

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE PESQUERÍA



**“EVALUACIÓN DEL ESTRÉS USANDO UN ROBOT SUBMARINO
PARA EXTRAER LA MORTALIDAD DE TRUCHA ARCO IRIS
(*Oncorhynchus mykiss*) EN JAULAS FLOTANTES”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO PESQUERO**

HÉCTOR DANIEL TORRES BENDEZÚ

LIMA – PERÚ

2020

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERÍA

“EVALUACIÓN DEL ESTRÉS USANDO UN ROBOT SUBMARINO PARA EXTRAER LA MORTALIDAD DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN JAULAS FLOTANTES”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO

Presentado por:

HÉCTOR DANIEL TORRES BENDEZÚ

Aprobado por el siguiente jurado evaluador:

Mg. Sc. Elsa V. Vega Galarza
Presidente

Dra. Verónica A. Sierralta Chichizola
Miembro

Dr. Wilfredo L. Vásquez Quispesivana
Miembro

M. Sc. Fernando S. Galecio Regalado
Asesor

Ing. Jaime D. Pérez Inca
Co-asesor

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a toda mi familia por todo el apoyo que me dieron durante mi etapa académica, especialmente para mi abuelo Juan Torres que me hubiera gustado que este aún con nosotros para celebrar este logro y también para mi tío Eleuterio Baldiviano que nos dejó en esta época tan complicada por la pandemia.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Piscifactorías de Los Andes S.A., por el apoyo en la realización de la parte experimental del trabajo y apostar por el desarrollo de la investigación de la acuicultura.

A mi asesor, MSc. Fernando Galecio Regalado por sus consejos y recomendaciones que ayudaron a materializar el presente trabajo.

Al equipo del área de producción y calidad de la empresa, liderada por el Ing. Jaime Pérez Inca, quien además fue el co-asesor de esta investigación.

A los miembros del jurado, quienes aportaron con sus recomendaciones tan atinadas para la mejora de la presentación de la tesis.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Especie en estudio: Trucha arco iris (<i>O. mykiss</i>).....	3
2.2 Clasificación taxonómica.....	3
2.3 Principales parametros de calidad del agua en el cultivo de trucha arco iris	4
2.4 El estrés en peces.....	5
2.4.1 Agentes causantes de estrés.....	6
2.4.2 Respuestas fisiológicas al estrés	7
2.4.3 Efectos del estrés en el cultivo de peces.....	10
2.4.4 Medidas para controlar el estrés	11
2.4.5 Equipos de medición rápida de concentración de glucosa en peces.....	12
2.5 Uso del Robot Submarino: ROV	13
2.5.1 Historia del ROV en la acuicultura	14
2.5.2 Servicios del ROV a la pesca y acuicultura.....	14
2.5.3 Aplicaciones del ROV en la acuicultura	15
III. METODOLOGÍA	16
3.1 Lugar y Periodo de Ejecución	16
3.2 Unidades Experimentales.....	16
3.3 Unidades Biológicas	16
3.4 Diseño Experimental	17
3.5 Obtención de datos en la fase experimental	17
3.6 Evaluación de niveles de glucosa en la sangre del pez	17
3.7 Evaluación de indicadores biológicos.....	18
3.8 Análisis Estadístico.....	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
V. CONCLUSIONES	29
VI. RECOMENDACIONES	30
VII. BIBLIOGRAFÍA	31
VIII. ANEXOS	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Medias de concentración de glucosa en la sangre (mg/dl) de trucha arco iris (<i>O. mykiss</i>)	21
Figura 2. Medias de la tasa de crecimiento específica (TCE) de trucha arco iris (<i>O. mykiss</i>).....	23
Figura 3. Medias del factor de conversión alimenticia (FCA) de trucha arco iris (<i>O. mykiss</i>).....	24
Figura 4. Medias del factor de condición corporal (K) de trucha arco iris (<i>O. mykiss</i>).....	25
Figura 5. Medias del porcentaje de mortalidad quincenal de trucha arco iris (<i>O. mykiss</i>).....	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de oxígeno y temperatura en los meses de la fase experimental.....	20
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Resumen de pesos promedios de las biometrías, alimento usado y ganancia de peso.....	35
ANEXO 2. Descripción del sistema del equipo para extracción de mortalidad (DTG2 ROV).....	36
ANEXO 3. Proceso de extracción de mortalidad haciendo uso del método tradicional (Control).....	37
ANEXO 4. Proceso de extracción de mortalidad haciendo uso de un robot submarino “ROV” (Tratamiento).....	38
ANEXO 5. Toma de la muestra de sangre para la determinación de niveles de glucosa en los peces evaluados.....	39
ANEXO 6. Biometrías para obtención de datos de peso y talla.....	40
ANEXO 7. Proceso de alimentación de los peces.....	41
ANEXO 8. Tablas estadísticas.....	42

RESUMEN

En esta investigación se evaluó las respuestas secundarias y terciarias al estrés en dos grupos de peces utilizando diferentes métodos de extracción de mortalidad en jaulas flotantes en un cultivo intensivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la región de Puno. El método usado en el control consistió en levantar toda la bolsa de malla de la jaula hasta llegar a los peces muertos y recogerlos con la ayuda de un chinguillo; y el método usado en el tratamiento consistió en sumergir un robot submarino operados remotamente (ROV, por sus siglas en ingles de *Remotely Operated Vehicle*) a la jaula y por medio del controlador localizar a los peces muertos y extraerlos. Se realizaron biometrías cada quince días para el cálculo de la tasa de crecimiento específica, factor de conversión alimenticia y factor de condición corporal; además se tomó muestras de sangre a los peces una vez al mes para determinar los niveles de glucosa en la sangre. La fase experimental inicio con 12 500 peces por jaula con un peso promedio de 110 gramos. Los resultados demostraron que el grupo de peces del tratamiento estuvieron menos estresados en todo el periodo de prueba, obteniendo valores de 110 y 105 mg/dl de glucosa a los 45 y 75 días respectivamente, mientras que el grupo control obtuvo 117 y 112 mg/dl en los mismos días. Con respecto al rendimiento en crecimiento, el grupo de peces del tratamiento obtuvieron la mayor tasa de crecimiento específico a los 45 días de 1,94 en comparación al control que fue de 1,6; lo mismo ocurrió con el factor de conversión alimenticia a los 45 días donde obtuvo 0,7 en contraste con el grupo de peces del control que su valor fue de 0,9; en el caso del factor de condición corporal sus valores permanecieron casi constantes para ambos grupos; por último el grupo de peces del tratamiento obtuvo un menor porcentaje de mortalidad a los 75 días de 1,3 %, con respecto al grupo de control que fue de 1,5%. A pesar de que no se obtuvo diferencias estadísticamente significativas de los indicadores, la tendencia de los valores obtenidos en el grupo de peces donde se utilizó el ROV para extraer la mortalidad fueron favorables considerando que esta prueba se realizó en un cultivo intensivo y cumpliendo con las buenas prácticas acuícolas de la empresa.

Palabras clave: cultivo intensivo, glucómetro, estrés, respuesta secundaria, respuesta terciaria.

ABSTRACT

In this research, the secondary and tertiary responses to stress were evaluated in two groups of fish using different methods of extraction of mortality in floating cages in an intensive culture of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in the Puno region. The method used in the control consisted of lifting the entire mesh bag from the cage until reaching the dead fish and collecting them with the help of a “chinguillo”; and the method used in the treatment consisted of submerging a remotely operated vehicle (ROV) into the cage and by means of the controller locating the dead fish and extracting them. Biometrics were performed every fifteen days to calculate the specific growth rate, food conversion factor and body condition factor; in addition, blood samples were taken from the fish once a month to determine glucose levels in the blood. The test started with 12,500 fish per cage with an average weight of 110 grams. The results showed that the group of fish in the treatment were less stressed throughout the test period, obtaining values of 110 and 105 mg / dl of glucose at 45 and 75 days respectively, while the control group obtained 117 and 112 mg / dl on the same days. Regarding the growth performance, the group of fish in the treatment obtained the highest specific growth rate at 45 days of 1.94 compared to the control, which was 1.6; the same happened with the feed conversion factor at 45 days where 0.7 was obtained in contrast to the group of control fish whose value was 0.9; in the case of the body condition factor, its values remained almost constant for both groups; finally, the group of fish in the treatment obtained a lower percentage of mortality at 75 days of 1.3%, compared to the control group, which was 1.5%. Despite the fact that no statistically significant differences were obtained from the indicators, the trend of the values obtained in the group of fish where the ROV was used to extract mortality were favorable considering that this test was carried out in intensive culture and complying with the good aquaculture practices of the company.

Keywords: intensive culture, glucometer, stress, secondary response, tertiary response.

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura peruana ha crecido rápidamente en los últimos años, resaltando a la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) como la especie con mayor producción a nivel nacional. Según FAO (2020), para el año 2018 esta especie representa el 53,1% de toda la producción acuícola en el Perú de un total de 103 598 toneladas. Debido a la importancia de esta especie para la acuicultura nacional es necesario tecnificar el manejo de las actividades que se realizan dentro de un centro de cultivo con la finalidad de tener una producción más eficiente. Además, un adecuado manejo productivo mejora la calidad de la especie haciéndolo más atractiva para el mercado.

El mayor problema que tiene un centro de producción de trucha arco iris es la elevada mortalidad que se da debido a muchas circunstancias que se presentan dentro del centro; una de ellas es la excesiva manipulación a los peces que ocurre al realizar alguna actividad de manejo productivo (selección, inventario, movimientos, recojo de mortalidad, entre otras), en concordancia con lo mencionado, Montesinos (2018), en su diagnóstico de la situación productiva de trucha arco iris en el lago Titicaca menciona que “una de las tantas causas de mortalidad en un centro de crianza de trucha arco iris es debido a que muchas de las actividades no son llevadas de manera técnica”.

En los últimos años, la tecnología ha aportado muchas herramientas de gran utilidad a la acuicultura para facilitar las actividades rutinarias del manejo y evitar la excesiva manipulación del pez, es por ello por lo que en la actualidad existen equipos para todas las actividades realizadas en la crianza de peces, a tal punto que en muchos países esta actividad es automatizada y manejada solo desde tierra vía cámaras. La tecnología usada, además de cumplir con su función en la acuicultura, contribuye a la conservación del ecosistema donde se realiza la actividad acuícola, debido a que “la innovación apoyada en la investigación puede resultar crucial para conseguir una acuicultura más competitiva pero también verde y sostenible” (Aquino, 2015).

