



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

CULTIVO DE TRUCHAS (*Oncorhynchus mykiss*) EN JAULAS FLOTANTES

Presentado por:

GERALD LUIS, DELGADO ALBARRACIN

Bachiller del nivel **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos. El resultado obtenido es **12 % de porcentaje de similitud** por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

APROBADO OBTUVO EL 12% (MENOR AL 20% REQUERIDO)

Ica, 15 de septiembre de 2021

.....
JUAN MARINO ALVA FAJARDO
DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION
FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE
ALIMENTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA



**CULTIVO DE TRUCHAS (*Oncorhynchus mykiss*) EN JAULAS
FLOTANTES**

**TRABAJO MONOGRAFICO PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO
PESQUERO POR LA MODALIDAD: EXAMEN DE SUFICIENCIA
ACADEMICA**

AUTOR

Bach. DELGADO ALBARRACIN, GERALD LUIS

PISCO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Expreso mi gratitud a Dios por bendecir mi vida, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Gracias a mis padres Rossana y Félix, quienes con su amor, paciencia, dedicación y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por transmitirme buenas enseñanzas en especial a no rehuir a las adversidades de la vida.

A mis hermanos Milagros, Piero y Carlos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento. Gracias a toda mi familia por todas sus oraciones, consejos y palabras de aliento.

Agradezco a los docentes de la Escuela de Ingeniería Pesquera de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, por compartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi formación profesional, de manera especial, al Master Lot Eliel Vera y al Ing. Ricardo Gutiérrez.

Finalmente quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	06
CONTENIDO TEMÁTICO	
CAPÍTULO I: TRUCHA	07
1.1.Descripción general	07
1.2.Composición nutricional	12
CAPÍTULO II: TIPOS DE CULTIVO Y PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA PARA EL CULTIVO DE TRUCHA EN LA LAGUNA PUNRÚN – CERRO DE PASCO	14
2.1. Tipos de cultivo	14
2.2. Parámetros de cultivo	16
CAPÍTULO III: MANEJO TECNICO DEL CULTIVO DE TRUCHA EN LA LAGUNA PUNRÚN – CERRO DE PASCO	18
3.1. Descripción del área de estudio	18
3.2. Infraestructura de cultivo	18
3.3. Proceso del cultivo de trucha	30
3.4. Modelación del crecimiento de salmones	36
3.5. Aspectos sanitarios generales	42
3.6. Genética en la salmonicultura	43
CONCLUSIONES	45
FUENTES DE INFORMACIÓN	46
ANEXOS	49

ÍNDICE

	Pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica de la trucha arco iris	08
Tabla 2. Caracterización sintética de los estadios del ciclo vital de trucha arco iris	11
Tabla 3. Composición química de trucha fresca	13
Tabla 4. Características físico-químicas del agua para cultivar la trucha	17
Tabla 5. Tamaño de malla según rango de peso (referencial)	34

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Trucha arco iris hembras	09
Figura 2. Trucha arco iris macho	10
Figura 3. Infraestructura de la jaula de cultivo	19
Figura 4. Cáncamo de cabecera doble	21
Figura 5. Instalación de zunchos	22
Figura 6. Ensamble de pasillos	23
Figura 7. Instalación de Lock Bar Estándar y canal	23
Figura 8. Instalación de fondeos	24
Figura 9. Instalación de barandas	24
Figura 10. Puntos de fondeos de jaulas	25
Figura 11. Puntos de amarres de redes	25
Figura 12. Uso de accesorios	26
Figura 13. Instalación de flotadores	26
Figura 14. Lastres para fondeos de la jaula	27
Figura 15. Jaula ubicada en punto de destino	27
Figura 16. Almacén de redes	29
Figura 17. Tasas iniciales de alimentación recomendadas en Salmón en relación a la talla de los peces y a la temperatura del agua	41
Figura 18. Resultados de 2 experiencias que muestran el porcentaje de alimento no consumido con una oferta variada de calibres	42
Figura 19. Extracción de mortalidad de forma manual	49
Figura 20. Alimento en chata flotante para su traslado a los módulos (conjunto de jaulas)	50
Figura 21. Traslado de alimento a modulo	50
Figura 22. Bodega de alimento (almacén)	51
Figura 23. Entrega de alimento con poruña	51
Figura 24. Alimentación con cañón alimentador o blower	52
Figura 25. Revisión de red	53
Figura 26. Cambio de malla	53
Figura 27. Motobomba para el lavado de redes	54
Figura 28. Jaula madre en selección	55
Figura 29. Maquina seleccionadora y scanners de conteo y estimación de peso	55
Figura 30. Traslado de peces a engorda	56
Figura 31. Camión de traslado de alevines	57
Figura 32. Descarga de alevines	57

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es el sector de alimentos que presenta un exponencial crecimiento en todo el mundo, representa aproximadamente el 50 % de alimentos mundialmente y es una actividad que presenta un elevado potencial en cumplir con la demanda de alimentos (García *et al.*, 2013); siendo la trucha arco iris una de las especies de mayor producción debido a su facilidad de adaptarse a variedades de temperaturas y manejos en su cultivo.

Nuestro país no es ajeno a esta realidad ya que en los últimos 10 años la producción de trucha se incrementó en un 678 % al pasar de 6 997 toneladas en el año 2007 a 54 424 toneladas para el año 2017, según el análisis de las estadísticas realizadas por el ministerio de la producción. Considerando que casi la totalidad de la producción (83 %) es proveniente de la región de Puno donde la acuicultura se está convirtiendo en una gran alternativa para su desarrollo económico.

Para obtener éxito en el cultivo de la trucha depende de muchos factores entre ellos el más importante está representado por la calidad del alimento que reciben los peces, por lo cual debe de suministrarse un alimento adecuado, en el momento adecuado y la ración adecuada lo cual le permitirá absorber los nutrientes necesarios para su correcto desarrollo, lo cual también directamente relacionado con la eficiencia del cultivo. (FONDEPES, 2014).

En este contexto el uso del alimento eficientemente disminuirá los costos requeridos para la producción y generará un importante impacto en la rentabilidad del proceso productivo, mayormente en los sistemas de producción a mayor escala y escala avanzada. (Carpio y Tito, 2017).

Por lo consiguiente los objetivos del presente trabajo monográfico es dar a conocer las técnicas de producción acuícola de trucha, lo cual abarca toda la fase de cultivo y alimentación de los peces, como también los parámetros del agua óptimos para el cultivo y los factores para el cálculo de la ración alimenticia.

CAPÍTULO I

TRUCHA

La trucha arco iris es una especie originaria de las cuencas del Pacífico, fue incluida en todos los continentes del mundo a inicios del año 1874 a excepción de la Antártica, para su cultivo e incluso pesca deportiva. En el 1950 su producción aumentó debido al desarrollo de los alimentos peletizados y actualmente es cultivada en las cuencas altiplánicas de distintos países subtropicales y tropicales de Sudamérica, África y Asia. (FAO, 2017).

Su crianza en Perú inició a mitad del año 1920 con ovas embrionadas importadas de EE. UU. los cuales fueron instalados en un criadero ubicado a orillas del río Tishgo, en La Oroya, para luego distribuirse a las lagunas y ríos de Pasco y Junín. (RAGASH, 2009). En el año 1946 se llevó a cabo la primera siembra de alevinos de trucha en el lago Titicaca, obteniendo favorables resultados y positivas repercusiones económicas en comunidades circunlacustres. Por ello se colocaron cinco plantas procesadoras de trucha con una producción de 250 000 kg. anuales, sin embargo, el recurso terminó siendo sobreexplotado por la falta de conocimiento sobre técnicas de pesca. En los años siguientes, entre 1977 y 1978 el Ministerio de Pesquería implementó la crianza de truchas en jaulas flotantes, obteniendo resultados positivos otra vez. (Yapuchua, 2006). Actualmente, con las mejoras en las técnicas de crianza y los avances tecnológicos, el cultivo de la trucha representa una excelente opción para la producción de pescado fresco y la creación de puestos de trabajo (FAO, 2017).

1.1.Descripción general.

La trucha se caracteriza por ser de forma fusiforme (forma de huso) y presentar finas escamas cubriendo su cuerpo, levemente aplanada a los lados, y tiene una banda lateral rosada

iridiscente, la cual en su época de reproducción se vuelve más vistosa, su reproducción es sexual y es una especie ovípara. (FONDEPES, 2010).

Su coloración cambia según el ambiente donde vive, su edad, maduración sexual y otros factores. Se le denomina trucha arco iris por presentar una franja de distintos colores donde prevalece el color rojo sobre la línea lateral en ambos lados de su cuerpo; también tiene numerosas maculas de color negro en su piel (en forma de lunares), por lo que también es conocida en otros lugares como trucha pecosa. (FONDEPES, 2010).

1.1.1. Clasificación taxonómica.

La clasificación taxonómica de la trucha es:

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de la trucha arco iris.

