



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA
AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: “EVALUACIÓN DE NUCLEÓTIDOS EN LA PRODUCCIÓN
INTENSIVA DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*). EN ETAPA
DE CRECIMIENTO CON AIREACIÓN TIPO AIRLIFT”**

AUTORES: BARRERA VACA, DIEGO FERNANDO

BARROS ORTIZ, LUIS ANDRES

DIRECTOR: Ing. ORTIZ TIRADO JUAN CRISTÓBAL PhD

SANGOLQUÍ

2018



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“EVALUACIÓN DE NUCLEÓTIDOS EN LA PRODUCCIÓN INTENSIVA DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN ETAPA DE CRECIMIENTO CON AIREACIÓN TIPO AIRLIFT”***, fue realizado por los señores ***Barrera Vaca, Diego Fernando y Barros Ortiz, Luis Andrés***, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustenten públicamente.

Sangolquí, 19 de diciembre de 2018

Juan Ortiz

Ing. ORTIZ TIRADO JUAN CRISTÓBAL PhD

C.C. *170999816-3*



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, *Barrera Vaca, Diego Fernando* y *Barros Ortiz, Luis Andrés*, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *Evaluación de nucleótidos en la producción intensiva de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en etapa de crecimiento con aireación tipo airlift* es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas - ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 19 de diciembre de 2018

.....
DIEGO FERNANDO BARRERA VACA
C.C. 171969011-6

.....
LUIS ANDRES BARROS ORTIZ
C.C. 171885864-8



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

*Nosotros, **Barrera Vaca, Diego Fernando** y **Barros Ortiz, Luis Andrés**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE publicar el trabajo de titulación: **Evaluación de nucleótidos en la producción intensiva de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en etapa de crecimiento con aireación tipo airlift** en el Repositorio Institucional cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.*

Sangolquí, 19 de diciembre de 2018

DIEGO FERNANDO BARRERA VACA

C.C. 171968011-6

LUIS ANDRES BARROS ORTIZ

C.C. 171885864-8

DEDICATORIA

A:

Mi madre por su apoyo incondicional, cariño, comprensión y todos los sabios consejos que me ha brindado durante esta etapa tan importante en mi vida.

Mi hermana Lore, mi cuñado Andrés, tío Diego, tío Pablo y mi abuelita por estar siempre presentes incondicionalmente.

Mis amigos, Vivi, Doris, Jhoa, Vere y a todos los que me acompañaron durante mi vida universitaria por su comprensión, consejos y momentos que han marcado mi vida día tras día y me ayudaron a realizar las diferentes labores durante la ejecución del proyecto.

Luis mi amigo incondicional, quien me acompañó durante estos últimos años en todo momento y con el que hemos pasado muchos momentos buenos y malos, una alegría haber compartido esto contigo.

Diego Fernando

A:

Mis padres María de Lourdes y Bolívar que con su ejemplo y sabios consejos me han sabido guiar por el camino correcto, y gracias a su esfuerzo pude culminar mi carrera universitaria.

Mi hermana Madelyn que con su cariño me apoyó siempre, y que este logro le sirva de ejemplo para su futura vida universitaria, a mi prima Anita que la considero como una hermana, que siempre ha tenido una palabra de aliento y nunca me dejó decaer.

Mi Abuelita Anita, tía Carmen, tía Sandra, primos Kevin y Christopher que con su apoyo incondicional siempre me alentaron a seguir adelante.

Dani por siempre ser una persona incondicional para mí, por entender y por todas las situaciones que hemos atravesado.

Todos mis amigos que estuvieron acompañándome en toda mi carrera universitaria y me supieron apoyar en todo momento.

Diego mi compañero de tesis, que más que un amigo es un hermano

Luis Andrés

AGRADECIMIENTO

A Dios, que nos ha guiado por el camino correcto para poder culminar con éxito este objetivo trazado y que con su sabiduría nos ha guiado para tomar buenas decisiones a lo largo de nuestras vidas.

Agradecemos a la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” por acogernos a lo largo de nuestra vida universitaria y de manera especial a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I que, junto con la Dirección de Carrera, personal docente y administrativo nos pudieron dar las herramientas necesarias por poder crecer profesionalmente y estaremos eternamente agradecidos con nuestro querido IASA.

Queremos hacer un agradecimiento sincero al Dr. Juan Ortiz, por su predisposición, apoyo incondicional, comprensión, consejos y tiempo invertido en la cristalización de este proyecto de investigación. A la Ing. Daysi Muñoz, por su apoyo y recomendaciones para que esta investigación brinde los mejores resultados.

Agradecemos al Ing. Juan Carlos Rodas Gerente General de Alltech por su gestión y aporte en la realización de esta investigación.

A Doris, Vere y Joha por su colaboración incondicional y desinteresada en las labores de manejo, pesajes y tomas de muestras durante la fase de campo de este proyecto y por su compañerismo en el internado en Pailones.

A todos nuestros amigos que estuvieron a lo largo de esta gran aventura que con sus ocurrencias y vivencias hicieron de la vida universitaria la época que más recordaremos a lo largo de nuestras vidas.

Diego F. Barrera V.