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivos la evaluación de la respuesta secundaria y terciaria al estrés, haciendo uso de dos métodos de extracción de mortalidad en jaulas flotantes de un cultivo intensivo de trucha arco iris (*O. mykiss*).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Especie en estudio: Trucha arco iris (*O. mykiss*)

El cultivo de trucha es una opción ideal para el uso sustentable del agua en las regiones de serranías e inclusive las montañas, dado que, tanto el agua superficial como la de napa es apta para dicho propósito. Existen 206 especies de la familia de los Salmónidos, los cuales son encontrados en todos los continentes, en parte porque son autóctonos y otros han sido introducidos. Entre las especies más conocidas y ampliamente distribuidas, se encuentran: la trucha marrón, la salvelinus, la de lago y la arco iris. Esta última es la más conocida y ampliamente cultivada en todo el mundo, viven en las aguas frías de los ríos y también en algunos mares. Las poblaciones desarrolladas bajo cultivo fueron mejoradas a partir de las originales y poseen mejores ventajas en calidad, fortaleza, rápido crecimiento, resistencia frente a enfermedades y mejores condiciones cuando son sometidas al cautiverio (Woynarovich & Hopisty, 2011).

2.2. Clasificación taxonómica

Llerena (2007), señala la siguiente clasificación taxonómica para la trucha arco iris.

Reino	:	Animalia
Phylum	:	Chordata
Sub Phylum	:	Vertebrata
Super Clase	:	Pisces
Clase	:	Osteichthyes
Sub Clase	:	Actinopterygii
Orden	:	Salmoniformes
Sub orden	:	Salmonoidei
Familia	:	Salmonidae
Género	:	Oncorhynchus
Especie	:	<i>O. mykiss</i>

2.3. Principales parámetros de calidad del agua en el cultivo de trucha arco iris

Esta característica del recurso hídrico se cuantifica a partir de la determinación de los factores fisicoquímicos, los mismos que hacen favorable o no desde el punto de vista técnico-económico el crecimiento de la trucha (FONDEPES, 2014).

La calidad de agua implica la interrelación de los siguientes principales parámetros:

a) Temperatura:

Es la característica física del agua más importante para el cultivo de trucha a partir del cual, se lleva a efecto el crecimiento y desarrollo normal de esta especie. FONDEPES (2004) menciona que el rango óptimo para el engorde de truchas es entre 11 y 15 °C, en concordancia a ello, Drummond (1988) indica que “lo ideal es disponer de un suministro de agua cuya temperatura se mantenga, durante el mayor tiempo, entre los 10-15 °C” (Tomas, 2013).

b) Oxígeno disuelto:

Las truchas son exigentes en el nivel de oxígeno disuelto requerido. En todo centro de producción, debido a las altas densidades de carga por jaula que se manejan, este parámetro deberá encontrarse dentro del rango de 7 a 9 mg/l (FONDEPES, 2004). En complemento a ello, De la Oliva (2011) indica que “las truchas en crecimiento deben tener tasas mínimas de oxígeno de 5 a 5,5 mg/l” (Eguía, 2017). Por otro lado, FONDEPES (2014) señala que la saturación de oxígeno tiene que ser mayor al 60%.

c) Potencial de hidrógeno (pH):

Blanco (1984), menciona que “el valor del pH viene determinado por la concentración de hidrogeniones (H⁺) del agua, se expresa en una escala que varía entre 0 y 14, este parámetro por si solo es un factor importante en la cría de truchas, para este tipo de cultivo es deseable un pH de 6,5 a 7” (Flores, 2014). Por lo contrario, FONDEPES (2004) indica que “las aguas cuyo pH son ligeramente alcalino son más convenientes para la crianza y desarrollo de la trucha, por lo tanto, se recomienda un rango de 7 a 9”.

2.4. El estrés en peces

El mantenimiento del estado de equilibrio fisiológico (homeostasis) es fundamental para la supervivencia de un organismo. No obstante, la estabilidad de este equilibrio se encuentra amenazada continuamente tanto por perturbaciones intrínsecas al propio organismo como por variaciones provenientes del medioambiente. De este modo, Lacoste (2001), define al estrés como un estado de desequilibrio fisiológico provocado por un agente estresante, que pone en marcha las respuestas de este (Weber, 2009).

Dependiendo de su intensidad y duración, Ocampo & Camberos (1999) clasifican el estrés en agudo y crónico: i) el estrés agudo o letal se produce como respuesta a perturbaciones de corta duración, como por ejemplo cambios radicales en los factores ambientales, y ii) el estrés crónico o sub-letal, es la consecuencia de exposiciones continuas o periódicas a bajos niveles de agentes causantes de estrés (Weber, 2009).

Además, Auro & Ocampo (1999) en su artículo de “Diagnostico del Estrés en Peces” realiza una revisión del estrés ambiental y sus tipos, entre los cuales se destaca el estrés social y el estrés físico. Con respecto al estrés social mencionan que el tamaño de la población, así como la jerarquía de peces en una población son causa de competencia, tanto de espacio como de alimento y consecuentemente de estrés. Sin embargo, es conveniente su diferenciación con objetivos prácticos, dado que existe el factor “manejo humano”, que causa también ese tipo de estrés, además de otros, y que no está relacionado con la calidad ni la cantidad de la población íctica. La aparente sobrepoblación, que puede presentarse en cultivos intensivos de peces, es un factor que se elimina fácilmente si se alimenta a los peces artificialmente, ya que la competencia por alimento no se presenta si todos y cada uno de los organismos recibe su ración; asimismo, se evita la agresividad. Por otro lado, los mismos autores con respecto al estrés físico mencionan que mucho se ha investigado respecto del efecto de temperaturas por arriba o abajo del rango de seguridad en los peces, aunque es probable que el efecto observado se deba a la disminución de oxígeno disuelto en el agua, cuando la temperatura se eleva. También la acidez del agua, producida por disminución de oxígeno y aumento de dióxido de carbono o por la presencia de alta cantidad de material orgánico, es causa importante de estrés en los peces.

En base a las actividades diarias en un centro de crianza de peces, otros autores mencionan lo siguiente:

El cultivo de peces se establece sobre una condición de cautividad que, ya de por sí, es una fuente de factores estresantes bióticos y abióticos (confinamiento, densidad de población, calidad de agua, alimentación artificial, etc.) de carácter más bien crónico. Por otra parte, la rutina de explotación (clasificación de individuos, medida de talla y peso, transporte, desinfección periódica, etc.) introducen otros factores estresantes de carácter más agudo, que pueden adicionarse a los primeros. Todos ellos pueden generar unas consecuencias negativas en la supervivencia, crecimiento y proceso reproductor (Castelló, 1993).

2.4.1. Agentes causantes de estrés

El hecho de que estos animales se encuentren en un medio acuático va a ser un condicionante básico a la hora de determinar aquellos factores que pueden repercutir negativamente en su desarrollo. Trenzado (2004), clasifica a aquellos factores que pueden generar una respuesta de estrés en tres grupos:

a) Cambios ambientales

En general, todos aquellos que se refieren al estado y calidad del agua del cultivo: temperatura, turbidez, salinidad, concentración de oxígeno, pH, presencia de compuestos tóxicos (cuyos títulos pueden variar según las condiciones físicas y químicas del agua) y los compuestos químicos (teniendo en cuenta que sus límites nocivos pueden variar según el tipo, tamaño y estado del pez).

b) Interacciones animales

Wedemeyer (1997), menciona que se ha comprobado que, al compartir un mismo espacio varios peces, al inicio existen comportamientos realmente agresivos en la búsqueda de la dominancia del territorio, hasta que se establezcan las jerarquías; después, las interacciones sociales suelen ser menos intensas, los conflictos suelen ser menores y existe una relación relativamente estable ante dominante y dominado. Como consecuencia de esto, se ha observado una disminución de crecimiento en los peces dominados que pueden ser la consecuencia de un aumento del gasto calórico al estar sometidos a estrés crónico, un menor acceso a la comida o una anorexia provocada por el estado de estrés.

c) Interacciones humanas

Entre ellas, destacan las propias de la práctica en acuicultura (manipulación, transporte, densidad de cultivo, tratamientos preventivos, etc.).

2.4.2. Respuestas fisiológicas al estrés

Schreck (2001), indica que una vez que los estímulos estresantes han comprometido la homeostasis del animal, esta reacciona con una serie de respuestas de adaptación que le permitirán enfrentarse a las alteraciones de su equilibrio interno y así poder mantener o recuperar su homeostasis. Si esto no fuera posible tendría lugar una inadaptación que comprometería su rendimiento y su supervivencia. Este conjunto de respuestas presenta una serie de características comunes: transcurren de un modo secuencial y están reguladas conjuntamente por el sistema nervioso y el sistema endocrino. La activación inicial de estos dos sistemas da lugar a la liberación de las hormonas del estrés (las catecolaminas y el cortisol), que actuarán para atenuar los efectos de este (Weber, 2009).

a) Respuestas Primarias

Gesto *et al.*, (2010) afirman que la vía neuroendocrina, denominada eje hipotalámico-simpático-cromafin (HPC) es responsable de la liberación inmediata y masiva de catecolaminas (adrenalina, noradrenalina y, en menor medida, dopamina) a la sangre en una situación de estrés. En paralelo, aunque de forma más lenta, se produce la activación de otra vía mediada por el denominado eje hipotalámico-hipofisario-interrenal o HPI. En dicha activación, están implicados directa o indirectamente diversos neurotransmisores (tales como serotonina, la dopamina o la noradrenalina) y neurohormonas. Entre estas últimas destaca la hormona o factor liberador de corticotropina (CRF), que actúa sobre la hipófisis anterior estimulando la secreción de la hormona adrenocorticotropa (ACTH), desde la adenohipófisis a la circulación. La ACTH actúa sobre el tejido interrenal, estimulando la liberación del cortisol al torrente sanguíneo. Los elevados niveles de catecolaminas y cortisol en la circulación son considerados como típicos representantes de la respuesta primaria al estrés e inician de forma inmediata alteraciones en una variedad de tejidos, cuya finalidad es preparar al animal para una posible huida, enfrentamiento o cualquier otra reacción que le permite evadir y/o reducir el impacto del agente estresante (Muñoz *et al.*, 2015).

b) Respuestas Secundarias

La respuesta primaria al estrés provoca una respuesta secundaria, es decir, cambios fisiológicos; como lo indican Barton *et al.* (2002); incrementos en plasma de glucosa, lactato y hematocrito, incremento del ritmo cardiaco, incremento del flujo de sangre en las branquias; y también disminución de cloruros en el plasma, disminución de sodio y potasio, disminución de glucosa en el hígado y disminución de proteína muscular. Las respuestas secundarias generalmente aparecen en un intervalo de tiempo que van de un par de minutos hasta una hora. Estos cambios duran un periodo de tiempo más largo en comparación con el tiempo de incremento de catecolaminas, y ayudan al pez a movilizar sus reservas para satisfacer las nuevas demandas energéticas (De los Santos, 2017).