Grupo	Nombre
Reino	Animal
Sub reino	Metazoa
Phylum	Chordata
Sub phylum	Vertebrata
Clase	Osteichthyes
Sub clase	Actinopterygii
Orden	Isospondyli
Sub orden	Salmoneidei
Familia	Salmonidae
Género	<i>Oncorhynchus</i>
Especie	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Nombre común	Trucha arco iris

Fuente: Camacho *et. al* (2000).

1.1.2. Características biológicas.

a. Reproducción.

La trucha arco iris es una especie ovípara con fecundación externa, para iniciar con su proceso reproductivo esta especie necesita conseguir la madurez sexual, lo que ocurre a los dos años de edad en las hembras y al año y medio en los machos aproximadamente. La madurez depende de diversos factores, es por ello que las tallas promedio en que las truchas inician la etapa de desove es cambiante, normalmente inician a los 30 cm. en las truchas hembras y a los 25 cm. en los machos. (FONDEPES, 2010).



Figura 1. Trucha arco iris hembra.
Fuente: FONDEPES (2010).

La trucha inicia su reproducción en el mes de abril hasta el mes de setiembre aproximadamente, presentando mayor actividad reproductiva en los meses de junio y julio. Su desove es una vez al año, tanto en ambientes naturales como en medios controlados (piscigranjas). (FONDEPES, 2010).



Figura 2. Trucha arco iris macho.
Fuente: FONDEPES (2010).

- **Etapas del ciclo vital de la trucha.**

El desarrollo biológico de la trucha está compuesto de 5 etapas. (Ocon & Luque, 2014).

- 1. Ova.** Son los huevos fecundados que después de 30 a 31 días de incubación a una temperatura de 10 °C eclosionaran al estado larval.
- 2. Larva.** Esta etapa se caracteriza por la presencia del saco vitelino en el abdomen y de cuyo contenido nutritivo vive la larva por un tiempo de 4 semanas, posteriormente el individuo se convierte en alevino y toma su alimento del exterior.
- 3. Alevino.** Esta etapa dura un promedio de 6 a 8 meses, cuando cada ejemplar alcanza un tamaño entre los 8 a 10 cm.
- 4. Juvenil.** Esta etapa se caracteriza porque los ejemplares presentan tallas entre los 10 a 20 cm., cuando el pez alcanza la longitud total de 20 cm. llega a su primer desove lo que indica el término del periodo juvenil y da inicio a su estadio adulto o reproductor.

- 5. Adulto.** Es la etapa final que se inicia con el primer desove de la trucha y dura hasta que perezca en el límite de su longevidad, alcanzando tamaños variables que dependen del medio en el que habita.

Tabla 2.

Caracterización sintética de los estadios del ciclo vital de trucha arco iris.

Estadía	Tamaño (cm.)	Peso (g.)	Duración (días)
Huevo	0.3 – 0.5	-	30 - 31
Larva	1 – 1.2	0.25	28 - 30
Alevino	2 - 10	1.2 - 10	180 - 240
Juvenil	10 - 20	10 - 200	240 – 720
Adulto	+ 20	+ 200	Hasta 12 – 15 años

Fuente: Ocon & Luque, (2014).

b. Alimentación.

Esta especie es carnívora, se alimenta de invertebrados y de peces pequeños, tragando sus presas enteras, y su crecimiento varía en base a las características del agua en el que habita, la temperatura y disponibilidad de alimento. (Bernard 2007).

En la truchicultura se utilizan alimentos balanceados compuestos de nutrientes esenciales como proteínas, grasas, carbohidratos, minerales, fibras y vitaminas. (CEDEP & ANTAMINA, 2009).

1.1.3. Características ecológicas.

a. Hábitat.

La trucha habita naturalmente en ríos, lagos y lagunas de aguas frías. Esta especie prefiere corrientes medias y fondos pedregosos donde hay vegetación. Resiste variedades de temperaturas pudiendo subsistir a temperaturas de 25°C por algunos días e incluso valores inferiores cercanos a la congelación. (FONDEPES, 2010).

b. Distribución.

En el Perú al haberse adaptado a los ríos, lagos y lagunas, se distribuye en casi todos los ambientes dulce acuícolas. Su distribución es variable, debido a que la trucha emigra de una zona a otra, dependiendo de factores como estación del año, tipo de alimento, estadio biológico, época reproductiva, etc. (FONDEPES, 2010).

c. Predadores.

En su estadio de ova, larva y alevines, tienen como predadores a peces de mayor tamaño e incluso a su misma especie. (FONDEPES, 2010).

d. Competidores.

En los ambientes naturales los alevines tienen como competidores a los peces nativos. La trucha por ser una especie territorial a medida que va creciendo trata de expandir su territorio por lo que los peces de menor tamaño son obligados a migrar a otras partes. (FONDEPES, 2010).

1.2. Composición nutricional.

Esta especie al igual que el resto de los peces posee un elevado valor nutricional con la capacidad de poder sustituir a distintos alimentos de origen animal, presenta un alto contenido proteico además de muchos nutrientes básicos para el desarrollo humano. (Chirinos, 2010).

La composición nutricional de la parte comestible de esta especie se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Composición química de trucha fresca.

Componente	Porcentaje (%)	
	Espinoza (2008)	Chuco (2015)
Agua	75.5	79.48
Grasa	3.1	3.71
Proteína	18.9	17.23
Minerales	1.2	1.91

Fuente: Espinoza (2008) & Chuco (2015)

CAPÍTULO II

TIPOS DE CULTIVO Y PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA PARA EL CULTIVO DE TRUCHA EN LA LAGUNA PUNRÚN – CERRO DE PASCO

La trucha fue la primera especie cultivada en Perú a mitad del siglo pasado con la incorporación de ovas importadas. (Ruiz, 2012). Este cultivo se lleva a cabo tanto en estanques de fibra de vidrio, tierra, concreto y jaulas flotantes. (PRODUCE, 2013 y Ruiz ,2012).

Debido a que esta actividad viene creciendo exponencialmente en nuestro país en los últimos años, es indispensable conocer los tipos de cultivos de la especie y los parámetros óptimos para su desarrollo.

2.1. Tipos de cultivo.

2.1.1. Según el sistema de producción.

Generalmente se clasifican en sistemas extensivos, semi intensivos e intensivos.

a. Sistema extensivo. En este sistema los alevines son criados libremente en lagunas u otras masas de agua donde al terminar su crecimiento son capturados empleando diversas artes de pesca. El sistema extensivo está caracterizado por presentar una baja productividad aproximadamente de 35 a 100 Kg. /ha. /año. Las empresas que realizan esta actividad normalmente están ubicadas en zonas asiladas. (FAO, 2017).

b. Sistema semi intensivo. Esta producción está caracterizada por emplear “jaulas flotantes”, que son generalmente económicas y de un transporte sencillo. En estas jaulas se producen de 5 a 15 kg. / m³, dependiendo de la calidad de agua del cultivo. (FAO, 2017).

c. Sistema intensivo. La crianza a nivel intensivo presenta técnicas adecuadas a las condiciones locales. Mayormente se realiza en un estanque de concreto o en jaulas flotantes donde sus densidades logran alcanzar los 20 y 14 Kg. / m³ respectivamente. (FAO, 2017).

2.1.2. Según el nivel de producción.

Esta clasificación está constituida de tres niveles. (Ley General de Acuicultura del Perú - DL 1195, 2016).

a. Acuicultura de recursos limitados. Estas actividades se realizan a nivel extensivo, principalmente para el autoconsumo y autoempleo. En este sistema la producción no excede las 3.5 Tm. al año.

b. Acuicultura de micro y pequeña empresa. Este tipo de cultivo se realiza a nivel extensivo, semi intensivo e intensivo para fines comerciales, y su producción anual no es superior a las 1500 toneladas. A esta categoría pertenecen los centros de producción de semillas y cultivo de peces ornamentales, al igual que las autorizaciones de investigación y las actividades acuícolas que se ejecutan en áreas protegidas.

c. Acuicultura de mediana y gran empresa. Es desarrollada a nivel semi intensivo e intensivo y se realiza con fines de comercio donde produce más de 150 toneladas al año.

2.1.3. Según el tipo de ambiente.

a. Crianza de truchas en ambientes no convencionales (Jaulas flotantes).

Las jaulas son estructuras flotantes que se instalan en lagunas, reservorios o represas, donde se cultiva la trucha a la cual se le provisiona alimento. El agua se cambia constantemente facilitando el aporte del oxígeno al interior (RAGASH, 2009). Según PRODUCE (2015), en el censo acuícola del año 2013, el 65 % de los productores de truchas emplea jaulas flotantes artesanales y el 4 % emplea jaulas flotantes metálicas. Su construcción se realiza con materiales que sean amigables con el ambiente y sencilla desinfección. Las características de la jaula deben de estar relacionadas con la producción de la piscigranja, teniendo en cuenta prevenir la sobreexplotación del cuerpo de agua. El tamaño de la malla tiene relación con el tamaño de los peces. La jaula flotante debe de ser colocada de forma perpendicular a la corriente de agua para que no se ubique en zonas de baja profundidad para así evitar la contaminación de zonas aledañas. (NTP 320.004, 2014).