Luis A. Barros O.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	2
1.3	Planteamiento del problema.....	4
1.3.1	El Problema.....	4
1.3.2	Efectos.....	4
1.3.3	Causas	5
1.4	Objetivos	5
1.4.1	Objetivo General	5
1.4.2	Objetivos específicos	5
1.5	Hipótesis.....	6

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1	La acuicultura en el Ecuador	7
2.2	Cultivo de trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	8
2.2.1	Clasificación taxonómica	8

2.2.2	Alimentación.....	9
2.2.3	Entorno ambiental y comportamiento social	11
2.2.4	Sistema de producción	12
2.2.5	Calidad de agua para truchas arco iris	14
2.3	Nucleótidos	14
2.4	Inmunología en salmónidos	16
2.4.1	Sistema inmune innato	17
2.4.2	Inmunidad adquirida	17
2.5	Estrés en salmónidos	18
2.5.1	Estrés nutricional.....	20
2.5.2	Estrés social.....	20
2.6	Sistema de aireación AIRLIFT	21

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1	Ubicación del lugar de investigación	23
3.1.1	Ubicación Política	23
3.1.2	Ubicación geográfica	23
3.1.3	Ubicación ecológica.....	24
3.2	Material experimental	25
3.2.1	Biológicos	25
3.2.2	Insumos de campo.....	25
3.2.3	Equipos.....	25
3.2.4	Insumos laboratorio.....	26
3.2.5	Reactivos	26
3.3	Métodos.....	27
3.3.1	Instalación del ensayo	30
3.3.2	Suministro de alimento balanceado	31
3.4	Diseño experimental	33
3.4.1	Factores	33
3.4.2	Tratamientos.....	33

3.4.3	Tipo de diseño	33
3.4.4	Características de las unidades experimentales	34
3.4.5	Croquis del diseño.....	34
3.5	Variables a medir	35
3.5.1	Variables ambientales	35
3.5.2	Variables morfométricas	35
3.5.3	Variables productivas.....	35
3.5.4	Variables hematológicas	37
3.6	Análisis estadístico.....	39
3.7	Análisis funcional	40
3.8	Análisis de indicadores financieros.....	41

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados	42
4.1.1	Variables ambientales	42
4.1.2	Variables morfométricas	43
4.1.3	Variables productivas.....	48
4.1.4	Variables hematológicas	55
4.1.5	Relaciones entre variables.....	57
4.1.6	Análisis económico	59
4.2	Discusión.....	65
4.2.1	Parámetros morfométricos y productivos	65
4.2.2	Parámetros hematológicos	68
4.2.3	Análisis económico	69

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	71
5.2	Recomendaciones.....	72
5.3	Bibliografía	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Requerimientos nutricionales de trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) para etapa de alevines y juveniles.....</i>	9
Tabla 2	<i>Parámetros físicos y químicos del agua para la producción comercial de trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....</i>	13
Tabla 3	<i>Características del alimento balanceado suministrado en el cultivo de trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....</i>	31
Tabla 4	<i>Análisis de varianza para un diseño completamente al azar (DCA) con una estructura de parcelas subdividida (2x2) con 3 repeticiones.....</i>	39
Tabla 5	<i>Análisis no paramétrico Kruskal Wallis para las variables temperatura, pH, oxígeno disponible, concentración de oxígeno, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y salinidad del agua utilizada durante el experimento.....</i>	42
Tabla 6	<i>Promedio \pm error estándar del peso corporal (g) de <i>Oncorhynchus mykiss</i> expuesta a dos niveles de carga animal y dos tipos de dieta balanceada.....</i>	44
Tabla 7	<i>Promedio \pm error estándar de la longitud y ancho total medidos (gramos) de <i>Oncorhynchus mykiss</i>. Expuesta a dos niveles de carga animal.....</i>	46
Tabla 8	<i>Promedio \pm error estándar de la longitud y ancho total medidos (gramos) de <i>Oncorhynchus mykiss</i>. Expuesta a dos tipos de dieta balanceada.....</i>	47
Tabla 9	<i>Promedio \pm error estándar del índice de condición corporal de <i>Oncorhynchus mykiss</i>. Expuesta a dos niveles de carga animal y dos tipos de dieta balanceada.....</i>	48
Tabla 10	<i>Promedio \pm error estándar de la ganancia de peso diario y el índice de condición corporal de <i>Oncorhynchus mykiss</i>. Expuesta a dos niveles de carga animal y dos tipos de dieta balanceada.....</i>	50
Tabla 11	<i>Promedio \pm error estándar del factor de conversión alimenticia y eficiencia alimenticia de <i>Oncorhynchus mykiss</i>. Expuesta a dos niveles de carga animal y dos tipos de dieta balanceada.....</i>	52
Tabla 12	<i>Porcentaje de mortalidad de trucha de <i>Oncorhynchus mykiss</i> expuesta a dos niveles de carga animal y dos tipos de dieta balanceada, a los 70 días del ensayo.</i>	54
Tabla 13	<i>Análisis de la varianza para la variable glucosa, analizada de 24 muestras de trucha arco iris sometidas a 4 tratamientos.....</i>	55