En concordancia con lo anterior, Iwama *et al.*, (1997) mencionan que la glucosa en la sangre aumenta a medida que comienza la respuesta al estrés para proporcionar energía al animal para la reacción de lucha o huida. Los niveles elevados de glucosa en sangre son iniciados y sostenidos por las acciones de epinefrina y cortisol, respectivamente, en el hígado y los músculos. Sin embargo, estas hormonas del estrés son costosas de medir y, en el caso del cortisol, las técnicas generalmente implican el uso de trazadores radiactivos que requieren una limpieza especial e instalaciones para realizarlas. La glucosa, por otro lado, es relativamente fácil y económica de determinar, y el análisis se puede realizar utilizando medidores portátiles desarrollados para pacientes diabéticos humanos.

Trenzado (2004), en su trabajo de influencia de la densidad de peces y selección parental sobre la glucosa plasmática en trucha (*O. mykiss*), obtiene resultados de concentración entre 71,86 mg/dl en las de menor densidad y valores de 90,27 mg/dl en los peces que tenían mayor densidad.

Además, Wells y Pankhurst (1999) realizaron un trabajo que evalúa los instrumentos de medición de glucosa en la sangre como indicadores de estrés en peces, en el cual menciona una equivalencia de unidades para la medición de glucosa, donde indica que 1mmol/l equivale a 18 mg/dl. Por otro lado, Miller *et al.* (2007), hicieron una prueba con trucha arco iris (*O. mykiss*) donde estudiaron las exposiciones agudas y sub-crónicas al selenito en el agua sobre la respuesta al estrés fisiológico y los indicadores de estrés oxidativo, donde indican que el valor de glucosa en la sangre antes de ser expuestos al agente estresor es de 4,2 mmol/L (75,6 mg/dl) y luego de

la exposición al agente estresor el nivel de glucosa incrementa hasta 9 mmol/L (162 mg/dl). También, Gagnon *et al.* (2006), efectuaron un trabajo con la misma especie donde buscaron los efectos del cobre (Cu) en el plasma y los efectos de exponer a los peces al aire sobre los niveles de glucosa en la sangre, en este caso se encontró un valor de 7,2 mmol/L (129,6 mg/dl) luego de que los individuos hayan sido expuestos al agente estresante (Martínez *et al.*, 2009).

García (1997), llevo a cabo una investigación donde evalúa las respuestas fisiológicas en juveniles de pez espátula (*Polyodon spathula*) al inducirlos al estrés por manejo en su cultivo, en este trabajo se encontró diferencia significativa cuando hubo un incremento de 47,8 mg/dl respecto al control inicial luego de 48 horas.

c) Respuestas Terciarias

La respuesta secundaria puede como última estancia activar una respuesta terciaria ante el estrés. Barton & Iwama (1991), señalan que esta respuesta está relacionada con eventos de estrés crónicos, aunque perduren en el tiempo en bajos niveles. Aunque exista una leve compensación, este estrés puede acabar provocando una disminución en el rango de crecimiento, reduciendo el alcance de la actividad metabólica, disminuyendo la resistencia a enfermedades, reduciendo la capacidad reproductora, así como alterando la conducta y supervivencia de los individuos estresados, o incluso causando problemas en la gestión energética del organismo (De los Santos, 2017).

Las respuestas terciarias también se extienden al nivel de organismo y población: inhibición del crecimiento, problemas en la reproducción, perturbación del sistema inmune y disminución de la tolerancia a nuevas situaciones de estrés. La duración de la respuesta terciaria está directamente relacionada con la severidad y duración del agente estresor (De los Santos, 2017).

Por su parte Jentoft *et al.* (2005), realizaron un trabajo que evalúa los efectos del estrés en los niveles crecimiento, cortisol y glucosa en una especie no domesticada, perca euroasiática (*Perca fluviatilis*), y en una especie domesticada como la trucha arco iris (*O. mykiss*) al someterlos a condiciones de cultivo intensivo, para ello formo dos grupos de peces de cada especie, que denomino grupo de peces estresados y grupo de peces no-estresados. En esta investigación se determinó que el grupo de peces estresados de ambas especies mostró un crecimiento corporal bajo, en comparación a los grupos de peces no-estresados. En el caso de la trucha arco iris la

masa corporal media final fue 22,8% menor en el grupo de peces estresados que en el grupo de peces no-estresados; por otro lado, la perca euroasiática obtuvo 35,4 % menos en las mismas condiciones.

2.4.3. Efectos del estrés en el cultivo de peces

Norris y Maule (2000), señalan que los efectos del estrés varían desde la alteración de los mecanismos de defensa de los peces, disminuyendo las barreras protectoras, dañando las escamas y la piel, la inflamación y la producción de anticuerpos. El estrés generado por el manejo o algún tratamiento contra una enfermedad a menudo causa algunos cambios en el mucus, lo que disminuye su eficacia como barrera química contra los organismos invasores. El estrés altera la osmorregulación al interrumpir el equilibrio normal de electrolitos (sodio, potasio y cloruro), lo que provoca una captación excesiva de agua por parte de los peces de agua dulce y la deshidratación en los peces de agua salada, lo que altera el equilibrio energético (Gabriel & Akinrotimi, 2011).

Además, Akinrotimi (2007) menciona que el estrés a menudo conduce a la mortalidad, y es más pronunciada en la etapa temprana de la vida de los peces, debido a que son más frágiles y vulnerables a factores externos estresantes. Pero a medida que crecen, los efectos del estrés se reducen, y a menudo se refleja en un crecimiento retardado, una capacidad reproductiva deteriorada (Gabriel & Akinrotimi, 2011).

Aquino (2019), realiza una investigación a nivel laboratorio donde evaluó el estrés generado por la densidad de cultivo en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un sistema de “biofloc” y encuentra niveles muy elevados de cortisol, respuesta primaria al estrés, en su primer día de medición de este indicador; posterior a ello luego de 28 días de su trabajo estos niveles disminuyeron y fueron más cercanos a lo publicado por otros autores, concluyendo que los valores obtenidos en el día 1 de su trabajo fue debido a la manipulación que se le realizó a los peces para el inicio de la prueba y que a partir del día 29 ya estos grupos de peces se aclimataron a su nuevo entorno de estrés crónico.

2.4.4. Medidas para controlar el estrés

Gabriel y Akinrotimi (2011) señalan que, si hay alguna mortalidad en el stock de peces, probablemente haya una fuente de estrés que debe identificarse y remediarse. Esto se puede hacer de las siguientes formas o combinaciones de opciones:

- a) Manteniendo una buena calidad de agua del medio de cultivo

La buena calidad del agua implica prevenir la acumulación de desechos orgánicos y desechos nitrogenados, evitar la acumulación de amoníaco, mantener el pH y la temperatura adecuada dependiendo de la especie que se está cultivando. También implica mantener los niveles de oxígeno disuelto de al menos 5 mg/l.

- b) Mantener una densidad de cultivo adecuada

Para evitar el estrés innecesario, los peces deben cultivarse en la densidad adecuada. La densidad es el número de peces que un sistema de cultivo puede mantener y mantener sin exceder su capacidad de carga. Por lo tanto, la densidad de la población depende de las especies y los sistemas de cultivo que se están utilizando. Una densidad adecuada evita que los peces se aglomeren, lo que a menudo lleva a luchar por la comida, el oxígeno y la supervivencia, y en última instancia, culmina en estrés para pez.

- c) Alimentar con una dieta balanceada

Con respecto a este punto, Tacon (1994) indica que los peces deben ser alimentados con una dieta de alta calidad que cumpla con los requisitos nutricionales según la especie, la edad, el tamaño y la función de producción. Se ha observado que una alimentación balanceada y completa es una forma adecuada de eliminar el estrés inducido por la nutrición en los peces (Gabriel & Akinrotimi, 2011).

- d) Saneamiento Adecuado

Esto implica la eliminación rutinaria de residuos de los sistemas de cultivo de peces, y la desinfección regular de contenedores, redes y otros equipos usados entre grupos de peces, especialmente después de la recolección y antes de que llegue el nuevo stock. El medio de cultivo debe lavarse, limpiarse y desinfectarse. Cabe señalar que los desechos orgánicos que se acumulan en el fondo o superficies de los sistemas de cultivo son un excelente medio para la

producción de agentes fúngicos, bacterianos y protozoarios. La pronta eliminación de los desechos ayudara a reducir la cantidad de patógenos y, por ende, el estrés inducido por los mismos (Gabriel & Akinrotimi, 2011).

2.4.5. Equipos de medición rápida de concentración de glucosa en peces

Existen diversos métodos para medir la concentración de glucosa en la sangre de un organismo, entre ellos esta los realizados en laboratorios clínicos y los realizados por equipos portátiles o más conocidos como glucómetros, el método a usar dependerá de muchos factores, entre ellos, el económico o la accesibilidad a dichos métodos. Años anteriores diversas investigaciones han demostrado la eficacia de los equipos portátiles para la medición de glucosa en peces, uno de ellos es el estudio que realizaron Wells y Pankhurst (1999), donde evaluaron equipos portátiles para la medición de glucosa en trucha arco iris (*O. mykiss*) y encontraron una alta correlación ($r = 0,85$) en los resultados comparados con los datos obtenidos en el laboratorio (método espectrofotométrico), además indican que los beneficios de estos equipos son la portabilidad, simplicidad de uso y la capacidad de usar sangre fresca, ya que llevando las muestras de sangre al laboratorio estas iban a tener variaciones en su concentración debido a la alta actividad metabólica de la sangre del pez. En concordancia a este último, otros autores como Beecham *et al.* (2006), realizaron una prueba para evaluar el estado fisiológico del bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), comparando el uso de equipos portátiles (glucómetro de la marca “Accu-Chek”) para la medición de glucosa y las mediciones realizadas en un laboratorio (espectrofotometría) ; los resultados obtenidos para la medición de glucosa fue una alta correlación ($r = 0,99$) entre ambos métodos de medición, indicando que los medidores portátiles usados son de fácil uso y los resultados se obtienen inmediatamente, convirtiendo a estos equipos como alternativas atractivas a los métodos tradicionales de laboratorio.

2.5. Uso del Robot Submarino: ROV

Los robots submarinos se clasifican principalmente por su nivel de autonomía. Existen robots completamente autónomos y otros que deben de ser controlados continuamente por un operador, estos son los AUVs y los ROVs, respectivamente. Los robots submarinos operados remotamente (ROVs) están conectados a la superficie mediante un cordón (un conjunto de cables unidos), el cual permite el intercambio de datos y la alimentación de energía al robot. A través de una interface gráfica del ordenador situado en la superficie, el usuario define los comandos que el robot deberá ejecutar. A su vez el ROV envía las señales de sus sensores (presión, temperatura, imágenes, etc.) al ordenador en superficie, para que el usuario conozca el estado del robot y el ambiente que lo rodea (Moreno, 2013).