2.2. Parámetros de cultivo.

Los parámetros del agua para el cultivo de trucha son los siguientes:

a. Temperatura. La trucha soporta temperaturas entre 25 °C y cercanos a la temperatura de congelación. (INCAGRO, 2008), siendo la temperatura optima en la etapa de crecimiento entre 10 y 17 °C (NTP 320.004, 2014).

Según FONDEPES (2014), a temperaturas entre 15 a 16 °C se obtienen resultados positivos, mientras que valores inferiores afectan el crecimiento y valores superiores aumentan el riesgo de propagación de enfermedades.

- b. Oxígeno disuelto.** El oxígeno disuelto es un factor importante del cual depende la supervivencia de los peces, los cuales presentan un desarrollo óptimo de su tamaño a concentraciones de 4.5 a 5.9 mg. / L. aproximadamente. (MAXIMIXE, 2010). Sin embargo, la norma técnica peruana recomienda concentraciones por encima de los 5.5 mg. / L. (NTP 320.004, 2014) debido a que valores menores originan estrés en la especie afectando su crecimiento y valores inferiores a 3.0 mg. / L. ocasionan la muerte del pez. (FONDEPES, 2014).
- c. Saturación de oxígeno.** Debido a que la crianza de trucha se realiza en grandes densidades es recomendable una saturación de oxígeno del 60 %. (PRODUCE, 2014).

Tabla 4.

Características físico-químicas del agua para cultivar la trucha.

Características	Rangos permisibles	Rangos óptimos
Temperatura (°C)	6 – 18	10 – 15
Oxígeno disuelto	6 – 10	8

Fuente: FONDEPES (2014).

CAPÍTULO III

MANEJO TECNICO DEL CULTIVO DE TRUCHA EN LA LAGUNA

PUNRÚN – CERRO DE PASCO

El manejo técnico de la crianza de trucha básicamente consiste en aplicar todos los parámetros óptimos de crianza de manera conveniente, que asegure el desarrollo y crecimiento de la especie en el proceso tecnológico, llegando a obtener productos de óptima calidad, en el menor tiempo posible y con los costos de producción más favorables para el acuicultor.

3.1. Descripción del área de estudio.

La laguna Punrún se encuentra ubicada en el departamento de Pasco a 4 305 m.s.n.m. en las siguientes coordenadas UTM 18S: 0337647 E y 8800896 N. Está localizada a 15 km. de la ciudad de Cerro de Pasco, con un tiempo de recorrido de 1 hora aproximadamente.

La laguna presenta aguas azuladas y represadas que descargan por un efluente al río Blanco, que es afluente del río San Juan, desembocando en el lago Junín. Presenta un clima extremo debido a las variables condiciones meteorológicas y su altitud. Existen 2 comunidades ubicadas a los alrededores de la zona las cuales desarrollan distintas actividades económicas como la ganadería y el cultivo de truchas en jaulas flotantes con un tamaño promedio de 0.5 m. de las truchas reproductoras. (Ministerio de la Producción, 2010).

3.2. Infraestructura de cultivo.

El cultivo en jaula flotante, también conocido como crianza en redes, es una técnica que favorece el aprovechamiento de los recursos acuáticos.

La jaula flotante está conformada por una estructura rígida, sobre la cual se apoya un sistema de flotación sosteniendo una bolsa elaborada a base de redes con la finalidad de mantener a la población de peces que se cría en un ambiente controlado. Toda la estructura está anclada al fondo con templadores y lastres; en algunas situaciones se le coloca un “techo” al sistema para prevenir el ataque de predadores, como también para evitar que los peces del cultivo se fuguen. (FONDEPES, 2010).

Este sistema está conformado por las siguientes partes:

- a. **Estructura flotante o rígida.** Están diseñadas con la rigidez estructural requerida para resistir las cargas a la que será sometida, debido a los fuertes vientos. Están construidas a base de acero estructural, galvanizados en caliente posteriormente lo que le brindara protección ante la corrosión de los metales. Los flotadores plásticos que se encuentran debajo de la estructura proveen la estabilidad necesaria para la operación. (Olivares E., 2009).

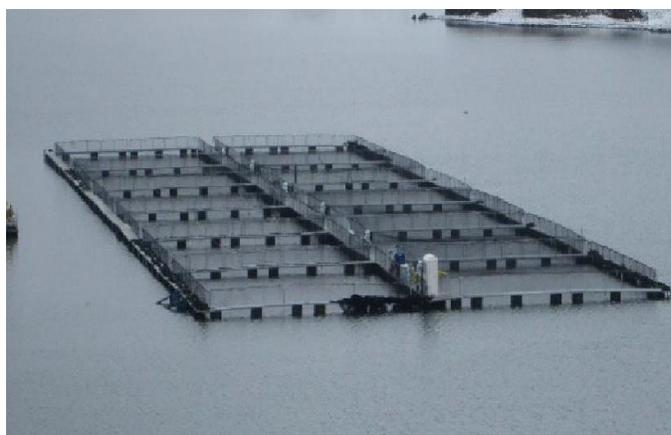


Figura 3. Infraestructura de la jaula de cultivo.
Fuente: Olivares E. (2009).

- b. Pasillos metálicos.** Estos elementos rígidos están contruidos de acero y están soldados. El piso es de acero de 2 mm. y presenta perforaciones que producen un efecto antideslizante y de fácil limpieza. Para su adecuada protección ante el ambiente marino esta estructura tiene un recubrimiento de zinc no inferior a 610 m² lo que equivale a un espesor de 80 micrones. La estructura de la jaula está compuesta por el pasillo cruz, el pasillo tee, el pasillo central y el pasillo lateral. (Olivares E., 2009).
- c. Flotadores.** Tienen la función de dar estabilidad a las jaulas, y están elaborados de polietileno rotomoldeado e inyectados con poliestireno. Estos flotadores se encuentran adheridos a los pasillos por medio de un sistema de abrazaderas metálicas, lo cual facilita un posible cambio ante una eventual pérdida de flotación. (Olivares E., 2009).
- d. Barandas.** Están contruidas de cañería de Ø 1 " de espesor de 2.6 mm., presenta una altura de 1 m. y son galvanizadas en caliente. Estas barandas tienen soportes de sujeción para las relingas de la red. (Olivares E., 2009).
- e. Articulaciones.** Existen dos tipos de articulaciones que son los más empleados:
1. Tipo butilos. Este tipo está conformado por 2 componentes, el primero es la articulación que consiste en 3 eslabones de cadena de 7/8 ", en cuyos extremos tienen un hilo con golilla y tuerca para poder fijarlo a los pasillos. El segundo componente es el butilo, el cual sirve como amortiguador y consiste en un cilindro con una perforación interior (poliuretano y caucho de alta densidad) en cual estará insertado el primer componente. (Olivares E., 2009).

2. Tipo bisagras. Este tipo de articulación es el más utilizado, por los buenos resultados que ofrece. Está conformada por una bisagra (macho – hembra) de acero galvanizado con un pasador de acero inoxidable dentro de un buje de goma, el cual aísla el pasador, evitando la corrosión y el contacto (metal – metal). (Olivares E., 2009).

f. Tapas de articulaciones. Tienen como objetivo que originan entre los pasillos por las articulaciones, evitando posibles accidentes de los operarios. (Olivares E., 2009).

g. Cáncamos de cabecera. Presentan gran capacidad de tracción hasta 80 ton., existen cáncamos simples y dobles para 2 líneas de fondeo en el mismo punto. (Olivares E., 2009).



Figura 4. Cáncamo de cabecera doble.
Fuente: Olivares E. (2009).

3.2.1. Diseño de las jaulas.

La jaula tiene la finalidad de conservar a los peces y permitir la circulación de agua entre la jaula y el ambiente que rodea la estructura. Esta función se ve influenciada por la forma, el volumen y el material que se emplea. (FONDEPES, 2010).

a. Tamaño de la jaula. Generalmente el cultivo de truchas se realiza empleando jaulas de 75 m³ (5 * 5 * 3 m.) y en otros casos se emplean volúmenes como 100

m³ (5 * 5 * 4 m.), 125 m³ (5 * 5 * 5 m.) y 500 m³ (10 * 10 * 5 m.). (FONDEPES, 2010).

- b. **Abertura de la malla de la jaula.** La abertura que presenta la malla está relacionada directamente a el tamaño de los peces que se cultivaran. También tiene influencia en la transferencia de agua entre la jaula y el medio que lo rodea. (FONDEPES, 2010).
- c. **Tapas de las jaulas.** Son necesarias para proteger a los peces de predadores, como también para evitar fugas de los peces durante fuertes oleajes. (FONDEPES, 2010).