Tabla 14 <i>Promedio \pm desviación estándar del contenido de glucosa en la sangre de truchas arco iris sometidas a 2 dietas y 2 densidades de carga animal</i>	55
Tabla 15 <i>Análisis de la varianza para la variable hematocrito, analizada de 24 muestras de trucha arco iris sometidas a 2 dietas y 2 cargas animales.....</i>	57
Tabla 16 <i>Promedio \pm desviación estándar del porcentaje de hematocrito de truchas arco iris sometidas a 2 dietas y 2 densidades de carga animal.....</i>	57
Tabla 17 <i>Coefficientes de correlación de Pearson para el peso y variables productivas de trucha, sometidas a 2 dietas y 2 densidades de carga animal.....</i>	58
Tabla 18 <i>Coefficientes de correlación de Pearson para los parámetros morfológicos y el índice de condición corporal de trucha arco iris sometidas a 2 dietas y 2 cargas animales.....</i>	58
Tabla 19 <i>Inversiones para el proyecto</i>	59
Tabla 20 <i>Costos operativos proyectados a 5 años para el tratamiento con una carga animal de 5 kg/m³ y una dieta sin la inclusión de nucleótidos</i>	59
Tabla 21 <i>Costos operativos proyectados a 5 años para el tratamiento con una carga animal de 5 kg/m³ y una dieta con la inclusión de nucleótidos.....</i>	60
Tabla 22 <i>Costos operativos proyectados a 5 años para el tratamiento con una carga animal de 16 kg/m³ y una dieta con la inclusión de nucleótidos.....</i>	60
Tabla 23 <i>Costos operativos proyectados a 5 años para el tratamiento con una carga animal de 16 kg/m³ y una dieta sin la inclusión de nucleótidos</i>	61
Tabla 24 <i>Ingresos anuales percibidos en el proyecto con una carga animal de 5 kg/m³ y una dieta sin nucleótidos</i>	61
Tabla 25 <i>Ingresos anuales percibidos en el proyecto con una carga animal de 5 kg/m³ y una dieta con nucleótidos</i>	62
Tabla 26 <i>Ingresos anuales percibidos en el proyecto con una carga animal de 16 kg/m³ y una dieta con nucleótidos</i>	62
Tabla 27 <i>Ingresos anuales percibidos en el proyecto con una carga animal de 16 kg/m³ y una dieta sin nucleótidos</i>	62
Tabla 28 <i>Flujo de caja para el tratamiento con densidad de carga animal de 5 kg/m³ y una dieta sin nucleótidos</i>	63

Tabla 29 <i>Flujo de caja para el tratamiento con densidad de carga animal de 5 kg/m³ y una dieta con nucleótidos</i>	63
Tabla 30 <i>Flujo de caja para el tratamiento con densidad de carga animal de 16 kg/m³ y una dieta con nucleótidos</i>	64
Tabla 31 <i>Flujo de caja para el tratamiento con densidad de carga animal de 16 kg/m³ y una dieta sin nucleótidos</i>	64
Tabla 32 <i>Indicadores financieros de los tratamientos con carga animal de 5 kg/m³ y 16 kg/m³ con la inclusión de nucleótidos y la exclusión de los mismos</i>	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Pérdidas energéticas en la alimentación de trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	11
Figura 2	Mecanismo de secreción de cortisol en los peces.....	19
Figura 3	Proyecto de acuacultura, Pailones. IASA 1	23
Figura 4	Laboratorio de RAAE. IASA 1	24
Figura 5	Flujo de procesos que se realizaran en el transcurso del proyecto	28
Figura 6	División de piscina con estructura mixta.....	30
Figura 7	Representación gráfica de las medidas de cada piscina.....	34
Figura 8	Croquis diseño experimental	34
Figura 9	Promedio \pm error estándar del peso corporal (g) a través del tiempo	44
Figura 10	Promedio \pm error estándar del largo total (cm) a través del tiempo	45
Figura 11	Promedio \pm error estándar del ancho total (cm) a través del tiempo.	47
Figura 12	Promedio \pm error estándar del índice de condición corporal a través del tiempo.....	49
Figura 13	Promedio \pm error estándar de ganancia de peso diario (g/día) a través del tiempo.	51
Figura 14	Promedio \pm error estándar de la eficiencia alimenticia a través del tiempo.	53
Figura 15	Promedio \pm error estándar del factor de conversión alimenticia a través del tiempo..	53
Figura 16	Promedio \pm error estándar del % de mortalidad de truchas arco iris sometidas a dos dietas y dos cargas animales a los 70 días del experimento	54
Figura 17	Promedio \pm error estándar del contenido de glucosa a los 70 días del ensayo.	56
Figura 18	Promedio \pm error estándar de hematocrito a los 70 días del ensayo.....	56

RESUMEN

En la acuicultura, el uso de tecnología como sistemas de aireación y aditivos alimenticios permiten mejorar el desempeño de los cultivos incrementando la rentabilidad. En este ensayo se evaluó la inclusión de nucleótidos (0 y 0.4 %) en dietas balanceadas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de crecimiento y dos densidades de carga animal (5 y 16 kg/m³), para lo cual se utilizaron 4800 peces con un peso promedio inicial de 20 g, distribuidos en 12 unidades experimentales. Se determinaron variables métricas, productivas y hematológicas de una muestra aleatoria de peces cada 10 días hasta que los mismos alcancen un peso de 80 g, además, se realizó un análisis financiero de cada tratamiento. Los animales expuestos a una carga animal de 16 kg/m³ y una dieta con el uso de nucleótidos presentaron un mayor peso corporal ($p < 0,05$), índice de condición corporal ($p < 0,05$), tasa de crecimiento específico ($p < 0,05$), ganancia de peso ($p < 0,05$) y eficiencia alimenticia ($p < 0,05$) que el testigo. Además, el hematocrito y contenido de glucosa fue menor en los peces alimentados con una dieta con nucleótidos. El análisis financiero mostró al tratamiento con una carga animal de 16 kg/m³ y una dieta con nucleótidos como el más rentable. La inclusión de nucleótidos a la dieta balanceada de trucha arco iris y el uso de una alta carga animal presentó un incremento en las variables morfométricas, productivas y un beneficio-costo mayor en \$ 0,71 con respecto al testigo.