La mayoría de ROVs llevan incorporado una cámara de video y linternas para recibir imágenes del entorno. Además, para interactuar con el medio, algunos ROVs están equipados con brazos que permiten realizar operaciones bajo el agua. La complejidad de los ROVs puede variar enormemente dependiendo de las tareas que se quieran realizar con ellos. Dependiendo de la capacidad de operación que tenga el vehículo, los ROVs se pueden clasificar en tres subconjuntos (De la Red, 2015):

- A. ROVs de observación: Son capaces de trasladarse hasta un lugar concreto bajo el agua y tomar imágenes de su entorno. Se pueden utilizar para inspeccionar e identificar problemas en estructuras submarinas.
- B. ROVs de observación con capacidad de carga: Pueden sostener pequeñas cargas, como herramientas.
- C. ROVs de trabajo: Se usan en el mantenimiento y reparación de estructuras submarinas.

De manera simplista, un ROV es una cámara montada en una carcasa impermeable, con propulsores para maniobrar, unida a un cable a la superficie a través de la cual se transmiten señales de video y telemetría. El ROV moderno es una tecnología madura con estándares establecidos de calificaciones de operadores, operaciones seguras y un historial comprobado de trabajo en los entornos “complicados, sucios y peligrosos” de las aguas del mundo (Robert & Robert, 2014).

2.5.1. Historia del ROV en la acuicultura

“La Manta” era un ROV para la inspección y recolección de peces muertos en piscifactorías. Fue construida en la década de 1990 por Vidar Saue. Se presentó un control fácil y un precio relativamente bajo, aunque no se vendieron muchas “Mantas”, algunas personas en la industria de la acuicultura aún conocen el nombre. “La Manta” tenía un diseño sencillo con pocas piezas, a forma de la “pieza de jabón” sin componentes sobresalientes tuvo pocos problemas con el enredo o en atasco en la red. Sin embargo, la “Manta” tenía sus desventajas, el casco estaba hecho de plástico moldeado por rotación y era muy pesado, aproximadamente 65 kg (Rogne, 2014).

El proceso de moldeado rotacional de la “Manta” no proporciono tolerancias suficientes en el espesor de la pared, algunas áreas del cuerpo tenían paredes más gruesas de lo necesario, mientras que otras eran más delgadas. Los propulsores no eran confiables porque los sellos con fugas los hacían más propensos a sufrir averías. Este modelo de “Manta” solo tenía tres propulsores, lo que limitaba la capacidad de control; también hubo algunos comentarios de los clientes que sugirieron que era un poco difícil de limpiar, ya que había cavidades estrechas y de difícil acceso que podían contener bacterias, virus o parásitos. Hasta el 2014 no se conocían ningún ROV con diseño similar en el mercado (Rogne, 2014).

2.5.2. Servicios del ROV a la pesca y acuicultura

A medida que el mundo se vuelve cada vez más poblado y los océanos del mundo siguen siendo sobreexplotados, la acuicultura se ha vuelto más pronunciada en la producción de alimentos para los consumidores del mundo. Como resultado, varios usos del equipo ROV se han vuelto predominantes tanto para el apoyo a la producción en las piscifactorías como para el uso de garantías de cumplimiento normativo por parte de las autoridades policiales en lugares de pesca en aguas abiertas. La misión típica del ROV en esta industria es la inspección de jaulas de peces dentro de una piscifactoría, como revisar las redes en busca de hoyos, asegurar la integridad de los amarres de las estructuras y la recuperación de la mortalidad de la jaula para fines de salud y saneamiento de los peces (Robert & Robert, 2014).

2.5.3. Aplicaciones del ROV en la acuicultura

Los ROV son muy útiles en aplicaciones de acuicultura por las siguientes razones (Robert & Robert, 2014):

- a. Un ROV pequeño no hace que en su funcionamiento estrese a los peces, como lo haría un buzo.
- b. El uso de un ROV permite inspecciones más frecuentes de las redes, los amarres o nudos y las estructuras, evitando los riesgos a los buceadores.
- c. Si se configura correctamente, el ROV puede recoger la mortalidad a distancia, lo que reduce la propagación de enfermedades en los peces y también el tiempo de inmersión del buceador.
- d. Reducir el exceso de alimento (algunas especies, como el salmón noruego, solo se alimenta en la columna de agua y no se alimentará en el fondo), lo que ahorrará comida cuando el stock haya terminado de alimentarse.
- e. Cumplir con los informes reglamentarios a través de la documentación en video de las condiciones de la granja.
- f. Estudios de patrones de alimentación para la optimización de la entrega de alimentos.
- g. Perfiles hidrológicos de la jaula para la optimización del entorno (a través de la entrega del vehículo de cualquier número de sensores a todas las partes de la jaula).
- h. Para las jaulas marinas, reduce la pérdida de stock mediante el monitoreo constante de la integridad de la jaula.

Tradicionalmente, las operaciones de acuicultura han sido esfuerzos de bajo presupuesto. Con la introducción de técnicas modernas de gestión, las nuevas tecnologías han ganado una amplia aceptación dentro de la industria, lo que fomenta las inversiones en robótica. En aplicaciones científicas, los ROVs están reemplazando las tareas que antes realizaban los buzos, o que permite una operación científica más segura y rentable (Robert & Robert, 2014).

III. METODOLOGÍA

3.1. Lugar y Periodo de Ejecución

La parte experimental de la presente investigación se ejecutó en las instalaciones de la empresa Piscifactorías de Los Andes S.A., que cuenta con una concesión en el lago Titicaca ubicada en el distrito de Platería en la región de Puno ($15^{\circ}54'06.1''S$ $69^{\circ}43'34.5''W$). El periodo de la fase experimental fue de cuatro meses, empezando en el mes de agosto hasta noviembre del 2019.

3.2. Unidades Experimentales

Las unidades experimentales fueron conformadas por 6 jaulas flotantes pertenecientes a un mismo módulo, las dimensiones de cada unidad fueron de 10 metros de largo, 10 metros de ancho y 5 metros de profundidad. La bolsa de malla de cada unidad tuvo una abertura de una 1” al inicio de la prueba y en el transcurso de la experimentación, conforme creció el pez, se fueron cambiando a 1 1/2” y posteriormente en la etapa final a 2”. Además, estas bolsas de malla se cambiaron cada 15 días para evitar la adhesión de algas u otros organismos.

3.3. Unidades Biológicas

Al inicio de la parte experimental en cada jaula hubo 12 500 peces con un peso promedio de 110 g, estos peces provinieron de un mismo lote de siembra y fueron seleccionados e inventariados con el uso de un seleccionador automático y un escáner, ambos de la marca “FAIVRE”, para distribuirlo equitativamente en cada jaula. La carga inicial que se obtuvo fue de $2,5 \text{ k/m}^3$ y la carga final para la fecha de cosecha de estas jaulas varió entre $8,5$ a 10 k/m^3 . Además, estos peces se alimentaron diariamente con alimento balanceado de la marca “SALMOFOOD” usando un tamaño de partícula de 4 mm al inicio de la prueba y cambiándola a un tamaño de 6 mm en la etapa final. Se usó una tasa de alimentación de 2,1% al inicio y terminado la prueba con una tasa de 1,2%. La frecuencia de alimentación fue de dos veces al día, siendo la primera ración entre las 9 a 10 a.m. y la segunda ración entre las 2 y 3 p.m. (ver Anexo 7)

3.4. Diseño Experimental

Se evaluaron dos grupos de peces (Control y Tratamiento) con tres repeticiones cada una distribuida de forma aleatoria. La variable independiente fue el método de recojo de mortalidad, el cual se detalla a continuación: el control fue denominado método tradicional o manual, que consistió en recoger la mortalidad levantando la bolsa de malla de la jaula con las manos hasta llegar a la base y visualizar a los peces muertos que fueron extraídos del fondo con la ayuda de un chinguillo (ver Anexo 3). El método usado para el tratamiento fue más tecnificado y consistió en recojo de peces muertos de las jaulas usando un robot submarino “ROV” (ver Anexo 4). Para esta prueba se utilizó un ROV modelo DTG2 de la marca “DEEP TREKKER” (ver Anexo 2). Además, las variables dependientes fueron la concentración de glucosa, indicadores de crecimiento y porcentaje de mortalidad que se obtuvieron al realizar ambos métodos de extracción de mortalidad.

3.5. Obtención de datos en la fase experimental

Se realizó biometrías cada 15 días, donde se registró el peso de 200 individuos y la longitud total de 50 individuos por jaula (ver Anexo 6). Además, se evaluó la calidad del agua midiendo los principales parámetros físicos como son: temperatura (°C) y concentración de oxígeno (mg/l) 2 veces al día antes de alimentar a los peces con ayuda de un oxímetro modelo ProODO de la marca “YSI”. También se tomó muestras de sangre de 10 individuos por jaula inmediatamente después del recojo de la mortalidad, esto con una frecuencia de una vez por mes para evaluar el nivel de glucosa del pez, para esto se usó un glucómetro comercial modelo BG-102 de la marca “LABMEDICAL”.

3.6. Evaluación de niveles de glucosa en la sangre del pez

El glucómetro utilizado en la prueba es un dispositivo pequeño y portátil usado para el control de glucosa de las personas diabéticas, y posee unas cintas reactivas que al entrar en contacto con la sangre genera una pequeña corriente eléctrica de muy baja intensidad, que el medidor interpreta y la muestra como valor de la glucemia (concentración de glucosa) en general expresada en la unidad mg/dl. En este caso se utilizó para saber la concentración de glucosa en la sangre del pez, ya que algunos autores recomiendan este equipo para la medición de glucosa

en los peces por su utilidad en lugares donde no se disponga de un laboratorio cercano que pueda analizar las muestras (Wells y Pankhurst, 1999; Beecham *et al.*, 2006).

La toma de la muestra de sangre se realizó siguiendo el procedimiento planteado por García (1997), de la siguiente manera: los peces fueron capturados individualmente utilizando un chinguillo e inmediatamente fueron inmersos en un contenedor plástico con una solución anestésica de aceite de clavo, a una concentración no letal de 10 mg/l; una vez que los peces fueron anestesiados se procedió a tomar una muestra de 2 ml de sangre, utilizando una jeringa de 3 ml para cada pez, la que fue insertada en la parte del pedúnculo caudal, exactamente en la vena caudal, justo detrás de la aleta anal. Posterior a ello para estimar el valor de concentración glucosa (mg/dl), con el glucómetro comercial, se colocó una gota de sangre en una cinta reactiva y luego de 5 segundos se obtuvo la lectura del valor en el equipo ya mencionado (ver Anexo 5).

