/f71-098.
- Maiz, A. Valero, L. Briceño, D. (2010). Elementos prácticos para la cría de truchas en Venezuela. *Mundo Pecuario*. 6(2):157-168.
<http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/31338>
- Ministerio del Ambiente. (2015). Exploración de la distribución de la trucha naturalizada en zonas priorizadas de Junín y Huánuco. Informe final del Ministerio del Ambiente, diciembre 2015. https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/ldb_trucha_juninhuanuco_15.pdf

- Montesinos J. (2018). Diagnóstico situacional de la crianza de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en centros de cultivo del lago Titicaca. (Tesis de Maestría. Universidad Peruana Cayetano Heredia).
<https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/3862>
- Oyarzo, M. (2016). Sistema de control de gestión para los procesos de alimentación de *Salmo salar* para la empresa de productos del Mar Ventisqueros S.A. (Tesis para ingeniería civil industrial, Universidad Austral de Chile).
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2016/bpmfcio.98s/doc/bpmfcio.98s.pdf>.
- PROMPERU. (2018). Informe especializado, oportunidades para la trucha en el mundo.
<https://boletines.exportemos.pe/recursos/boletin/706029797rad06E43.pdf>
- ScaleAQ. (23 de febrero 2024). Tipos de sistemas de alimentación. <https://scaleaq.cl/categoria-de-producto/alimentacion-y-monitoreo/sistemas-de-alimentacion/>.
- Troutex. (15 de julio 2020). Gama de productos. <https://troutexaps.com/>
- Troutlodge. (08 noviembre 2023a). Nuestra historia. <https://www.troutlodge.com/es/historia/>
- Troutlodge. (08 noviembre 2023b). Productos. <https://www.troutlodge.com/es/trout-productos/>

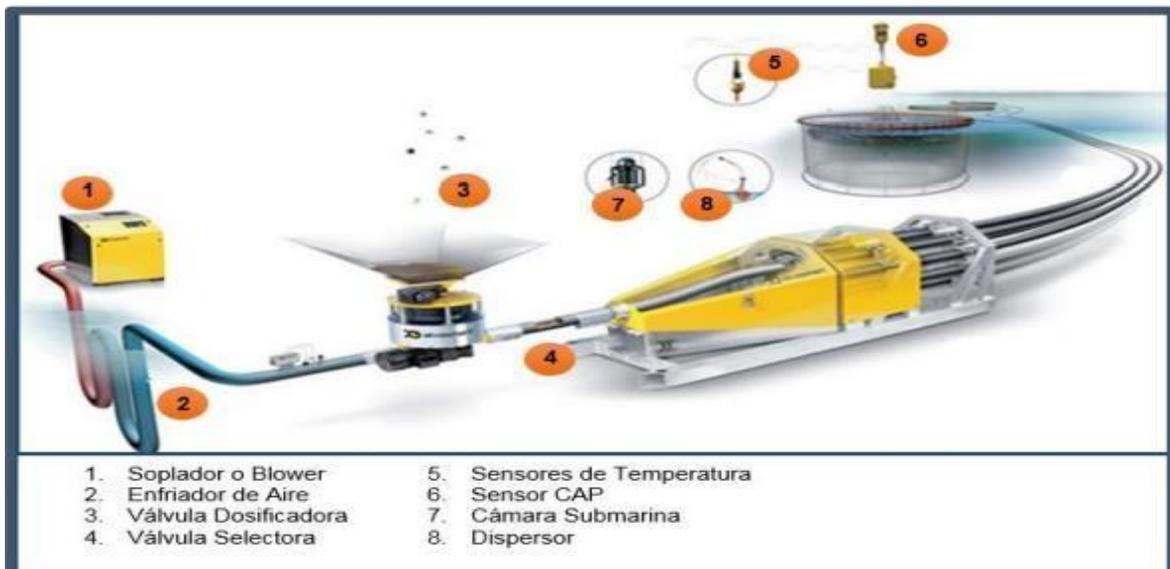
VIII. ANEXO

Anexo 1. Máquina alimentadora (Blower).



Fuente: FishFarmFeeder, 2022.

Anexo 2. Diseño del sistema de alimentación automatizado central.



- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| 1. Soplador o Blower | 5. Sensores de Temperatura |
| 2. Enfriador de Aire | 6. Sensor CAP |
| 3. Válvula Dosificadora | 7. Cámara Submarina |
| 4. Válvula Selectora | 8. Dispensor |

Fuente: AKVA GROUP, 2012.

Anexo 3. Blower Kaezer.



Fuente: AKVA GROUP, 2012.

Anexo 4. Enfriadora de aire.



Fuente: AKVA GROUP, 2012.

Anexo 5. Válvula dosificadora.



Fuente: AKVA GROUP, 2012.

Anexo 6. Válvulas selectoras.



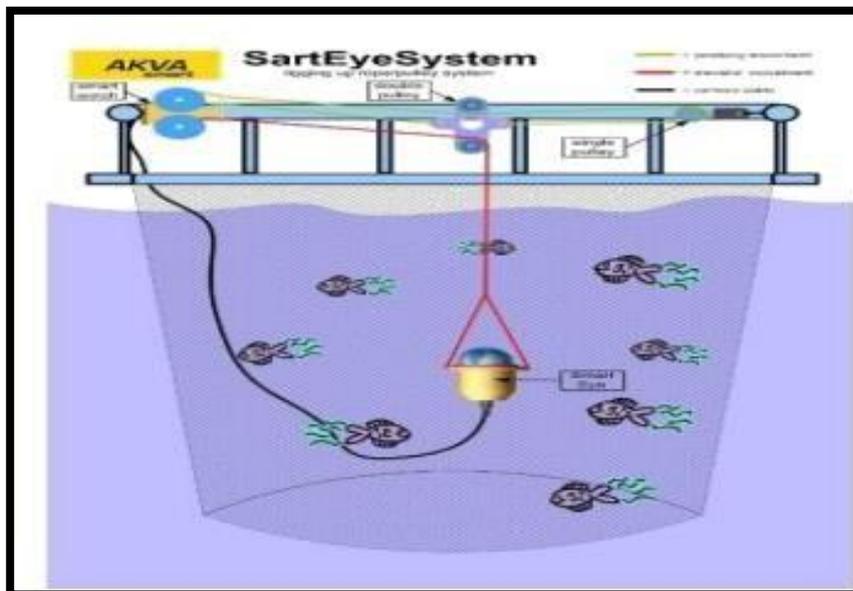
Fuente: AKVA GROUP, 2012.

Anexo 7. Sensores CAP.



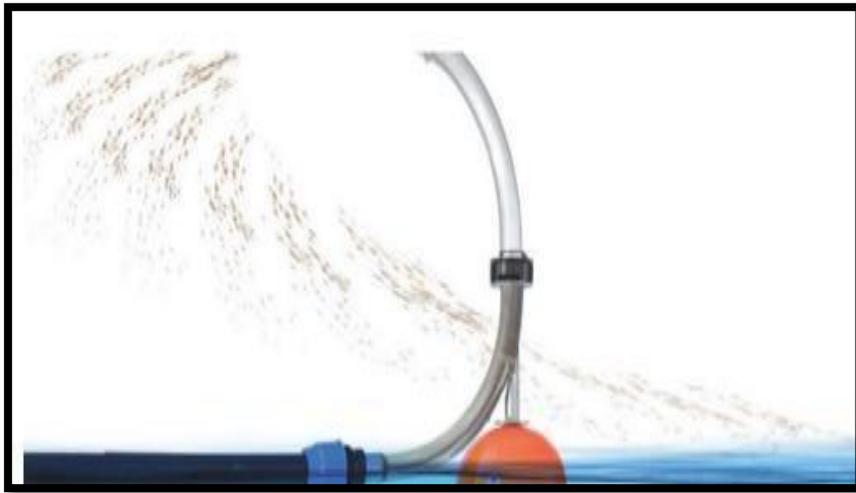
Fuente: AKVA GROUP, 2012.

Anexo 8. Cámara submarina.



Fuente: AKVA GROUP, 2012.

Anexo 9. Dispersores de alimento.



Fuente: AKVA GROUP, 2012.

Anexo 10. Guillotinas – Sistema Basic.



Anexo 11. Panel de Control – Sistema Basic.



Anexo 12. Tolva de recepción.