3.2.2. Construcción de una jaula flotante.

Los pasos fundamentales para la construcción de una jaula flotante para el cultivo de trucha son los siguientes:

1. Instalación de zunchos.

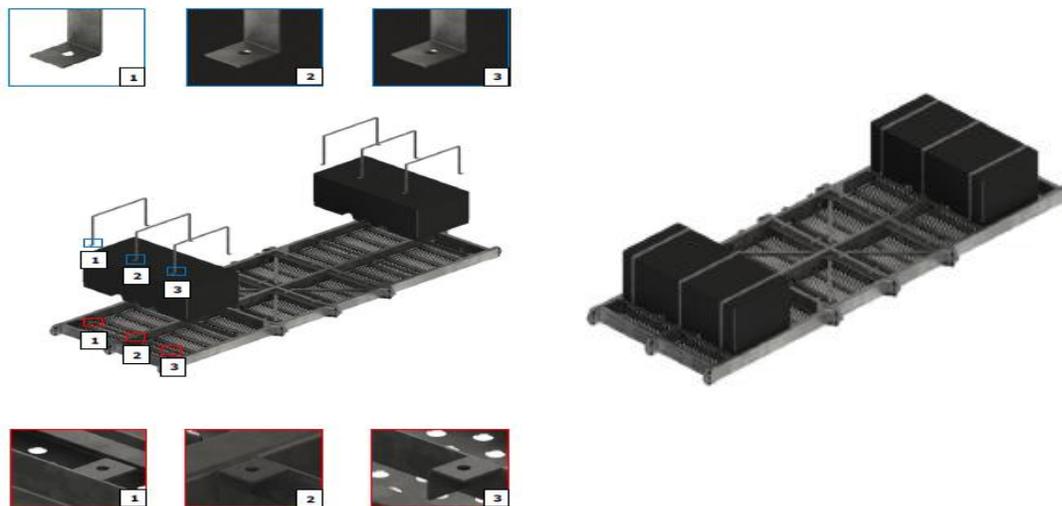


Figura 5. Instalación de zunchos.
Fuente: AKVAGROUP_{TM} (s. f.).

2. Acople de pasillos y pasadores Goma o Technygen.

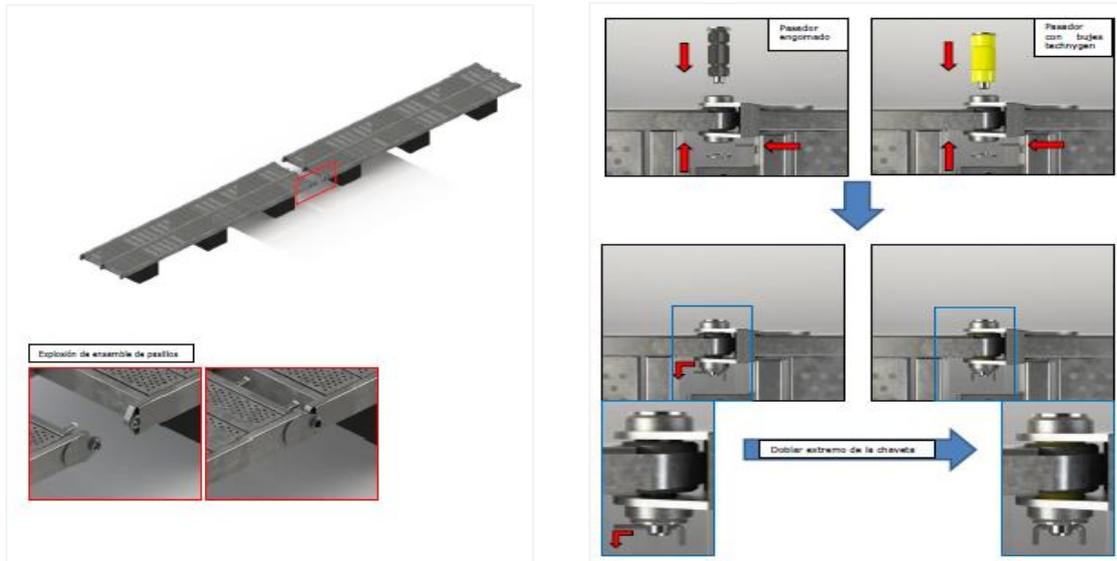


Figura 6. Ensamblaje de pasillos.
Fuente: AKVAGROUP™ (s. f.).

3. Instalación de Lock Bar Estándar y Canal.

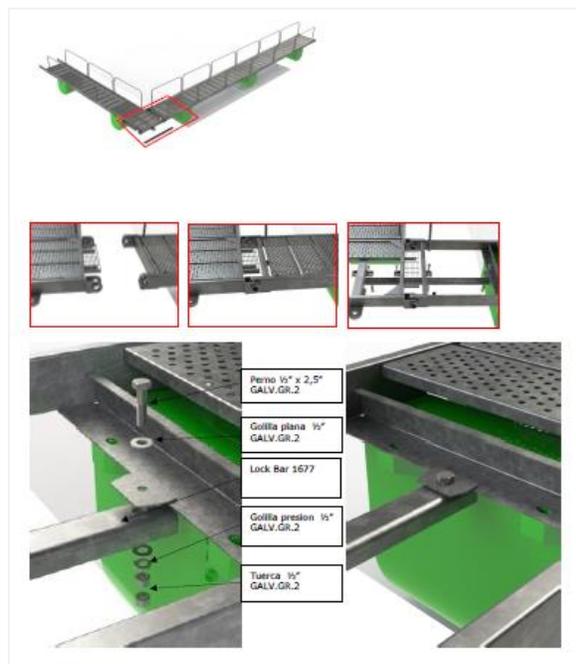


Figura 7. Instalación de Lock Bar Estándar y canal.
Fuente: AKVAGROUP™ (s. f.).

4. Instalación de fondeos.

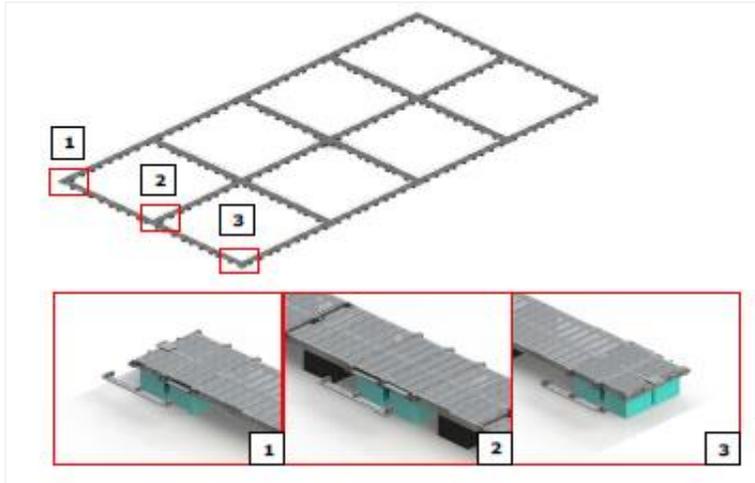


Figura 8. Instalación de fondeos.
Fuente: AKVAGROUP™ (s. f.).

5. Instalación de barandas.

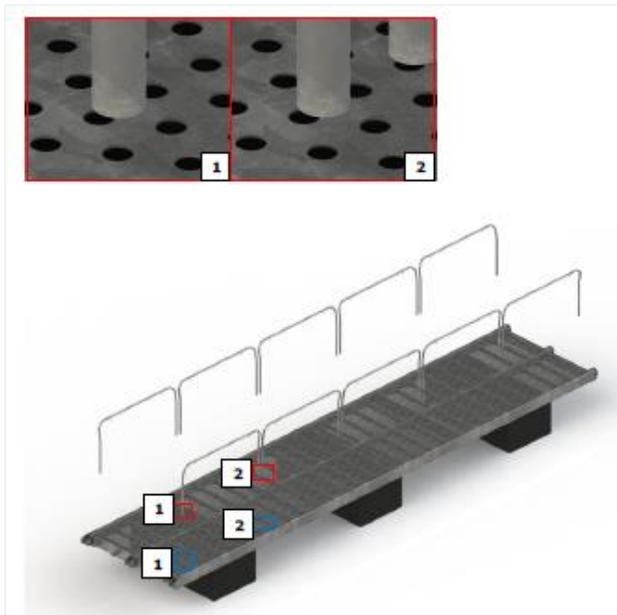


Figura 9. Instalación de barandas.
Fuente: AKVAGROUP™ (s. f.).

6. Puntos de fondeos de jaula.

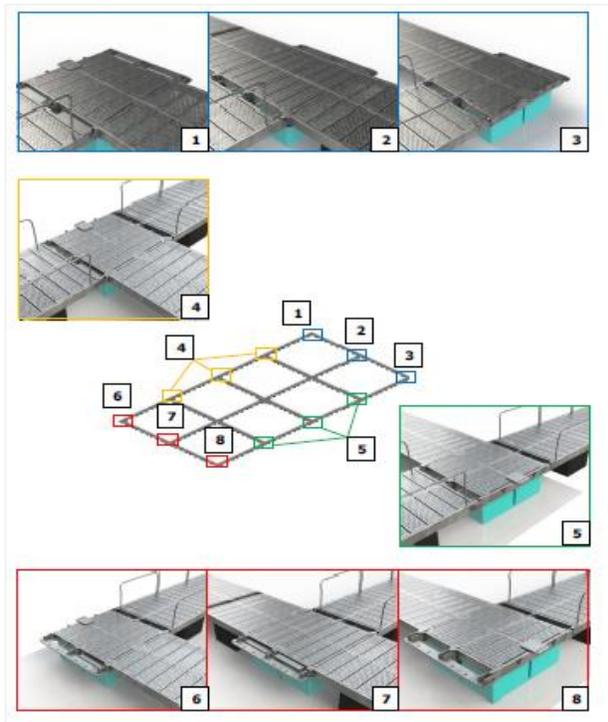


Figura 10. Puntos de fondeos de jaulas.
Fuente: AKVAGROUP™ (s. f.).