3.7. Evaluación de indicadores biológicos

Con los datos obtenidos en las biometrías y con los datos de recojo de mortalidad diaria, se calculó los siguientes indicadores en base a las ecuaciones usadas por Morales (2004):

- a) Porcentaje de Mortalidad: Este indicador fue calculado cada 15 días.

$$\text{Mortalidad} = \left(\frac{\text{Número de Peces inicial} - \text{Número de Peces Final}}{\text{Número de Peces Inicial}} \right) \times 100$$

- b) Tasa de Crecimiento Especifica (TCE):

$$\text{TCE} = \left(\frac{\text{Ln(Peso Final)} - \text{Ln(Peso Inicial)}}{\text{días}} \right) \times 100$$

- c) Factor de Conversión Alimenticia (FCA):

$$\text{FCA} = \frac{\text{Alimento Entregado}}{\text{Ganancia de Peso Vivo}}$$

- d) Factor de Condición Corporal (K):

$$K = \frac{\text{Peso Individual}}{\text{Longitud Total}^3} \times 100$$

3.8. Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos en el presente trabajo se evaluaron de forma estadística con ayuda del programa IBM SPSS. Donde en primer lugar, se verifico la normalidad de los datos de las biometrías obtenidas mediante la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov, ya que el número de los individuos muestreados fueron mayor a 30; en segundo lugar, se evaluó la homogeneidad de varianza mediante la prueba de Levene y finalmente, luego de cumplir estas dos pruebas ya mencionadas, se evaluó el nivel de significancia de las medias de los indicadores biológicos (porcentaje de mortalidad, tasa de crecimiento específica, factor de conversión alimenticia y factor de condición corporal) y las medias de los resultados de las pruebas de glucosa, mediante la prueba “*t*” de Student para medias de muestras independientes. Se consideró como diferencias significativas aquellas que obtuvieron un valor de probabilidad “ $P < 0.05$ ” (Diaz & Robotham, 2015).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Valores de oxígeno (mg/l) y temperatura (°C).

Tabla 1: Valores de oxígeno y temperatura en los meses de la fase experimental

Mes	Oxígeno (mg/l)	Temperatura (°C)
agosto	5,8	13,2
setiembre	5,9	13,3
octubre	5,9	14,1
noviembre	5,8	14,5

En la tabla 1 se puede apreciar que los valores de concentración de oxígeno disuelto en el agua durante la fase experimental fluctuaron entre 5,8 a 5,9 mg/l; lo que concuerda con lo señalado por De la Oliva (2011) donde menciona que las truchas en etapa de crecimiento deben tener como mínimo de oxígeno en el agua entre 5 a 5,5 mg/l (Eguía, 2017). Por otro lado, el FONDEPES (2014) indica que si la concentración de oxígeno disuelto en el agua está entre los valores de 4,5 a 5,9 mg/l se puede generar cierto grado de estrés en los peces, indicador que pudo influir en los resultados del presente trabajo. En el caso de la temperatura se observa que los valores se encontraron entre 13,2 y 14,5 °C, estos valores se encuentran dentro del óptimo de este parámetro, ya que como lo indicó Drummond (1988), lo ideal para el cultivo de truchas es disponer de un suministro de agua cuya temperatura se mantenga entre 10 a 15 °C (Tomas, 2013).

4.2. Niveles de glucosa en la sangre (mg/dl) después de realizar la extracción de mortalidad en ambos grupos de peces.

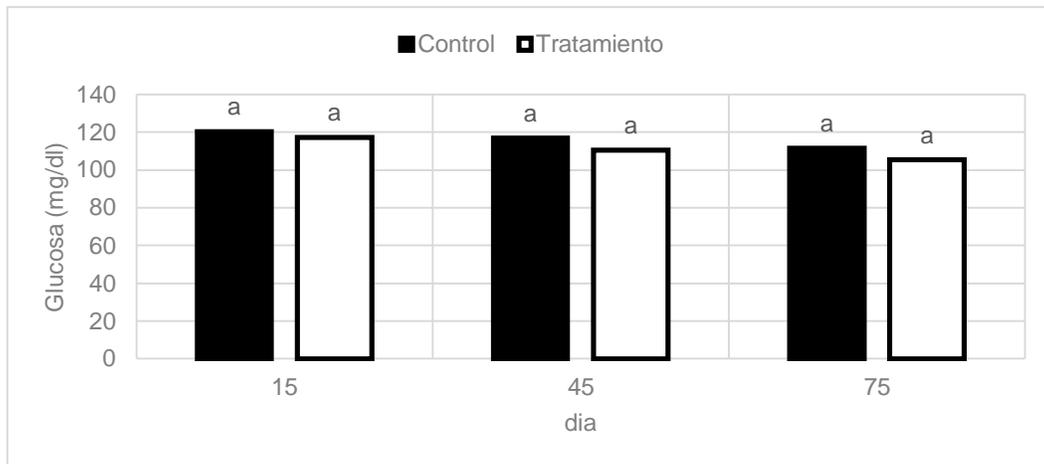


Figura 1. Medias de concentración de glucosa en la sangre (mg/dl) de trucha arco iris (*O. mykiss*). Diferentes superíndices indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

En la figura 1 se observa que los niveles de glucosa en la sangre de trucha arco iris (*O. mykiss*) van disminuyendo conforme avanzan los días de crianza, reportando los valores máximos a los 15 días y los mínimos a los 75 días para ambos grupos, en un rango de 120 mg/dl a 112 mg/dl para el control y 117 mg/dl a 105 mg/dl para el tratamiento. El análisis estadístico inferencial mediante prueba de t de Student, determinó que no existe diferencia estadística entre los dos métodos de extracción de mortalidad ($p > 0,05$) para las 3 evaluaciones realizadas.

Weber (2009), menciona que la extracción de mortalidad de una jaula sería un estrés de tipo crónico o sub-letal, ya que esta actividad se realiza de manera periódica en el centro de producción. Además de la actividad de retiro de peces muertos se realizaron otras actividades simultáneas necesarias para garantizar el cumplimiento de las buenas prácticas acuícolas que posee la empresa donde se realizó el periodo experimental, como los cambios de bolsa de las jaulas cada 15 días, la alimentación diaria, entre otras. También se realizaron actividades propias de la prueba como, tomas de muestra de sangre cada mes y las biometrías para obtener datos de peso y talla cada 15 días. Y según Castelló (1993), estas últimas actividades mencionadas serían factores estresantes de carácter más agudos, de ahí que estas acciones de manejo propiamente de la empresa y de la experimentación hayan afectado al grupo de control y grupo de tratamiento, generando un nivel de estrés adicional durante el periodo de prueba.

Por otro lado, Iwama *et al.*, (1997), mencionan que la glucosa en la sangre aumenta a medida que comienza la respuesta al estrés para proporcionar energía al pez para la reacción de lucha o huida. Entonces, si todas las actividades realizadas durante el periodo de experimentación generaron algún tipo de estrés, sea crónico o agudo, se esperaría que los niveles de glucosa en ambos grupos de peces (control y tratamiento) sean niveles propios de peces estresados; y en efecto esto se ve reflejado en la figura 1, donde los valores de niveles de glucosa en ambos tratamientos variaron desde 105 mg/dl a 120 mg/dl; y en base a trabajos anteriores se menciona que los valores de glucosa en la trucha arco iris (*O. mykiss*) antes de ser sometidas a un agente estresante (sin estrés) debería ser de 75,6 mg/dl (Martínez *et al.*, 2009), otro autor como Trenzado (2004) menciona que un grupo de peces en cultivo con baja densidad, es decir sin estrés por densidades, el nivel de glucosa debería ser de 71,86 mg/dl. En base a ello se puede corroborar que ambos grupos de peces permanecieron estresados desde el inicio al final de la prueba ya que los valores obtenidos fueron superiores a los mencionados por estos autores.

Además, cabe mencionar que los valores obtenidos para ambos grupos de peces se encontraron cercanos a lo descrito en otras investigaciones, como es el caso del trabajo realizado por Miller *et al.* (2007), donde al exponer a un grupo de peces a factores estresantes agudos y sub-crónicos obtuvo valores de glucosa de 162 mg/dl; o en el trabajo realizado por Gagnon *et al.* (2006), donde obtuvieron niveles de glucosa de 129,6 mg/dl en el grupo de peces sometidos al agente estresante (Martínez *et al.*, 2009). Con estos valores, se reafirma que los peces de esta prueba se encontraban estresados en las tres mediciones que se realizaron.

García (1997), en su trabajo realizado con el pez espátula (*Polyodon spathula*), encontró diferencia significativa con una variación entre el nivel de glucosa del control y del tratamiento de 47,8 mg/dl para un mismo día, cosa que no sucedió en este trabajo, siendo la máxima variación de glucosa entre ambos grupos en los días 45 y 75 donde se obtuvo 7 mg/dl, esto debido a que como ya se explicó, se realizaron actividades que generaron un cierto grado de estrés que redujo el margen de concentración de glucosa entre el control y tratamiento.

A pesar de que no existió una diferencia a nivel estadístico, se puede observar en la figura 1 que los niveles de glucosa del grupo de peces donde se extrajo la mortalidad con el ROV (tratamiento) presentó menores valores de concentración de glucosa en las tres tomas de muestra

de sangre, es decir estos peces estuvieron menos estresados a diferencia del grupo de peces que se extrajo la mortalidad de manera tradicional (control).

4.3. Rendimiento en crecimiento de los peces al probar los dos métodos de extracción de mortalidad.

4.3.1. Tasa de Crecimiento Especifico (TCE)

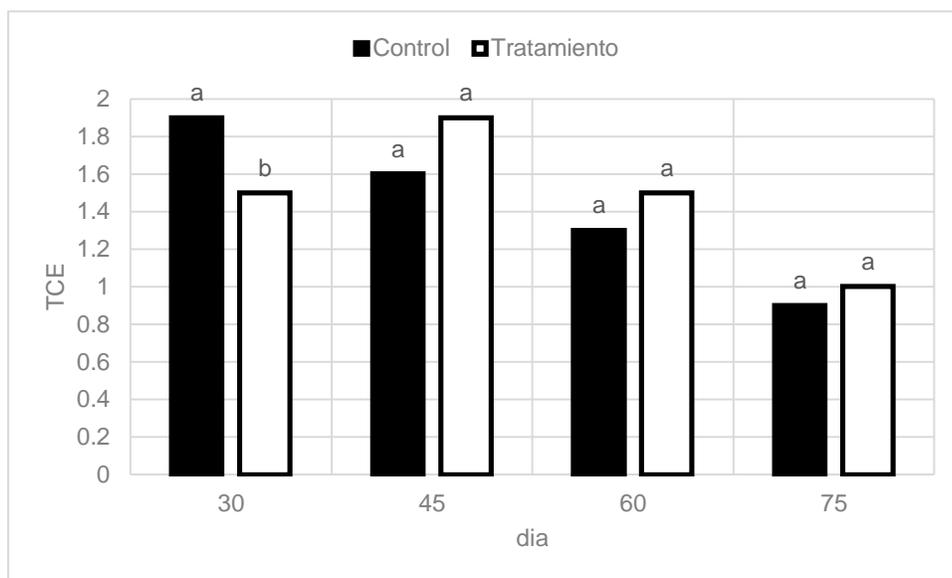


Figura 2. Medias de la Tasa de Crecimiento Especifico (TCE) de trucha arco iris (*O. mykiss*). Diferentes superíndices indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

En la figura 2, se observa que la tasa de crecimiento (TCE) del grupo control va disminuyendo conforme pasaron los días, con valores de 1,9 a los 30 días hasta 0,9 a los 75 días, por otro lado, el grupo de peces del tratamiento presento una tendencia creciente del día 30 al día 45 con valores de 1,5 a 1,9; pero luego a partir del día 45 obtuvo una disminución hasta el día 75, donde se obtuvo un valor de 1,0 para este último día. El análisis estadístico inferencial mediante prueba de t de Student, determinó que no existe diferencia estadística entre el control y tratamiento ($p > 0,05$) para 3 evaluaciones (45, 60 y 75 días), pero fue significativa a los 30 días con una mayor tasa para el grupo control.