Palabras clave:

- ACUACULTURA
- TRUCHA “ARCO IRIS”
- NUCLEÓTIDOS
- ALIMENTACIÓN
- DENSIDAD DE CARGA ANIMAL

ABSTRACT

In the aquaculture, the use of technology such as aeration systems and food additives allow a better performance of crops improving the profitability of a project. In this trial the inclusion of nucleotides (0 and 0.4%) in balanced diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in growth stage and two densities of animal load (5 and 16 kg / m³) was evaluated, for which 4800 fish were used with an initial average weight of 20 g, distributed in 12 experimental units according to the treatment. Were determined Metric variables, productive and hematological variables of a random sample of fish every 10 days until they reached a weight of 80 g (70 days), in addition, a financial analysis of each treatment was performed. Animals exposed to an animal load of 16 kg / m³ and a diet with the use of nucleotides had a higher body weight ($p < 0.05$), body condition index ($p < 0.05$), specific growth rate ($p < 0.05$), weight gain ($p < 0.05$) and nutritional efficiency ($p < 0.05$) that the witness. In addition, the hematocrit and glucose content was lower in fish fed a diet with nucleotides. The financial analysis showed the treatment with an animal load of 16 kg / m³ and a diet with nucleotides as the most profitable. The inclusion of nucleotides in the balanced diet of rainbow trout and the use of a high animal load showed an increase in morphometric, productive variables and a benefit-cost higher by \$ 0.71 with respect to the witness.

KEYWORDS

- ACUACULTURE
- RAINBOW TROUT
- NUCLEOTIDES
- FEEDING
- ANIMAL LOAD DENSITY

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En el alto andino ecuatoriano, el cultivo de mayor importancia animal de explotación acuícola es la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), debido principalmente a las condiciones ambientales y disponibilidad del recurso agua a lo largo de la Cordillera de los Andes. En Ecuador desde el año 2010 al 2016 se presenta un incremento en la producción de trucha arco iris, que va desde las 500 a 6500 toneladas, respectivamente (FAO, 2018).

La población mundial en las últimas décadas se ha incrementado considerablemente y para el año 2030 se proyecta que la cifra bordea los 8500 millones de personas ONU, (2017); lo que motiva a todas las industrias productoras de alimentos a mejorar su productividad para solventar la demanda mundial alimenticia.

El recurso hídrico presente en la Cordillera de los Andes es abundante y de calidad, el mismo que en proyectos acuícolas se convierte en la base primordial para el cultivo de trucha arco iris. A pesar de contar con esta riqueza natural, no se han desarrollado técnicas que permitan el uso eficiente del agua, lo que conlleva al desperdicio permanente de este elemento, generando altos costos de producción y por ende una baja rentabilidad para los productores locales en la zona continental del Ecuador. Frente a esta realidad es de vital importancia que la industria trutícola innove sus procesos productivos, permitiendo mejorar la productividad.

En este sentido, la tecnología que actualmente está al alcance de la acuicultura, y considera que puede incrementar su productividad y rentabilidad, es el uso de sistemas de aireación tipo Airlift, el cual permite un incremento de la productividad hasta el 12% Flores, (2017). Los

reactores Airlift permiten obtener recirculación de agua en un estanque, mejor oxigenación por la inyección de aire al interior del medio acuático. Durante la reacción aire-agua las partículas de oxígeno se liberan mejorando de esta manera la disponibilidad de este gas en el medio. El funcionamiento del sistema aireador se basa en conceptos de hidrodinámica, potenciando el uso de columna de agua para obtener un movimiento de fluidos (López Hernández Yaremi, 2015).

Por otro lado, en la actualidad el uso de sustancias químicas específicas que actúan como estimulantes alimenticios son de gran importancia porque mejoran la producción trutícola de forma integral. Por ejemplo los L-aminoácidos son identificados como aceleradores de crecimiento, y favorecen los procesos metabólicos del organismo, como lo indica Medina, (2012) en el efecto de L-Leu y L-Ile en *Oncorhynchus mykiss*, y su impacto en la estimulación alimenticia.

Con estos antecedentes, el presente estudio se enfoca a mejorar la productividad de truchas en zonas de altura, tomando en consideración la mejora en los sistemas de aireación, así como la estimulación alimenticia con la inclusión de nucleótidos en dietas balanceadas para truchas en fase de crecimiento.

1.2 Justificación

La producción del cultivo de trucha arco iris en el Ecuador, la cual en muchos casos es deficiente y poco rentable debido a la falta de conocimientos de pequeños y medianos productores sobre los beneficios que la tecnología moderna puede generar a la producción de estos peces de agua dulce, se ha mantenido durante mucho tiempo. Mediante la implementación de aireación artificial como lo es el sistema Airlift y el uso de aditivos como minerales,

aminoácidos, probióticos, nucleótidos, entre otros productos que pueden ser utilizados en el alimento balanceado o el medio acuático, se puede mejorar la producción de cultivos acuícolas.