7. Puntos de amarres de redes.

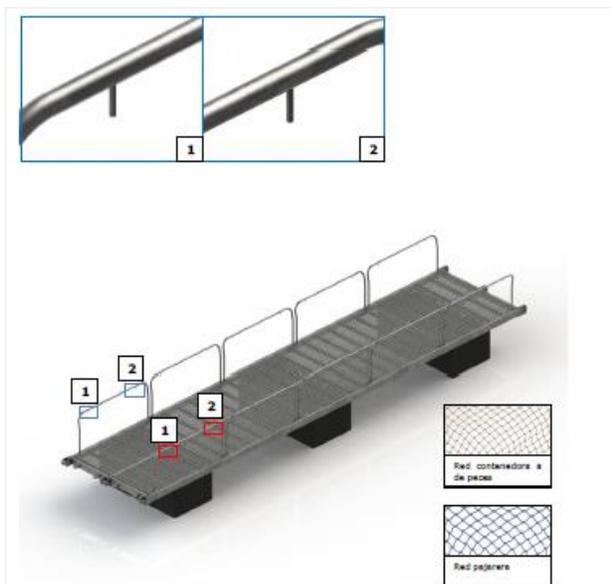


Figura 11. Puntos de amarres de redes.
Fuente: AKVAGROUP™ (s. f.).

8. Uso de accesorios.

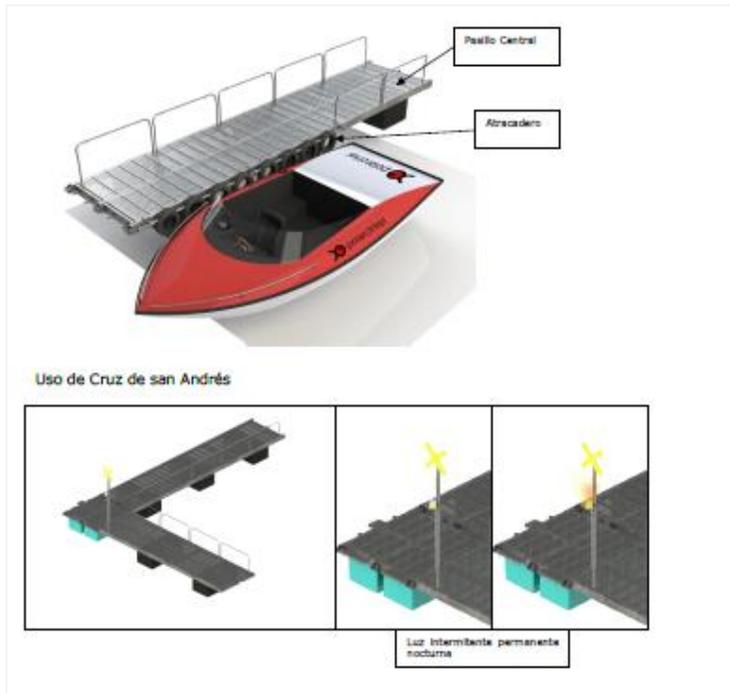


Figura 12. Uso de accesorios.
Fuente: AKVAGROUP™ (s. f.).

9. Armado de jaulas.



Figura 13. Instalación de flotadores.
Fuente: MAPSAC (s. f.).



Figura 14. Lastres para fondeos de la jaula.
Fuente: MAPSAC (s. f.).



Figura 15. Jaula ubicada en punto de destino.
Fuente: MAPSAC (s. f.).

3.2.3. Confección de la red.

La red o también denominada bolsa de cultivo se fabrica a base de paños de fibra sintética, de distintos números de hilo o abertura de malla según las tallas de los peces del cultivo. Las partes que presenta la red son las siguientes:

- a. **Red.** Compreendida por el cuerpo de la red. (FONDEPES, 2010).

- b. Estructura de cabo de la red.** Esta estructura está conformada por los cabos verticales, horizontales y de piso, los lados vertical y horizontal de la bolsa se unen con el cabo respectivo y consecutivamente con el piso. (FONDEPES, 2010).
- c. Botanes.** Son partes de cabo que presentan una gaza en el extremo, estos pueden ser delgados o gruesos de $\frac{1}{2}$ " o $\frac{1}{4}$ ", largos o cortos, con el fin de unir la bolsa a la estructura rígida formando la altura. (FONDEPES, 2010).

La red se encuentra unida por cabo de polipropileno de $\frac{1}{4}$ " y esta cosida con hilo alquitranado. La confección de la bolsa de cultivo sigue la siguiente secuencia:

1. Preparación de embande. Esta acción permitirá que la bolsa tenga mayor flexibilidad, soltura y forma adecuada, se recomienda un embande de 30%. (FONDEPES, 2010).
2. Cosido de la red con el cabo de $\frac{1}{4}$ ". Es indispensable que la posición de los paños, unión de las paredes y piso, permitan que la abertura sea máxima, lo cual garantizará una mayor oxigenación a las truchas. El cosido se realizará con hilo alquitranado N° 18. (FONDEPES, 2010).
3. Cierre de la bolsa. Para evitar deslizamientos entre el cabo y la red, se realizarán nudos firmes en el cierre pared – pared y pared - piso. (FONDEPES, 2010).



Figura 16. Almacén de redes.
Fuente: MAPSAC (s. f.).

Al instalar la bolsa, se colocarán lastres en cada esquina inferior con el fin de que se encuentre firme y mantenga su forma dentro de la columna de agua. Se sugiere que el peso varíe entre los 5 a 10 Kg. según el tamaño de la bolsa. (FONDEPES, 2010).

3.2.4. Instalación de la jaula y sistema de anclaje.

Para realizar la instalación de la estructura es necesario contar con una adecuada embarcación. Se realiza la siguiente secuencia:

1. La estructura se deberá ubicar de tal manera que la orientación de los flotadores muestre menor resistencia a la corriente de agua o a la dirección del viento, consecutivamente se fijaran los anclajes.
2. Definir el peso necesario según el número de jaulas flotantes a instalar, comportamiento del agua y condiciones de clima.
3. Ubicar lugares adecuados, considerando la profundidad, la dirección de los vientos dominantes, los movimientos del agua y la ubicación del anclaje.

4. Instalar a una determinada distancia, un conjunto de boyas entre el nudo de arranque de la jaula y la línea de fondeo, con el objetivo de que los extremos de la jaula no se desnivelen por el peso del lastre. (FONDEPES, 2010).

3.3. Proceso del cultivo de trucha.

La empresa MarAndino Perú S.A.C. (MAPSAC) es una compañía sudamericana que nace por el año 2013, dedicada a la industria acuícola desde el cultivo de trucha hasta su proceso final. Esta empresa se encuentra ubicada en la cima de la Cordillera de los andes, por encima de los 4 300 m. de altura. Su finalidad es brindar a sus clientes productos de muy buena calidad, los cuales han sido cultivados bajo los más altos estándares y dirigido por un sólido grupo de profesionales.

MAPSAC posee 4 centros de cultivo de los cuales 3 se encuentran ubicados en el lago Punrún y 1 en el lago Choclococha. El proceso de cultivo se realiza en aguas prístinas, en una zona donde los niveles de contaminación son mínimos y libre de patógenos comunes que puedan afectar a los peces. El centro de cultivo de Choclococha cuenta con una sala de incubación, donde las ovas procedentes del extranjero son incubadas hasta convertirse en alevinos, los cuales son codificados por grupos para un mayor control logístico al momento de su traslado a los distintos centros de cultivo ubicados en el lago Punrún donde continuaran su desarrollo.

El proceso de cultivo de truchas estas compuesto por las siguientes actividades.

a. Transporte y siembra de alevinos.

En el transporte es necesario asegurar el bienestar de los peces para que estos sean entregados en buenas condiciones, se debe de tener en cuenta que los peces deben de pasar un ayuno de aproximado de 24 a 48 horas, controlando

constantemente los niveles de temperatura, de oxígeno y estado de los peces. (INCAGRO, 2008).

La etapa de la siembra consiste en introducir los alevines a las jaulas flotantes, evitando el cambio de temperatura brusco. Para alimentarlos se debe de esperar por lo menos 12 horas, siendo necesario realizar una inspección de los alevines por un tiempo de 24 a 48 horas. (INCAGRO, 2008).

b. Monitoreo de temperatura y oxígeno.

Es indispensable controlar la temperatura por lo menos tres veces al día, es decir en la mañana, en la tarde y en la noche (FONDEPES, 2014), ya que este parámetro está inversamente relacionado con la concentración del oxígeno presente. (Woynarovich *et al.*, 2011)

Si este parámetro no es controlado constantemente existe la probabilidad de que los peces sean sometidos a un estado de estrés, ocasionando problemas en el crecimiento y aparición de algunas enfermedades. (Woynarovich *et al.*, 2011)

c. Extracción de mortalidad.