4.3.2. Factor de Conversión Alimenticia (FCA)

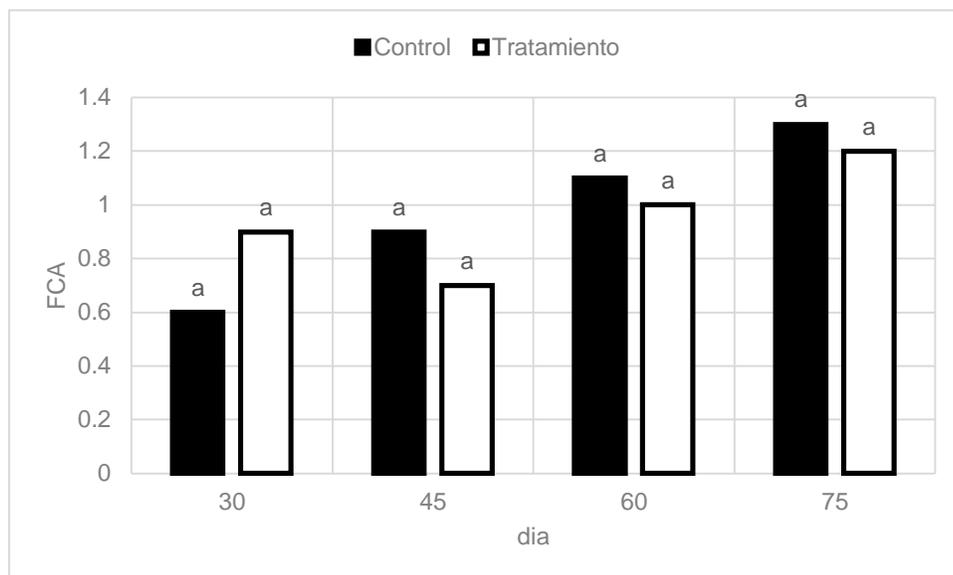


Figura 3. Medias del Factor de Conversión Alimenticia (FCA) de trucha arco iris (*O. mykiss*). Diferentes superíndices indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

En la figura 3, se observa que el factor de conversión alimenticia (FCA) del grupo de peces del control presentó una tendencia creciente con valores de 0,6 en el día 30 hasta 1,3 en el día 75, por otro lado el grupo del tratamiento obtuvo una disminución del día 30 al 45, donde se registró valores de 0,9 a 0,7, respectivamente; luego del día 45 los valores fueron aumentando llegado al día 75 con un valor de 1,2. El análisis estadístico inferencial mediante prueba de t de Student, determinó que no existe diferencia estadística entre el control y tratamiento ($p > 0,05$) para las 4 evaluaciones realizadas.

4.3.3. Factor de Condición Corporal (K)

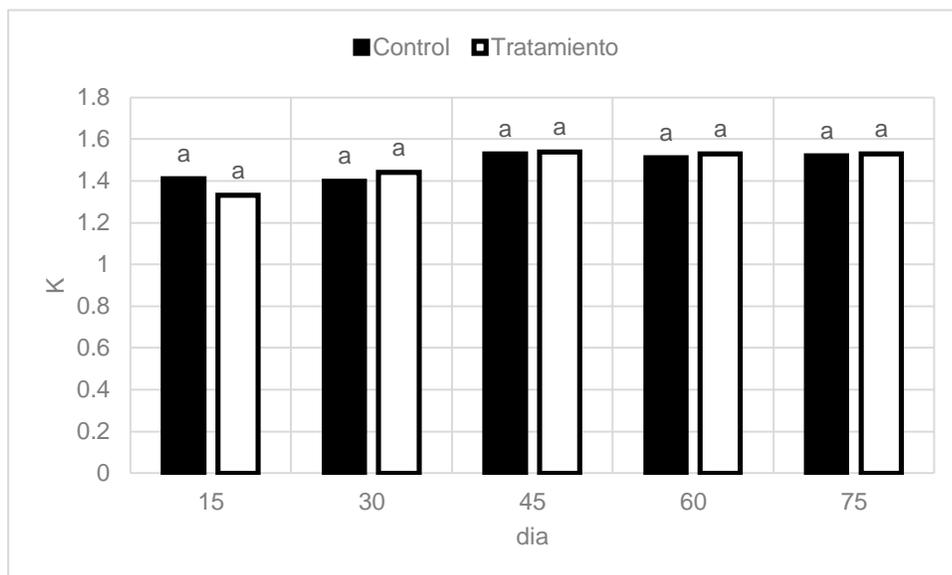


Figura 4. Medias del Factor de Condición Corporal (K) de trucha arco iris (*O. mykiss*). Diferentes superíndices indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

En la figura 4, se aprecia que el factor de condición corporal (K) de ambos grupos de peces evaluados presentó una tendencia creciente desde el día 15 al día 45, obteniendo valores de 1,41 hasta 1,53 para el control y valores de 1,33 a 1,54 para el tratamiento en los días mencionados; luego del día 45 se observa una tendencia constante en los valores de ambos grupos. El análisis estadístico inferencial mediante prueba de t de Student, determinó que no existe diferencia estadística entre el control y tratamiento ($p > 0,05$) para las 5 evaluaciones realizadas.

Estos tres indicadores evaluados (TCE, FCA y K) están relacionados con el rendimiento en crecimiento del pez, es decir, si un grupo de peces crece más rápido con la misma cantidad de alimento entregado a ambos grupos (control y tratamiento), este tendrá mayor tasa de crecimiento, menor factor de conversión alimenticia y mejor factor de condición corporal, además esto se relaciona directamente con el nivel de estrés que se encontró en cada grupo de peces, ya que como lo menciono Arturo (2012), el estrés crónico disminuiría la actividad tiroidea, y la administración exógena de hormonas tiroideas actúan como promotores del crecimiento, por lo tanto, una disminución de estas afectaría el crecimiento. Esto último es lo que se observó en los resultados de estos tres indicadores, es decir, el grupo de peces que presentó mayor nivel de estrés (control) presentó menores tasas de crecimiento a partir del día 45 (ver figura 2), mayores valores de factor de conversión alimenticia a partir del día 45 (ver

figura 3) y ligeramente menores valores de factor de condición corporal a partir del día 30 (ver figura 4). A pesar de que los tres indicadores de rendimiento de crecimiento no fueron estadísticamente diferentes, los resultados corroboran lo indicado por De los Santos (2017), donde menciona que el efecto de la respuesta terciaria del estrés es la inhibición del crecimiento. Además, en el trabajo realizado por Jentoft *et al.* (2005), demostraron que la trucha arco iris (*O. mykiss*), al ser sometidas a un agente estresante tiene 22,8 % menos peso corporal que el grupo de peces donde no se somete al estrés, esto concuerda con los valores encontrados en este trabajo, ya que la ganancia en peso del tratamiento fue mayor para las tres repeticiones a comparación del grupo control (ver anexo 1).

Si bien es cierto, comparando ambos grupos no se observó una diferencia muy marcada en estos indicadores, pero consideremos que este trabajo se realizó en un cultivo intensivo, y a este nivel un decimal más o menos en la tasa de crecimiento o factor de conversión alimenticia puede ser muy determinante en los indicadores económicos de la empresa, por ejemplo, en esta investigación, el grupo de peces del tratamiento obtuvo mejor tasa de crecimiento, por lo cual se decidió adelantar la cosecha unos días antes de lo programado.

4.4. Porcentaje de mortalidad acumulada cada 15 días obtenido al realizar ambos métodos de extracción.

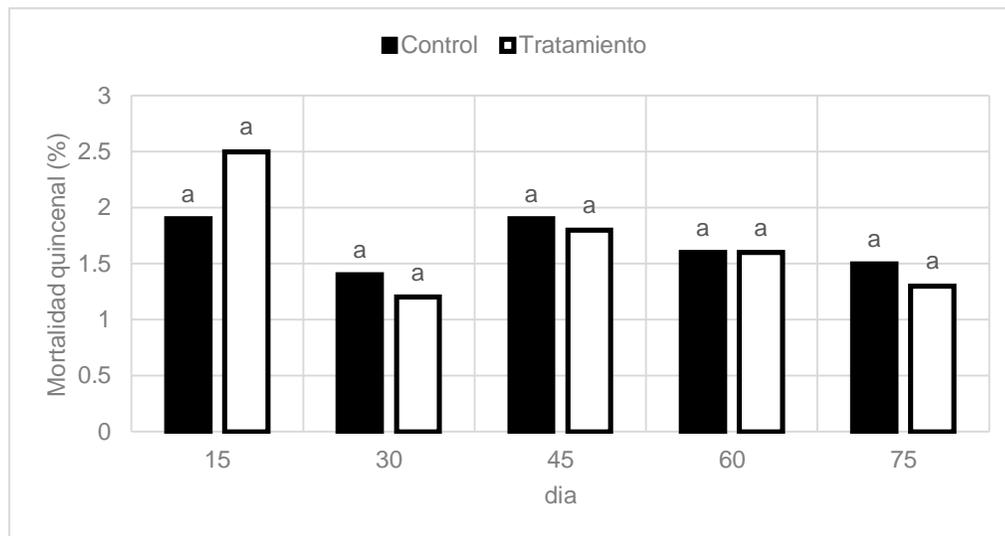


Figura 5. Medias del porcentaje de la mortalidad quincenal de trucha arco iris (*O. mykiss*). Diferentes superíndices indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

En la figura 5, se aprecia que el porcentaje de mortalidad quincenal presentaron valores fluctuantes en los 30 primeros días; pero a partir del día 45 hasta el día 75 se observa una disminución de los valores para ambos grupos obteniendo valores de 1,9% a 1,5% para el control y 1,8% a 1,3% para el tratamiento para los días mencionados. El análisis estadístico inferencial mediante la prueba de t de Student, determinó que no existe diferencia estadística entre el control y tratamiento para las 5 evaluaciones realizadas ($p > 0,05$).