En sistemas productivos con alta carga animal, es decir, superior a 62 animales/m³ de agua en etapa de crecimiento, se puede considerar de alta productividad, involucrando a peces en confinamiento a contraer problemas infecciosos por estrés, acarreamo enfermedades y reduciendo la productividad de un proyecto acuícola. Es por esto que en la actualidad las dietas balanceadas están siendo modificadas mediante la inclusión de nucleótidos y micro nutrientes de origen mineral (Se y Zn), los mismos que activan el sistema inmunológico reduciendo el efecto del ataque de bacterias (Siegel, 2011).

Considerando que en el alto andino existe una menor concentración de oxígeno en el aire debido a una baja presión atmosférica, la concentración de gases y su difusión en el agua tiende a no ser eficiente, por lo tanto, cultivos como el de trucha arco iris presentan bajo rendimiento, generando problemas de estrés, enfermedades y reducción en su actividad metabólica. Mediante la implementación de sistemas de aireación artificiales como el de tipo Airlift, se puede incrementar la carga animal considerablemente, ya que acrecienta la disponibilidad de oxígeno, pasando de sistemas tradicionales a intensivos de producción, intensificando los sistemas productivos. Por lo tanto, el uso de este sistema de aireación y dietas combinadas con inmuno estimulantes en proyectos acuícolas de trucha arco iris a pequeña y mediana escala, puede generar un incremento en la productividad y rentabilidad de estos.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 El Problema

La carga animal de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), depende directamente de la cantidad de oxígeno disponible, con recambios continuos de agua, volviendo esta actividad poco eficiente para el medio ambiente en condiciones de altura. Ésta forma de cultivo tradicional, con cargas animales establecidas y uso de recursos alimenticios, humanos e inversión en infraestructura, provoca la disminución en la productividad y rentabilidad de proyectos a pequeña y mediana escala.

Un sistema intensivo de producción involucra el confinamiento de animales, por ende, la presencia de enfermedades y problemas metabólicos incrementan, reduciendo la productividad y viabilidad de un proyecto trutícola. Los animales expuestos a estos factores reducen su actividad metabólica debido a que no consumen las cantidades de alimento necesarias para mantener su energía metabólica en niveles adecuados, interviniendo en la actividad digestiva, inmunológica y etológica.

1.3.2 Efectos

- Un sistema intensivo de producción, sin un manejo adecuado de actividades y procesos en el cultivo de peces, puede provocar infecciones por confinamiento y un incremento en la tasa de morbilidad y mortalidad.
- El uso ineficiente del recurso agua en proyectos acuícolas a pequeña y mediana escala, reducen su productividad y rentabilidad por ciclo de producción. Pequeños productores optan por un cambio productivo a otras actividades ganaderas o agrícolas, debido a que en muchos casos el retorno de sus inversiones es nulo a mediano y corto plazo.

1.3.3 Causas

- Falta de conocimiento técnico en el cultivo de trucha arco iris, en especial sobre la interacción entre oxígeno disponible y densidad de carga animal, en un sistema acuático a pequeña y mediana escala.
- Los proyectos acuícolas se encuentran estancados bajo ciertas técnicas de cultivo tradicionales, y no se hace uso adecuado de la tecnología actual disponible, como sistemas de aireación, aditivos nutricionales y sanitarios, los cuales mejoran su productividad y rentabilidad.
- Para la alimentación de los peces, muchas veces no se toma en cuenta las necesidades nutricionales de acuerdo a su estado fisiológico, dosificando erróneamente la cantidad y tipo de alimento suministrado.
- La disponibilidad de recursos hídricos en abundancia, de excelente calidad y a bajo costo, contribuye al descuido de productores por mejorar su sistema productivo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Valorar la inclusión de nucleótidos en dietas balanceadas para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de crecimiento, y su impacto en sistemas intensivos de producción con aireación tipo “Airlift”.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar parámetros morfométricos y productivos del cultivo de trucha arco iris, expuesto a dietas balanceadas con inclusión de nucleótidos bajo diferentes densidades de carga animal.

- Valorar la interacción entre parámetros morfométricos - productivos y su efecto en el bienestar animal a través de parámetros hematológicos en trucha arco iris, expuesto a dietas balanceadas con inclusión de nucleótidos bajo diferentes densidades de carga animal en un sistema tipo Airlift.
- Realizar un análisis financiero para el cultivo de trucha arco iris bajo un sistema intensivo de producción con aireación tipo Airlift, según metodologías convencionales descritas por García, (1995).

1.5 Hipótesis

H0. “El uso de nucleótidos en dietas balanceadas para trucha arco iris en fase de crecimiento bajo un sistema intensivo de producción tipo Airlift, no presenta diferencias productivas en comparación con el testigo”.

H1. “El uso de nucleótidos en dietas balanceadas para trucha arco iris en fase de crecimiento bajo un sistema intensivo de producción tipo Airlift, presenta diferencias productivas en comparación con el testigo”.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 La acuicultura en el Ecuador

La ubicación geográfica en el Ecuador hace que la acuicultura sea permanente durante todo el año y no se vea afectada por estaciones ni por cambios repentinos de temperatura, esto junto con la calidad y disponibilidad de agua, calidad de suelo y condiciones climáticas nos permite tener una amplia gama de productos acuáticos de calidad. En el año 2016 la acuicultura y pesca en Ecuador representó el 31.1 % de las exportaciones no petroleras (PRO ECUADOR, 2017).