Los individuos muertos se concentran en el fondo de la red por lo que operarios capacitados corren la mortalidad desde el centro hacia un extremo de la jaula. Esta actividad consiste en levantar la primera sección de la malla (en ambos extremos) hasta la segunda línea de la malla lo que permite que esta sea dividida en dos partes iguales. La mortalidad es trasladada de una parte de la malla a otra sucesivamente hasta poder acumular la mortalidad en uno de los extremos de la jaula, la cual es retirada utilizando un carcal. Una vez finalizada la actividad los individuos muertos son contabilizados y registrados en su formato correspondiente. (MAPSAC, s. f.).

d. Suministro de alimento.

Mayormente los productores suministran el alimento comercial, el cual debe de estar almacenado en sus bolsas o en barriles sellados, lejos del piso o cualquier producto químico, en un lugar donde no haya humedad y se eviten los cambios de temperatura bruscamente. (MAPSAC, s. f.).

Para el suministro de alimento de los individuos del cultivo generalmente se emplean poruñas o cañones de aire.

- Alimentación manual (Poruña). Se emplea una paleta como medio de dispersión con el cual se entregará el alimento. (Solis, 2009).

Este método se realiza hasta que los individuos alcancen un peso aproximado de 95 gr.

- Cañón alimentador o blower. Es un alimentador portátil que presenta un sistema de dosificación del alimento en cuanto a volumen y distancia. Este equipo dispersa los pellets por una manguera flexible logrando cubrir la mayor superficie de la jaula sin que se pierdan en las paredes de las mallas. Se emplea también una cámara submarina que permite controlar la entrega del alimento a los peces. (MAPSAC, s. f.).

e. Muestreos.

Esta actividad consiste en cuantificar la biomasa existente en los sistemas de cultivo. Se realizan muestreos en base a la talla, peso y unidades, con el objetivo de poder determinar la siguiente información:

- Valores del peso y talla promedio.
- Aumento de peso y talla.
- Biomasa.

- Factor de conversión alimenticia.
- Porcentaje de mortalidad, etc. (FONDEPES, 2014)

f. Lavado de redes in situ.

El lavado de las redes consiste en extender la sobre una superficie plana y con agua a presión (hidrolavadora o motobomba) se va eliminando las algas que se encuentran impregnadas en las mallas. Esta acción se realiza desde un extremo de la malla hasta el extremo posterior. También se pueden emplear discos que al realizar movimientos verticales de arriba hacia abajo logran desprender las algas de las mallas sin tener que sacarlas a la superficie. (MAPSAC, s. f.).

g. Recambio de redes.

El manejo de jaulas de cultivo es un proceso que implica distintas actividades y factores que pueden comprometer el desarrollo de la trucha, es por ello que el cambio de malla se considera una de las actividades de mayor importancia ya que permite ubicar a los peces en el tamaño adecuado de malla en función al tamaño de su cabeza. (MAPSAC, s. f.).

El cambio de malla se realiza cuando la malla se encuentre sucia debido a la adherencia de las algas lo que origina que las aberturas de la malla se taponeen o cada vez que los peces superen el rango de peso según el tamaño de malla. (MAPSAC, s. f.).

Tabla 5.

Tamaño de malla según rango de peso (referencial).

Tamaño de malla	Rango de peso (g.)
1/2 "	3 – 15
3/4 "	15 – 100
1 "	100 - 250
1.5 "	250 – 1 000
2.5 "	1 000 - UP

Fuente: (MAPSAC, s. f.).

h. Selección de peces y traslado a engorda.

El crecimiento de los peces en los ambientes controlados de crianza, con el paso del tiempo se genera una disminución del espacio vital, del peso y la longitud, lo que provoca que la competencia por alimento sea cada vez mayor debido a que las especies de mayor tamaño tiene mayor probabilidad de consumir alimento, dejando a los más pequeños sin alimento. (FONDEPES, 2014).

En el plan de producción con el objetivo de optimizar el crecimiento de los peces y calcular las cantidades de alimento, se realiza la clasificación por peso de los individuos que es de 150 gr. empleando maquinas clasificadoras de peces. Esta acción favorece en la disminución del canibalismo y brinda una mayor homogeneidad en los lotes y mejor crecimiento del cultivo. Las maquinas seleccionadoras están asociadas a bombas de extracción que suministran los individuos para su clasificación. (Marco P., 2019).

Se realiza un muestreo previo a la clasificación en la jaula madre (jaula que está siendo seleccionada), esto permite determinar los pesos que conforman los

canales y la cantidad de peces. Los canales (jaulas vacías) serán llenados con los peces seleccionados y clasificados de tres maneras: en el canal 1 se ubicarán los peces más grandes, el canal 2 los peces medianos y el canal 3 los peces más pequeños. Estos canales llenos son llevados a las jaulas transportadoras para poder ser trasladados a los módulos de engorda. (MAPSAC, s. f.).

i. Monitoreo de densidad del cultivo y desdoble.

Se debe de tener en cuenta que una densidad adecuada evitará que se genere la competencia por alimento entre los peces y se tendrá una buena disposición de oxígeno en la jaula o estanque. Este factor se puede determinar con el número de peces por m^3 o $Kg. / m^3$, y cambia según el estadio del pez, clima, características fisicoquímicas del agua, etc. (FONDEPES, 2014).

El desdoble se realiza cuando la densidad de la jaula supera los 9 kg/ m. Esta operación es llevada a cabo por 4 operarios que inician realizando una inspección a toda la red para verificar que no se encuentre algún agujero que permita fugas. Posteriormente se coloca una jaula frente a la que contiene elevada densidad de individuos para que mediante un túnel los peces pasen a la jaula vacía, una vez que ambas jaulas tengan la misma densidad el túnel es levantado inmediatamente. (MAPSAC, s. f.).

j. Bioseguridad.

La bioseguridad es el grupo de prácticas de manejo que son aplicadas para reducir la transmisión de agentes patógenos y sus vectores en los estanques de cultivo. Estas medidas están diseñadas para evitar el ingreso de agentes patógenos que puedan afectar la sanidad, el bienestar y el rendimiento técnico de los peces.

Para garantizar un cultivo de peces exitoso se establecen buenas prácticas de manejo, dentro de las cuales podemos mencionar las siguientes consideraciones:

- Adecuada selección del lugar.
- Optimo diseño de la infraestructura.
- Limpieza y desinfección de la infraestructura y materiales de cultivo.
- Seleccionar alevinos resistentes y saludables.
- Emplear alimento de calidad.
- Monitoreo con frecuencia diaria de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua.
- Monitoreo constante de patógenos. (FONDEPES, 2014).

3.4. Modelación del crecimiento de salmones.

Es importante conocer los planes de producción para el cultivo del salmón es entender su desarrollo y como se puede mejorar para obtener cierta precisión en los resultados.

3.4.1. Factor de condición.

El factor de condición de Fulton (K) es la expresión empleada comúnmente para relación peso con longitud. El factor de condición de los peces alimentados según el apetito aumenta con el aumento del peso.

$$K = \frac{W * 100}{L^3}$$

Donde:

K = Factor de condición.

W = Peso de los peces (g.)

L = Longitud total (cm.).

3.4.2. Índice de crecimiento.

a. **Peso promedio.** Para obtener este valor existe una técnica empleada que es el de balanza. Este método consiste en un simple pesaje de manera rápida a una cantidad de 200 peces por jaula, sin embargo, consume tiempo y produce estrés en los peces. Además de requerir un manejo apropiado de los anestésicos. (MAPSAC, s. f.).

b. **Coefficiente de variación.**

$$CV = \frac{\textit{Desviacion estandar}}{\textit{Media aritmetica}} * 100$$

c. **SGR (Specific Growth Rate).** La tasa de crecimiento específica corresponde al porcentaje de crecimiento diario. (Miranda, R., s. f.). la fórmula más empleada para este cálculo es la siguiente:

$$SGR = \frac{(\ln W_f - \ln W_i) * 100}{n}$$

Donde:

SGR = Tasa específica de crecimiento.

W_f = Peso final (g).

W_i = Peso inicial (g).

n = Número de días entre peso inicial y final.

d. GF3 (Growth Factor 3). Modelo especificado por Iwama y Tautz en 1981, con la finalidad de crear un modelo de crecimiento sencillo, y a su vez considerar a la temperatura como un parámetro indispensable dentro de la predicción.

$$W_f^{0.33} = W_0^{0.33} + GF3 * \left(\frac{T}{1.000} \right) * (t_f - t_0)$$

Donde:

GF3= Factor de Crecimiento 3

W_f = es el peso final al tiempo t

W_0 = peso inicial

T= Temperatura media (°C)

$t_f - t_0 = \Delta T$ = Periodo de tiempo en días

En este modelo se asume que el $W^{0.03}$ es lineal en función del tiempo, de la misma forma que la pendiente resultante entre ambos con la temperatura ($T / 1.000$).