Cabe indicar que la prueba inicio con peces de 110 gramos y según Gabriel & Akinrotimi (2011), mencionan que a menudo el estrés conduce a la mortalidad, pero es más pronunciada en la etapa temprana de la vida de los peces, debido a que son más frágiles y vulnerables a factores externos estresantes.

En el trabajo de Jentoft *et al.* (2005) evaluaron el efecto del estrés en el crecimiento, cortisol y niveles de glucosa en trucha arco iris (*O. mykiss*) donde no encontraron alguna mortalidad durante las ocho semanas de prueba, por otra parte, García (1997) en su investigación de respuestas fisiológicas en juveniles de pez espátula (*Polyodon spathula*) inducidas por estrés de manejo mencionó que durante el periodo de su prueba no se registró baja por mortalidad tanto en los peces que formaron el lote de control, así como los del grupo experimental, aun con la aplicación del agente estresor. Cabe resaltar que ambos trabajos anteriormente mencionados se

llevaron a cabo a nivel laboratorio donde las condiciones son estrictamente controladas para su desarrollo, y en el caso de la presente investigación, el cultivo se realizó a nivel intensivo, con cargas y densidades propias de un centro de producción a gran escala donde se tuvo que adecuar la experimentación.

Analizando todos los indicadores evaluados en conjunto se aprecia que a partir del día 45 hasta el final de la prueba la tendencia de los valores es más definida y demuestra que el tratamiento (extracción de mortalidad con ROV) tiene los mejores indicadores con respecto al control. Por otro lado, se aprecia una fluctuación de valores de los mismos indicadores antes de los 45 días, esto debido a que ambos grupos de peces pasaron por diversas actividades (traslado, selección, inventario, biometrías, entre otras) antes de iniciar el periodo experimental de este trabajo, ocasionando diferentes grados de estrés en los grupos de control y tratamiento que se vio reflejado en las biometrías iniciales. Entonces, se podría decir que en este caso existió un tipo de adaptación o aclimatación a su nuevo entorno del pez durante los primeros días y esto ocasiono dichas variaciones de resultados al inicio de la prueba. Esto coincide con los resultados obtenidos por Aquino (2019), donde en su investigación a nivel de laboratorio de evaluación del estrés generado por densidad de cultivo en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*), encuentra que en su primera medición de cortisol, respuesta primaria al estrés, valores muy variables en sus tres tratamientos de estudio, concluyendo que esto fue a causa de las actividades realizadas antes del inicio de su prueba y que le tomo 28 días a sus peces evaluados para que se adapten al entorno de estrés crónico inducido en su prueba.

Como se explica líneas arriba, el método de extracción de mortalidad con el uso del ROV beneficio a la empresa en su producción y en consecuencia en lo económico, pero otro tema igual de importante es la ventaja que da este equipo al disminuir la fuerza laboral considerablemente, ya que, si para la extracción de mortalidad tradicional la realizaban entre 2 a 3 personas haciéndolo manualmente, con el uso del ROV la actividad de extracción de mortalidad la realizó solo 1 persona y sin mayor esfuerzo físico, evitando generar problemas de salud en los operarios de la empresa.

V. CONCLUSIONES

1. Se demostró que usando un robot submarino (ROV) para la extracción de mortalidad en un cultivo intensivo de trucha arco iris (*O. mykiss*), en comparación con un método de extracción manual, se obtiene menores valores de niveles de glucosa en la sangre, a pesar de que no existió diferencia estadística entre ambos métodos ($p>0,05$) para las 3 evaluaciones realizadas.
2. La tasa de crecimiento específica (TCE) y el factor de conversión alimenticia (FCA) presentaron los mejores valores desde el día 45 hasta el final de la prueba para el método de recojo de mortalidad con ROV, no existiendo diferencia estadística entre el control y tratamiento a los 45, 60 y 75 días ($p>0,05$), pero fue significativa a los 30 días con una mayor tasa de crecimiento para el grupo control ($p\leq 0,05$).
3. El grupo de peces del tratamiento presento bajos valores de porcentaje de mortalidad quincenal en comparación al grupo de peces del control, a pesar de que no existió diferencia estadística significativa entre ambos grupos ($p>0,05$), los resultados indican que mientras menos estresado este un grupo de peces, menor será la mortalidad de este.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar la misma metodología, pero con mayores cargas o densidades de peces en las diferentes actividades que causen estrés en un cultivo intensivo de truchas.
2. Evaluar el nivel de cortisol en ambos tratamientos, como indicador de respuesta primaria al estrés.
3. Se sugiere iniciar la prueba desde la etapa de alevinaje hasta la cosecha de las jaulas evaluadas.
4. Realizar las biometrías para la obtención de peso y talla de manera mensual, para reducir el estrés por manejo que puede influir en los resultados de la prueba.
5. Medir la concentración de glucosa después de realizar las biometrías, con la finalidad de conocer el grado de estrés que genera dicha operación.
6. Aumentar la cantidad de individuos para la medición de talla y obtener un mejor factor de condición corporal.
7. Evaluar el costo de producción (precio/kilogramo) para ambos grupos de peces.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Aquino, M.H. (2015). Potencialidades de los sistemas de producción piscícola en la Selva Central del Perú (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

Aquino, R.A. (2019). Influencia de la densidad de cultivo sobre el estrés en juveniles de *Oreochromis niloticus* cultivados en sistemas con tecnología “biofloc” (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Arturo, C.H. (2012). El estrés en Peces de Granja. Revista Investigación Pecuaria. 1 (1): 47-52.

Auro, A.; Ocampo, L. (1999). Diagnóstico del Estrés en Peces. Artículo de revisión. Veterinaria México, Universidad Nacional Autónoma de México, 30 (4): 337-344.

Beecham, R.; Small, B.; Minchew, C. (2006). Using Portable Lactate and Glucose Meters for Catfish Research: Acceptable Alternatives to Established Laboratory Methods?. North American Journal of Aquaculture. 68 (4): 291-295.

Castelló, F. (1993). Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=hjwMNMgh1cQC&printsec_

De la Red, J. (2015). Modelado, Simulación y Control de un Vehículo Submarino Manipulado de forma Remota (ROV) (Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Cartagena). Recuperada de http://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/5198/pfc6321.pdf_

De los Santos, E.M. (2017). Respuestas fisiológicas de peces sometidos a estrés (tesis de pregrado, Universidad de La Laguna). Recuperada de https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/5763_

Deep Trekker (2016). Manual de Usuario Deep Trekker DTG2. (2 ed.). Canada: Deep Trekker, Inc.

Diaz, J.; Robotham, H. (2015). Comparación de dos métodos de sacrificio en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Latin American Journal of Aquatic Research, 43(2): 287-294.

Eguía, M.J. (2017). Influencia de dos marcas comerciales de alimento en el crecimiento y pigmentación muscular de la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en estanques (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.

FAO (2020). Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Branch. Recuperado de <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>.

Flores, M.D. (2014). Crecimiento de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) producidas con alimento fresco y balanceado en jaulas flotantes, muelle barco lago Titicaca – 2013 (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

FONDEPES (Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero). (2004). Manual de Cultivo de Trucha Arco Iris en Jaulas Flotantes. Lima: Ministerio de la Producción.

FONDEPES (Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero). (2014). Manual de Crianza en Ambientes Convencionales. Lima: Ministerio de la Producción.

Gabriel, U.; Akinrotimi, O. (2011). Management of Stress in Fish for Sustainable Aquaculture Development, 3(4). Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/287183428>.

García, F. (1997). Respuesta Fisiológica en Juveniles de Pez Espatula (*Polyodon spathula*) Inducida por Estrés de Manejo en su Cultivo (Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León). Recuperada de <http://eprints.uanl.mx/488/1/1020119181.PDF>.

Iwama, G.; Pickering, A.; Sumpter, J.; Schreck, C. (1997). Fish Stress and Health in Aquaculture. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=xKKBmYE7WXwC&pg>.

Jentoft, S.; Aastveit, A.; Torjesen, P.; Andersen, O. (2005). Effects of stress on growth, cortisol and glucose levels in non-domesticated Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) and domesticated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Comparative Biochemistry and Physiology, Part A 141: 353-358.

Llerena, C.A. (2007). Identificación y descripción anatomohistopatológica de lesiones encontradas en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) fase juvenil en piscigranjas de la provincia de Jauja, Junín (Tesis de maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Martínez, M.; Martínez, L.; Ramos, R. (2009). Cortisol and Glucose: Reliable indicators of fish stress? *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 4(2): 158-178.

Montesinos, J.A. (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, Lima, Perú.

Morales, G.A. (2004). Crecimiento y eficiencia alimentaria de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas bajo diferentes regímenes de alimentación (Tesis de pregrado, Universidad de Buenos Aires). Recuperada de http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/17-crecimiento_truchas.pdf.

Moreno, H.A. (2013). Modelado, Control y Diseño de Robots Submarinos de Estructura Paralela con Impulsores Vectorizados (Tesis de maestría, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales). Recuperada de http://oa.upm.es/16634/1/04_HECTOR_ALONSO_MORENO_AVALOS.pdf.

Muñoz, J.; Mardones, O.; Vargas, L.; Gesto, M. (2015). Estrés en peces: respuestas fisiológicas y sus implicaciones en el cultivo de salmónidos. *Salmonexpert*. Recuperado de <http://i-mar.cl/wp-content/uploads/2017/04/Mun%CC%83oz-2015.pdf>.

Robert, D.; Robert, L. (2014). *The ROV Manual: A User Guide for Remotely Operated Vehicles*. Waltham, Estados Unidos: Elsevier.

Rogne, M. (2014). Design and development of a Remotely Operated Vehicle for inspection of and collection in Aquaculture Facilities (Tesis de maestría, Norwegian University of Science and Technology). Recuperado de <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2400548>.

Tomas, L.R. (2013). Evaluación de alimentos micropelletizado y pulverizado sobre características productivas y económicas de alevinos nacionales de trucha arco iris (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

Trenzado, C.E. (2004). Selección Parental y Dieta como Estrategias de Atenuación del Estrés Crónico en la Trucha *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Tesis doctoral, Universidad de Granada). Recuperada de <https://hera.ugr.es/tesisugr/17332825.pdf>.

Weber, R.A. (2009). Efecto del estrés y de la anestesia sobre indicadores primarios y secundarios de estrés sobre los neurotransmisores monoaminérgicos cerebrales en el lenguado *Solea senegalensis* (KAUP 1858). (Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela).

Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/8acc/15f8b41c0ba339d39d99b1002df17e600cd1.pdf>.