El Ecuador se considera uno de los principales países de producción y exportación de camarón, atún y tilapia los cuales son cultivados en aguas cálidas. La acuicultura en agua dulce en el país tiene como referencia su mayor desarrollo en la región interandina mediante el cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). En general esta actividad en la costa, sierra y amazonía ecuatoriana tiene gran importancia en el desarrollo de los pueblos, ya que contribuye en su alimentación y comercio principalmente (Zambrano, 2016).

A pesar de las buenas condiciones climáticas, calidad de agua y ubicación geográfica, nuestro país 6500 TM, ubicándose por debajo de Chile y Perú en exportaciones de trucha arco iris, las cuales tienen una producción promedio de 19 a 24 mil TM al año (FAO, 2018).

Actualmente el cultivo de trucha arco iris en Ecuador se ha desarrollado continuamente, mejorando las condiciones de cultivo, infraestructura, manejo y uso de tecnología. En este contexto, el ministerio de Acuicultura y Pesca del Ecuador puso vital importancia en la producción de este pez en el alto andino, es el caso del Centro de Investigaciones Acuícolas (CENIAC), el cual se dedica a la producción de alevines de trucha arco iris de alto valor genético,

resistente a varios factores que pueden alterar el cultivo normal de este salmónido, y la propagación de los mismos a pequeños y medianos productores a nivel nacional (MAGAP, 2012).

2.2 Cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es un pez de agua dulce perteneciente a la familia *Salmonidae*, nativa de las costas del Pacífico en América del Norte, habita naturalmente en ríos, y lagos de agua fría, por su fácil adaptación a la crianza en cautiverio esta especie ha sido introducida en países sudamericanos como Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia y Ecuador, los mismos que en ciertos lugares presentan las condiciones idóneas para su desarrollo, por lo que se ha implementado infraestructura para su crianza y comercialización (Ragash, 2009).

2.2.1 Clasificación taxonómica

- Reino : Animal
- Phylum : Chordata
- Subphylum : Vertebrata
- Clase : Osteichthyes
- Orden : Salmoniformes
- Familia : Salmonidae
- Género : *Oncorhynchus*
- Especie : *Mykiss*
- Nombre científico : *Oncorhynchus mykiss*
- Nombre común : Trucha arco iris

Fuente: (Ucros, 2009)

2.2.2 Alimentación

Según Ortiz, (2015) dice que la producción eficiente de especies en sistemas de cultivos intensivos y semi-intensivos requiere del uso de alimentos artificiales como fuente primaria y de suplementación de nutrientes. Estas dietas deben estar controladas y principalmente equilibradas de nutrientes como proteína, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales que suplen los requerimientos nutricionales esenciales para el correcto crecimiento de la trucha arco iris.

Actualmente existen alimentos concentrados debidamente balanceados para llenar las necesidades nutricionales de la trucha, y de esta forma, lograr un buen desarrollo y crecimiento. El nivel de proteína de los alimentos balanceados cambia dependiendo de la etapa de desarrollo, por ejemplo: en truchas pequeñas, el porcentaje de proteína del alimento es alto, porcentaje que disminuye conforme la trucha aumenta en tamaño. Otro aspecto importante es que el alimento tiene varios tamaños que van en relación con el tamaño de la boca de trucha. De ahí la importancia de solicitar el concentrado con el nivel de proteína y el tamaño adecuado para los peces que están en cultivo (FAO, 2014).

Tabla 1

Requerimientos nutricionales de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) para etapa de alevines y juveniles

Nutriente	Estadio	Cantidad (%)
Proteína	Alevines	45 – 50
		40 – 45
Carbohidratos	Juveniles	9 – 12
Grasas		5 – 8
Fibra		Menos de 8

%; porcentaje de inclusión en la dieta balanceada

Fuente: FAO, (2017)

2.2.2.1 Digestión y absorción de alimento

Los salmónidos al ser peces carnívoros poseen en su aparato digestivo estructuras específicas para la absorción del alimento, es decir, poseen dientes débiles y afilados que le ayudan a capturar y fragmentar el alimento, pero no masticarlo. El alimento pasa directamente de la faringe al estómago donde por acción del ácido clorhídrico y enzimas como la pepsina es transformado en una masa semilíquida (Blanco, 1995).

Del estómago el alimento pasa al intestino, en su parte anterior se encuentran los llamados ciegos pilóricos que su principal función es aumentar la superficie de contacto con la mucosa intestinal para favorecer la absorción de sustancias alimenticias. Los jugos intestinales segregados por la pared intestinal y las glándulas anejas como el hígado y el páncreas poseen enzimas de acción sobre las proteínas como las proteasas; sobre los hidratos de carbono, carbohidrasas y sobre la grasa, la lipasa (Blanco, 1995).

Como resultado de la acción del proceso digestivo, los nutrientes son absorbidos por la pared intestinal e incorporados a la sangre de ahí son distribuidos a todo el organismo, especialmente al hígado donde son utilizados o a su vez invertidos en la formación de nuevos compuestos. El resto del contenido intestinal que no es absorbido, alcanza la parte distal del intestino donde se absorbe el agua y sales, haciéndose más sólida hasta ser eliminada por el ano en forma de heces (Blanco, 1995).