3.4.3. Índice de conversión o factor de crecimiento.

Es el índice más estimado en el cultivo de peces debido a que tiene relación directa con el alimento, mayormente este indicador depende casi en su totalidad a la dieta que se está empleando. Este índice puede ser calculados de forma directa si se conocen los requerimientos de energía de los peces y aporte de energía digestible de la dieta empleada, sin embargo, hay otras variables dificultan su determinación, como son: control de entrega de alimento, condiciones del ambiente, estado sanitario de los peces, desarrollo, etc. (Miranda, R., s. f.).

- a. **Factor de conversión biológico (FCR_b).** este factor permite calcular la eficiencia del uso del alimento con respecto a la biomasa producida, incluyendo la que corresponde a la mortalidad. Esta fórmula se define a continuación.

$$FCR_b = \frac{\textit{Alimento entregado (Kg.)}}{(\textit{Biomasa final} - \textit{Biomasa inicial} + \textit{Biomasa muertos})(Kg.)}$$

- b. **Factor de conversión económico (FC_e).** Mediante este factor se puede calcular la eficiencia de la utilización del alimento con respecto a la biomasa, pero sin incluir la masa que corresponde a la mortalidad. es considerado más como un indicador financiero, la ecuación se define como:

$$FC_b = \frac{\textit{Alimento entregado (Kg.)}}{(\textit{Biomasa final} - \textit{Biomasa inicial})(Kg.)}$$

- c. **Porcentaje de peso corporal (PC o SFR).** Llamada también tasa de alimentación diaria. Es el porcentaje de la cantidad de alimento por pez entregado al día, en función al peso del mismo.

$$\%PC = \frac{\textit{Alimento entregado (gr.)/pez/día}}{\textit{Peso medio (gr.)}} * 100$$

También puede ser calculado al multiplicar el FC_b del periodo por el SGR del mismo periodo.

3.4.4. Estrategia de alimentación de los salmones y su control.

- a. Cantidad de alimento.** Anteriormente una persona por jaula era la encargada de entregar la cantidad de alimento que requerían los peces, ya la alimentación era durante todo el día. A medida que la producción fue aumentando se hizo necesario optimizar esta etapa del proceso productivo, por ello se comenzó a estudiar el comportamiento de los peces durante la etapa de alimentación.

En la etapa de alimentación de un salmón de peso específico, a medida que aumenta la cantidad de alimento (%PC) la tasa de crecimiento (SGR) va aumentando hasta alcanzar un nivel máximo de crecimiento, después de alcanzar este nivel los peces ya no se desarrollaran incluso si se les da más alimento. La conversión FC_b adicionalmente a medida que aumenta la cantidad de alimento disminuye hasta llegar a un nivel óptimo para después comenzar a aumentar. (Miranda, R., s. f.).

- b. Velocidad de entrega del alimento, raciones y tamaño de partícula.** Este punto es importante cuando se entregan grandes cantidades de alimento, ya sea realizado por operarios o equipos, por eso es necesario evaluar formas para determinar las velocidades de entrega del alimento. (Miranda, R., s. f.).

- 1. Kg alimento / Tonelada de pez / min.** Debido a que este índice permite establecer un valor de velocidad fácil de entender por todos los operarios es el más empleado en las industrias, pero no muestra una aproximación real de la velocidad en que los peces reciben el alimento, a su vez se puede obtener un mismo valor para dos calibres diferentes de alimento, siendo diferente la cantidad de partículas disponibles para los peces. Según la investigación de Talbot, este índice emplea valores estándar definidos.

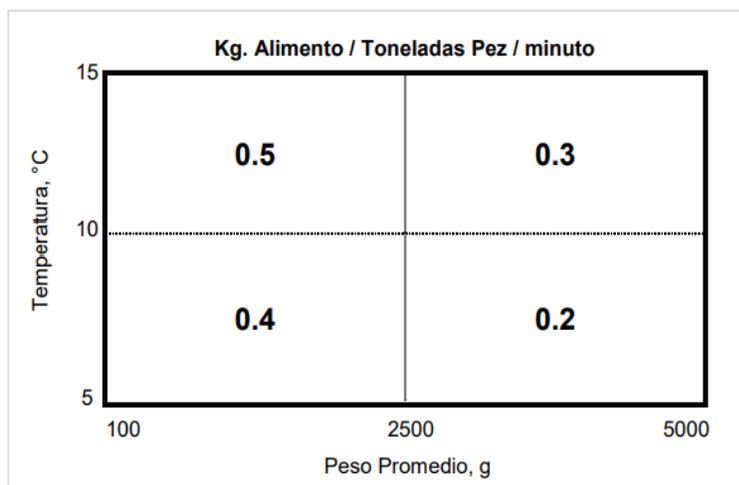


Figura 17. Tasas iniciales de alimentación recomendadas en Salmón en relación a la talla de los peces y a la temperatura del agua.
Fuente: Miranda R. (s. f.).

2. **Cantidad de raciones durante el día.** Los peces en años atrás se alimentaban varias veces en todo el día a velocidades relativamente bajas, en la actualidad debido al conocimiento sobre el comportamiento de los peces se pueden tomar decisiones en este proceso como, por ejemplo: alimentar a los peces durante el día solo una vez, no alimentarlos los días domingos, e incluso alimentarlos día por medio. Teniendo en cuenta que es imprescindible tomar estas decisiones basadas en estudios previos, ya que los peces se acostumbran a distintas condiciones y cuando estas son constantes durante un tiempo. Se recomienda alimentar a los peces con una ración diaria en función a su talla (sobre 1.0 Kg. al día). En varios estudios se establece que los salmones comen entre el 80 y 90 % de la cantidad de alimento requerido en una ración y en la mañana, además los salmones que se encuentran en una jaula en general se alimentan un día sí y al otro no.
3. **Variedad de calibres o tamaño óptimo de pellets.** Las estrategias suelen ser distintas, aunque el salmón siempre tiende a comer el pellet de mayor tamaño,

estudios demuestran que, si se le ofrece a una población de peces de la misma talla, diferentes tamaños de pellet, ellos siempre elegirán en mayores cantidades los pellets de mayor tamaño. Otros resultados muestran en relación al tamaño óptimo del pellet, que los peces que comieron los pellets de mayor tamaño crecieron más. La recomendación en esta etapa es alimentar a los peces con las partículas de mayor tamaño posible y no realizar mezclas de calibres en una misma ración de alimento.

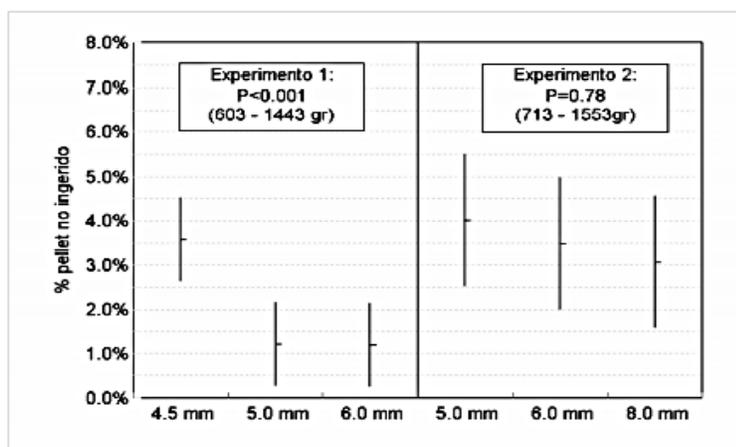


Figura 18. Resultados de 2 experiencias que muestran el porcentaje de alimento no consumido con una oferta variada de calibres
Fuente: Miranda R. (s. f.).

3.5. Aspectos sanitarios generales.

3.5.1. Enfermedades bacterianas.

Las diversas enfermedades producidas por microorganismos principalmente por las bacterias generan elevadas tasas de mortalidad en especies cultivadas, siendo la trucha una de las especies más afectadas. (Starliper & Schill, 2011). Una de las enfermedades más comunes originadas por bacterias es la producida por *Flavobacterium* (MAP, 2012).

Esta enfermedad bacteriológica genera una mortalidad aproximada de 1 000 a 3 000 individuos en un solo día, presentando cuadros patológicos evidentes, como ulceraciones

severas en la piel, musculo y aleta dorsal, también presentaban distensión abdominal y en algunos casos exoftalmia. (León, J. *et al.*, 2008).

Para evitar la propagación de esta enfermedad es recomendable tomar medidas de control como aislar la unidad productiva (jaula) que presento individuos con esta afección y desinfectar todos los materiales y utensilios que tuvieron con los que tuvieron contacto.