Wells, R.; Pankhurst, N. (1999). Evaluation of Simple Instruments for the Measurement of Blood Glucose and Lactate, and Plasma Protein as Stress Indicators in Fish. *Journal of The World Aquaculture Society*. 30 (2): 276-284.

Woynarovich, A.; Hopisty, G. (2011). Posibilidades de cultivo de Trucha en pequeñas producciones. *FAO Fisheries & Aquaculture*.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Resumen de pesos promedios de las biometrías, alimento usado y ganancia de peso.

Peso promedio de biometrías (g)						
Día	Tratamiento			Control		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
15	148.2	183.4	139.0	147.8	177.8	146.8
30	190.6	228.5	176.1	194.6	254.6	204.5
45	254.7	293.6	240.0	248.6	313.1	261.2
60	303.8	371.9	303.3	319.8	380.8	305.5
75	357.1	435.3	360.1	380.3	430.5	347.8

Alimento usado (kg)						
Día	Tratamiento			Control		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
30	400	400	425	400	400	425
45	545	545	520	545	545	520
60	700	700	700	700	700	700
75	735	735	710	735	585	685

Ganancia de peso (kg)						
Día	Tratamiento			Control		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
30	576	451	425	530	795	691
45	855	625	735	578	574	658
60	609	735	719	771	644	490
75	677	576	613	633	451	450

ANEXO 2. Descripción del sistema del equipo para extracción de mortalidad (DTG2 ROV) utilizado en la prueba (Deep Trekker, 2016).



ANEXO 3. Proceso de extracción de mortalidad haciendo uso del método tradicional (Control).



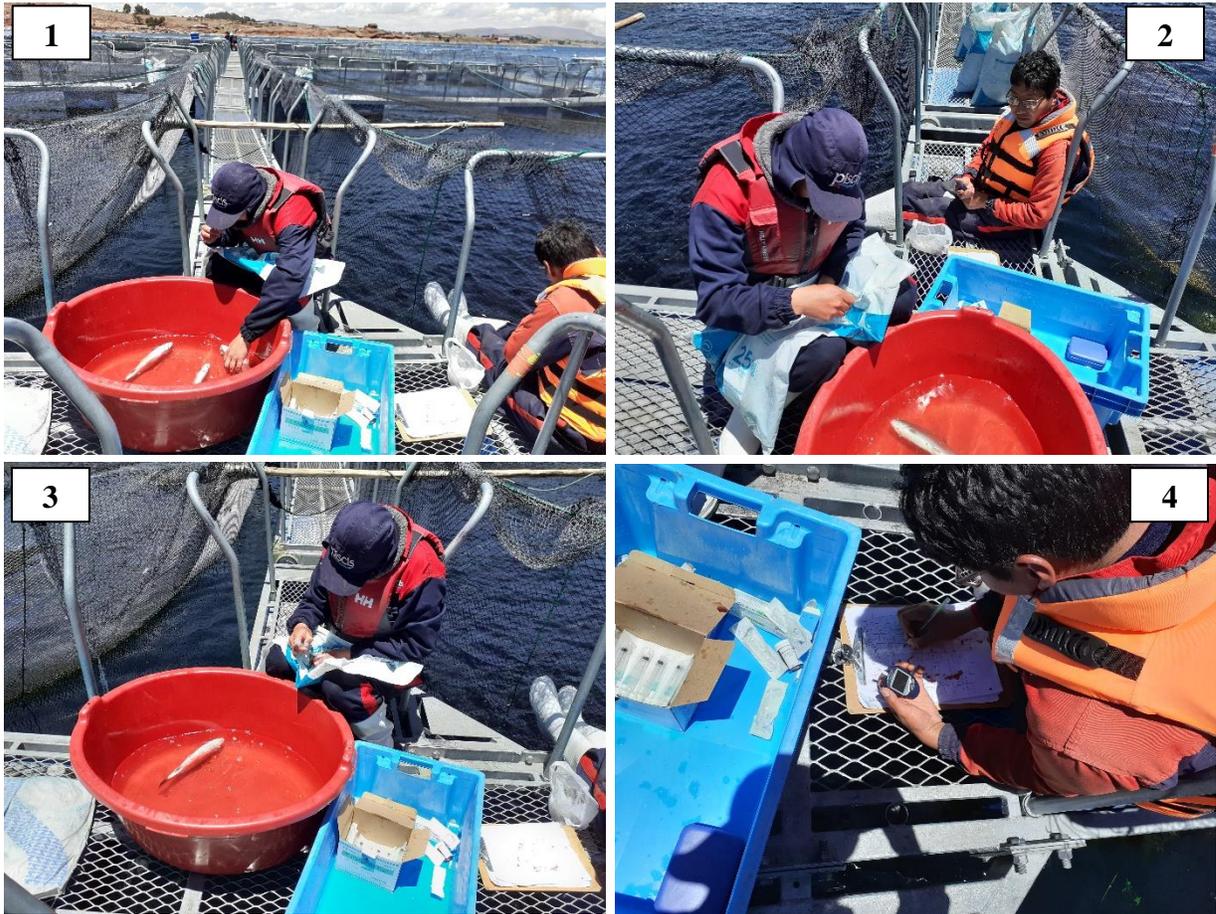
1. Jalado de la bolsa de malla hasta visualizar los peces muertos del fondo. 2,3 y 4: Extracción de los peces muertos con ayuda de un “chinguillo”.

ANEXO 4. Proceso de extracción de mortalidad haciendo uso de un robot submarino “ROV” (Tratamiento).



1. Sumergimiento del ROV a la jaula objetivo; 2. Búsqueda de los peces muertos en la base de la jaula con ayuda del controlador del ROV; 3. Maniobras del operador para la extracción de todos los peces muertos ubicados; 4. Extracción de la mortalidad con ayuda del ROV.

ANEXO 5. Toma de la muestra de sangre para la determinación de niveles de glucosa en los peces evaluados.



1. Colocación de los peces al recipiente con el anestésico; 2 y 3. Extracción de la muestra de sangre de los peces; 4. Lectura de la concentración de glucosa en la sangre con ayuda del glucómetro comercial.

ANEXO 6. Biometrías para obtención de datos de peso y talla.



ANEXO 7. Proceso de alimentación de los peces.



ANEXO 8. Tablas Estadísticas.

a) Evaluación estadística de la concentración de glucosa (mg/dl)

Grupo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Control	,257	9	,088*	,883	9	,168
Tratamiento	,155	9	,200*	,926	9	,446

• Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
	Se basa en la media	,550	1	16	,469
	Se basa en la mediana	,415	1	16	,529
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,415	1	10,482	,533
	Se basa en la media recortada	,448	1	16	,513

• Nivel de significancia para la concentración de glucosa (mg/dl)

Días	Glucosa (mg/dl)		Significancia (p)
	Control	Tratamiento	
15	120.3 ± 17.2267	117.2 ± 3.0925	0.7720 n.s.
45	116.9 ± 7.3364	110.4 ± 5.6871	0.2877 n.s.
75	111.5 ± 6.2684	105.3 ± 2.8024	0.1929 n.s.

b) Evaluación estadística del Factor de Conversión Alimenticia (FCA)

- Prueba de normalidad

Grupo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Control	,199	12	,200*	,959	12	,775
Tratamiento	,162	12	,200*	,957	12	,745

- Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
	Se basa en la media	2,531	1	22	,126
	Se basa en la mediana	1,351	1	22	,257
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,351	1	19,182	,259
	Se basa en la media recortada	2,522	1	22	,127

- Nivel de significancia

Días	Factor de Conversión Alimenticia (FCA)		Significancia (p)
	Control	Tratamiento	
30	0.6333 ± 0.1528	0.8667 ± 0.1528	0.1347 n.s.
45	0.8667 ± 0.0577	0.7333 ± 0.1528	0.2302 n.s.
60	1.1333 ± 0.2517	1.0333 ± 0.0577	0.5391 n.s.
75	1.3333 ± 0.1528	1.2000 ± 0.1000	0.2746 n.s.

c) Evaluación estadística de la Tasa de Crecimiento Especifico (TCE)

- Prueba de normalidad

Grupo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Control	,143	12	,200*	,959	12	,763
Tratamiento	,133	12	,200*	,947	12	,598

- Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
	Se basa en la media	,605	1	22	,445
	Se basa en la mediana	,576	1	22	,456
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,576	1	21,865	,456
	Se basa en la media recortada	,603	1	22	,446

- Nivel de significancia

Días	Tasa de Crecimiento Especifica (TCE)		Significancia (p)
	Control	Tratamiento	
30	1.9333 ± 0.2517	1.4667 ± 0.1155	0.0433 *
45	1.5667 ± 0.1528	1.9333 ± 0.2517	0.0972 n.s.
60	1.3333 ± 0.3512	1.4667 ± 0.2309	0.6119 n.s.
75	0.9333 ± 0.1528	1.0333 ± 0.0577	0.3486 n.s.

d) Evaluación estadística del Factor de Condición (K)

- Prueba de normalidad

Grupo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Control	,323	14	,000	,769	14	,002
Tratamiento	,276	15	,003	,872	15	,037

- Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
	Se basa en la media	2,108	1	27	,158
	Se basa en la mediana	1,030	1	27	,319
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,030	1	24,406	,320
	Se basa en la media recortada	1,786	1	27	,193

- Nivel de significancia

Días	Factor de condición (K)		Significancia (p)
	Control	Tratamiento	
15	1.4333 ± 0.0577	1.3333 ± 0.0577	0.1012 n.s.
30	1.4000 ± 0	1.4333 ± 0.0577	0.4226 n.s.
45	1.5333 ± 0.0577	1.5333 ± 0.0577	1.0000 n.s.
60	1.5000 ± 0	1.5333 ± 0.0577	0.4226 n.s.
75	1.5000 ± 0	1.5333 ± 0.0577	0.4226 n.s.

e) Evaluación estadística de la Mortalidad (%)

- Prueba de normalidad

Grupo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Control	,147	15	,200*	,968	15	,829
Tratamiento	,157	15	,200*	,910	15	,135

- Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
	Se basa en la media	3,810	1	28	,061
	Se basa en la mediana	3,556	1	28	,070
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	3,556	1	19,296	,074
	Se basa en la media recortada	3,667	1	28	,066

- Nivel de significancia

Días	Mortalidad (%)		Significancia (p)
	Control	Tratamiento	
15	1.8667 ± 0.2082	2.5000 ± 0.7000	0.2075 n.s.
30	1.4333 ± 0.2517	1.2000 ± 0.3606	0.4100 n.s.
45	1.9333 ± 0.2517	1.7667 ± 0.3512	0.5406 n.s.
60	1.6000 ± 0.2000	1.6000 ± 0.3606	1.0000 n.s.
75	1.5000 ± 0.2000	1.3333 ± 0.2887	0.4573 n.s.