2.2.2.2 Gasto energético

El instante que se realiza la ingestión del pienso en el cultivo de trucha arco iris, inician una serie de reacciones bioquímicas de desnaturalización de los compuestos alimenticios. Es importante conocer cuál es el mecanismo de la transformación de la energía bruta en energía neta y los porcentajes requeridos para cada etapa. (Figura 1).

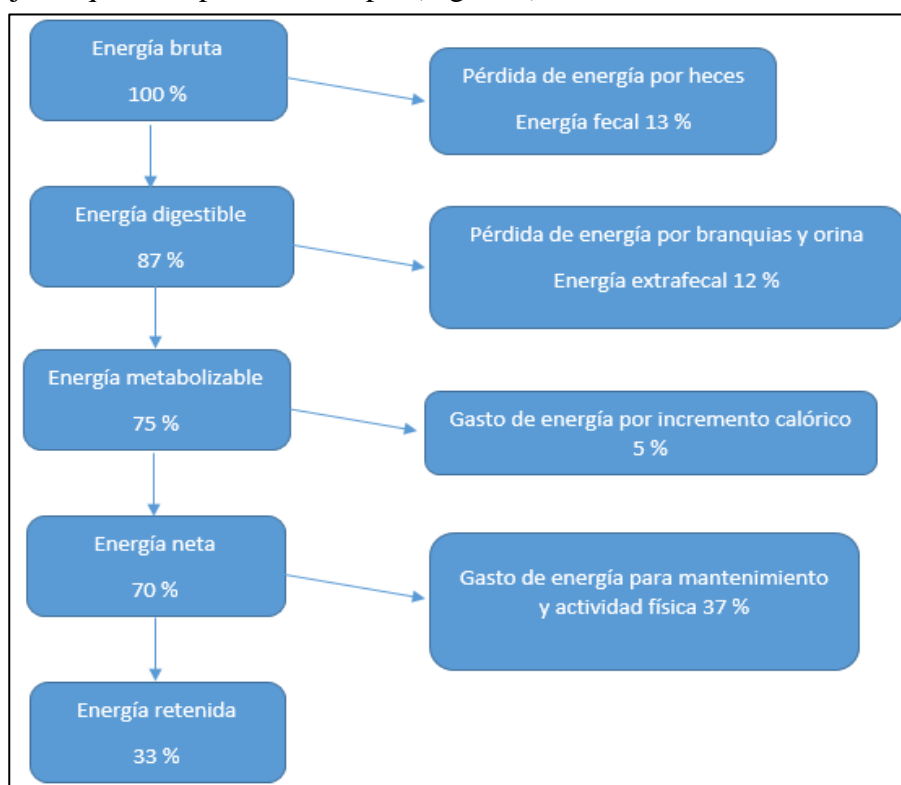


Figura 1 Pérdidas energéticas en la alimentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)
Fuente: Molina, (2017)

2.2.3 Entorno ambiental y comportamiento social

La trucha arco iris es un pez poiquiloterma, es decir, no puede regular su temperatura interna, la cual es directamente proporcional con la temperatura del agua y los cambios de la misma, por lo tanto, presenta alta sensibilidad a variaciones bruscas de temperatura, originando desequilibrios metabólicos y fisiológicos. La trucha arco iris ha logrado adaptarse a temperaturas

inferiores próximas a la congelación del agua y superiores hasta de 20 °C, siendo la temperatura ideal para su crecimiento, desarrollo y reproducción natural los 15 °C promedio (Blanco, 2002).

Su hábitat natural incluye, aguas claras, poco profundas, suelo pedregoso, y una topografía que permite la formación de rápidos y causes veloces de agua, los mismos que permiten una adecuada oxigenación del medio acuático otorgando a este salmónido un hábitat propicio para su desarrollo y reproducción. La crianza industrial de trucha arco iris ha tratado de imitar su ambiente natural, elaborando estanques de un metro de profundidad y con entradas de agua que producen efecto cascada para mejorar la oxigenación del agua y la turbulencia de la misma (Blanco, 1995).

La trucha por naturaleza es un carnívoro, por lo tanto, sus necesidades de proteína de origen animal son elevadas, en ríos y lagos se alimentan de escarabajos, pequeños moluscos y crustáceos, lombrices, moscas, mosquitos y peces pequeños de la misma especie u otra. Por este comportamiento en explotaciones acuícolas de trucha arco iris se elaboran y suministran alimentos balanceados con alta proteína siendo esta del 42% al 50% dependiendo del peso corporal en que se encuentre el pez, el contenido de humedad máximo es del 12 % en forma de gránulos o pellets, de textura semidura y de morfología cilíndrica, de tamaños variables según el tamaño de los peces que van destinados. El color es generalmente oscuro, con un fuerte olor a harina de pescado y sabor *sui generis* (Blanco, 2002).

2.2.4 Sistema de producción

Los sistemas acuícolas para producción se clasifican de acuerdo con el nivel de tecnificación, tipo de producción y manejo. Existiendo tres clases que son: intensivo, semi-intensivo y extensivo (Ortiz, 2015).

Para el caso del sistema intensivo, la producción se sustenta en la capacidad de mantención del entorno, el sistema semi-intensivo utiliza entornos naturales o artificiales con suplementación alimenticia y el sistema intensivo emplea tecnología que permite elevar el rendimiento por unidad de área (de La Oliva, 2011).