3.6. Genética en la salmonicultura.

La genética en la acuicultura involucra una selección artificial de individuos a través del fenotipo, lo que posibilita mejorar algunas características en la descendencia de la especie. El mejoramiento genético incluye aspectos moleculares, cromosómicos y de genética cuantitativa. Actualmente el mejoramiento genético por selección artificial se refuerza con los avances con la genética orientada a organismos transgénicos. Estos programas se desarrollan debido a la elevada competitividad en los mercados al adquirir peces con lo que se asegure una optimo resultado productivo. El mejoramiento genético es una actividad lucrativa como se demuestra en la gran cantidad de ejemplos en las áreas de producción animal (vacunos de carne y leche, cerdos, carnes de ave, entre otros). Asimismo, existen ejemplos recientes en la acuicultura, que de acuerdo a investigaciones realizadas indica una tasa de mejoramiento, debido a que la elevada variabilidad presente la superior fecundidad de los peces permite realizar mayores intensidades de selección. Las empresas que lideran las actividades productivas a nivel internacional son aquellas que optan por el mejoramiento genético de las especies, y por lo tanto exportan reproductores mejorados genéticamente, o sus gametos a otros centros de producción. (Miranda, R., s. f.).

Empresas chilenas dedicadas a la acuicultura, han tenido un gran crecimiento en los últimos años, mostrando interés en incluir el mejoramiento genético. La finalidad del mejoramiento genético es ampliar la eficiencia del sistema productivo en términos económicos, generando una modificación continua de las características biológicas de los individuos. Lograr que los descendientes tengan características genéticas superiores a las de sus padres en un sistema productivo continuando generación tras generación. Esto significa que cada generación nueva acumula una mejora genética a lo conseguido anteriormente en el mismo stock, convirtiendo esta actividad en un negocio de largo plazo, con retornos efectivos que dependerán de la cantidad del espacio entre generaciones y de la eficacia de los métodos empleados. (Miranda, R., s. f.).

Los programas genéticos actualmente centran su metodología de selección en la elección de familias o individuos con lo cual es probable garantizar un mejor resultado, aumentando la posibilidad de que un carácter deseado se manifieste y mantener un excelente sistema de registros con lo que se conseguirá cuantificar índices como la tasa de consanguinidad, heredabilidad, entre otras. A continuación, se muestran algunas características que son consideradas para el proceso de mejora genética:

- Peso a la Cosecha.
- Tasa de crecimiento.
- Maduración.
- Retención de Pigmento.
- Expresión de Color.
- Adelantamiento de Desoves.
- Resistencia a Enfermedades.
- Mejor digestibilidad de Vegetales.

CONCLUSIONES

El progreso sistemático de crecimiento y producción de trucha “arco iris” está relacionada al manejo de las distintas técnicas de cultivo. Por lo que las tecnificaciones de los métodos de crianza deben de ser adecuados.

La estación de producción acuícola debe contar con ambientes adecuados, abastecimiento constante de agua y vías de acceso que permitan su fácil transporte.

Para un sistema de cultivo que maneja grandes cantidades de biomasa es necesario el óptimo funcionamiento y mantenimiento periódico de la instalación a fin de que la especie se desarrolle en las mejores condiciones.

Para un mejor resultado en el crecimiento de la trucha es indispensable tener un control constante de la biomasa presente en las jaulas para poder suministrar el alimento con una ración adecuada.

En la etapa de cosecha es importante cumplir con el ayuno de los peces para poder garantizar que el producto llegue a las plantas de procesamiento en las mejores condiciones, asegurando la calidad del producto.

FUENTES DE INFORMACION

AKVAGROUPTM. (s. f.). Manual de usuarios de jaulas metálicas. Pág. 29 – 30, 34, 36 – 38, 42 – 43, 45.

Camacho, E. *et al.* (2000). Guía para el cultivo de trucha. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.2000; 135 p.

Carpio, E., & Tito, E. (2017). Escalas Productivas y Nivel de riesgo del producto de trucha, Puno - Perú, 13.

Chirinos, J. (2010). Estudio de factibilidad para la producción integrada de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) y cuyes (*Cavia porcellus*), en el distrito de Chuguata - Región Arequipa. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Pesquero. UNSA. Arequipa –Perú.

Chuco, F. (2015). Determinación de parámetros para la elaboración de conservas de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) usando diferentes tipos de líquido de gobierno. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Pesquero. UNSA. Arequipa –Perú.

Congreso de la Republica. (2016). Decreto Legislativo N° 1195. Ley que aprueba el reglamento de la Ley General de Acuicultura. Normas Legales. Diario Oficial el peruano. Perú. 581662-58174p.

FAO, (2017). National aquaculture sector overview Perú. Fish and Aquaculture Department. http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_peru/en

FONDEPES (2014). Fondo Nacional de desarrollo Pesquero. Manual de crianza de truchas en ambientes convencionales. Lima-Perú. 57p.

FONDEPES, (2010). Fondo nacional de desarrollo pesquero. Manual de cultivo de trucha arco iris en jaulas. Lima-Perú. 33, 36-38, 58 pág.

García, D. *et al.*, (2013). Desarrollo de la producción de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el Centro de México, 2006–2010.

INCAGRO. (2008). Manual para la producción de truchas en jaulas flotantes. Huancavelica-Perú. 62p

MAP (Mundo Acuícola Pesquero), (2012). Mortalidad de salmónidos en agua dulce por bacterias de aguas frías. Artículos Técnicos-ciclo Seminarios, Edición No. 79.

MarAndino Perú S.A.C. (MAPSAC). (s.f.). Manual: Manejo práctico del alimento en centros de engorda.

Marco, P. (2019). Diseño de una granja marina autosostenible para aguas abiertas. Disponible en: <https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/8125/tfm-mardis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MAXIMIXE. (2010). Elaboración del estudio de mercado en la Trucha en Arequipa, Cusco, Lima, Puno y Huancayo. [PRODUCE] Ministerio de la Producción. Perú. 42 p.

Ministerio de la Producción (2010). Evaluación de recursos hídricos en las regiones de Pasco, Ayacucho, Cusco, Puno y Ucayali. Disponible en: [http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/informe-final-lagunas\(1\).pdf](http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/informe-final-lagunas(1).pdf)

Miranda, R. (s.f.). Curso de Salmonicultura. Master en Medio Ambiente con Mención en Gestión y Ordenamiento Ambiental (USACH). 42 p.

Norma Técnica Peruana 320.004. (2014). Acuicultura. Buenas Prácticas acuícolas en la producción de truchas arco iris. 2da edición. INDECOPI.

Ocon, C. & Luque, W. (2014). Caracterización y crío preservación de semen de trucha arco iris (*Onchorynchus mykiss*) en el centro experimental La Raya - Provincia de Canchis. Disponible en: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/957>

Olivares, E. (2009). Reconocimiento e inspección de centros de cultivos. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcio.48r/doc/bmfcio.48r.pdf>

PRODUCE (2015). Diagnóstico de vulnerabilidad actual del sector pesquero y acuícola frente al cambio climático. Tomo 3: Diagnostico actual del sector pesca y acuicultura.

Produce (2014). Manual de crianza de truchas en ambientes convencionales.

RAGASH, (2009). Manual de Crianza de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Ragash - Perú. 25p.

Ruiz, L. (2012). Estado de la acuicultura en el Perú. Revista AquaTIC, (37):99-106. Disponible en: http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/37_12.pdf

Starliper C. & Schill, W., (2011). Flavobacterial Diseases: Columnaris Disease, Coldwater Disease and Bacterial Gill Disease. In: Fish Diseases and Disorders, Vol. 3: Viral, Bacterial and Fungal Infections 2 Ed. CABI. USA. pp. 606-631

Woynarovich A., *et al.*, (2011). Small-scale rainbow trout farming. Fisheries and Aquaculture Technical Paper. [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations.

ANEXOS

Anexo A. *Extracción de mortalidad.*



Figura 19. Extracción de mortalidad de forma manual.
Fuente: MAPSAC (s. f.).

Anexo B. Estrategia de alimentación de los salmones.



Figura 20. Alimento en chata flotante para su traslado a los módulos (conjunto de jaulas).

Fuente: MAPSAC (s. f.).



Figura 21. Traslado de alimento a modulo.

Fuente: MAPSAC (s. f.).



Figura 22. Bodega de alimento (almacén).
Fuente: MAPSAC (s. f.).



Figura 23. Entrega de alimento con poruña.
Fuente: MAPSAC (s. f.).



Figura 24. Alimentación con cañón alimentador o blower.
Fuente: MAPSAC (s. f.).

Anexo C. *Lavado y cambio de mallas.*



Figura 25. Revisión de red.
Fuente: MAPSAC (s. f.).



Figura 26. Cambio de malla.
Fuente: MAPSAC (s. f.).



Figura 27. Motobomba para el lavado de redes.
Fuente: MAPSAC (s. f.).

Anexo D. Selección de peces.



Figura 28. Jaula madre en selección.
Fuente: MAPSAC (s. f.).



Figura 29. Máquina seleccionadora y scanners de conteo y estimación de peso.
Fuente: MAPSAC (s. f.).

Anexo E. *Traslado de peces a engorda.*



Figura 30. Traslado de peces a engorda.
Fuente: MAPSAC (s. f.).

Anexo F. *Traslado y descarga de alevines.*



Figura 31. Camión de traslado de alevines.
Fuente: MAPSAC (s. f.).



Figura 32. Descarga de alevines.
Fuente: MAPSAC (s. f.).