Tabla 2

*Parámetros físicos y químicos del agua para la producción comercial de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)*

Parámetro	Nivel óptimo
O ₂ disuelto	6,5 – 9 ppm
CO ₂	< 2 ppm
Temperatura	12 – 21 ° C
pH	6,5 – 8,5
Alcalinidad	10 – 400 mg/L
Manganeso	< 0,01 mg/L
Hierro	< 1 mg/L
Zinc	< 0,05 mg/L
Cobre	< 0,006 mg/L

Ppm: partes por millón
 ° C: Grados centígrados
 mg/L: miligramo por litro
Fuente: FAO, (2005)

El sistema de producción tradicional de trucha arco iris se lo realiza en monocultivo, y tras la búsqueda de mejora de procesos productivos se llega a experimentar con alternativas al del sistema de producción tradicional de cultivo el cual se maneja con una densidad de carga animal de (5 Kg/m³).

La concepción fundamental de los experimentos realizados es que tanto la fuente de agua que abastece el proyecto acuícola y el agua que ya se encuentra en las en las diferentes piscinas, cumplan con los parámetros mencionados en la Tabla 3.

2.2.5 Calidad de agua para truchas arco iris

Con el objetivo de realizar una explotación constante y adecuada de trucha arco iris en cautiverio, la calidad de agua debe ser óptima, simulando las características físicas, químicas y biológicas a la de ríos y lagos en las que este pez se desarrolla con normalidad, por ende, en las piscifactorías es aconsejable para un adecuado cultivo de trucha arco iris mantener estrictos parámetros de calidad del ambiente acuático.

En las propiedades físicas del agua una de las más importantes es la temperatura, y en un proyecto acuícola de trucha arco iris debe estar en un rango de 9 - 17 °C. Por naturaleza los salmónidos son animales poiquiloterms y la temperatura del agua reflejará su temperatura corporal y los cambios bruscos de la misma pueden producir desórdenes metabólicos como: asimilación de nutrientes y la falta de apetito, inhibiendo su crecimiento, reduciendo la ingesta de alimento y por ende una baja productividad del cultivo (Blanco, 2002).

2.3 Nucleótidos

Con el avance de la tecnología y la búsqueda de alimentos cada vez más naturales y saludables, se está implementando el uso de antibióticos por inmuno-estimulantes de origen natural como es el caso de los nucleótidos.

Los nucleótidos bioquímicamente son compuestos complejos, formados por tres moléculas de diferente naturaleza: una base nitrogenada, un monosacárido y un grupo fosfato. Cuando una base nitrogenada se une a un monosacárido sin un grupo fosfato se forma un nucleósido, los mismos que no tienen gran importancia biológica a más de ser parte constitutiva de los nucleótidos (Horna, 2010).

Al estar impregnadas las partículas de alimento balanceado con nucleótidos, éstos son reconocidos y metabolizados en el intestino de los peces, pasando al torrente sanguíneo y distribuyéndose hacia ganglios linfáticos y células. En la acuicultura estos compuestos intervienen en funciones fisiológicas y bioquímicas esenciales, activando la respuesta inmune innata y específica, permitiendo mejorar la resistencia de los animales a infecciones producidas por el ataque de bacterias, hongos, virus y parásitos, reduciendo así las tasas de morbilidad y mortalidad considerablemente. Mediante los beneficios que los nucleótidos producen en los peces, se puede incrementar la carga animal, intensificando el cultivo y a la vez controlando enfermedades y reduciendo estrés por confinamiento.

Se ha demostrado que los nucleótidos en los animales no tienen relación únicamente con el sistema inmunológico, sino que también tienen efecto positivo en el tracto gastrointestinal, potencian el efecto de vacunas, mejoran la capacidad osmoreguladora de estos peces, incluyendo la codificación y desciframiento de información genética, actúan como mediadores del metabolismo energético y de señales celulares y forman parte de coenzimas, efectores alostéricos y agonistas celulares (Siegel, 2011).

Según Ortiz,(2015) la producción eficiente de especies en sistemas de cultivos intensivos y semi-intensivos requiere del uso de alimentos artificiales como fuente primaria y de suplementación de nutrientes. Estas dietas deben estar controladas y principalmente equilibradas de nutrientes como proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales, que satisfacen los requerimientos nutricionales esenciales para el adecuado crecimiento de estos peces.

AQUATESHRIMP es un producto de la empresa Alltech destinado para el cultivo de camarón, el cual contiene una premezcla con minerales, los componentes del producto incluyen:

DHA (5,264 %), Nucleótidos (1,667 %), Glucomananos (1,4 %), Hierro (4695 ppm), Zinc (4395ppm), Manganeso (2010 ppm), Cobre (1660 ppm), Selenio (30 ppm) y Cromo (20 ppm). Físicamente es un polvo color marrón integrado por: Harina de algas (*Schizochytrium* sp.), Extracto de levadura, Levadura hidrolizada, Levadura de cerveza seca, Proteinato de Hierro, Proteinato de Zinc, Cromolevadura, Proteinato de cobre, Seleniolevadura, Proteinato de manganeso, Aluminosilicato de sodio y calcio hidratado, Harina de algas (*Chlorella vulgaris*), Ácido ascórbico y Producto seco de la fermentación de *Aspergillus* sp. (Alltech, 2014).

2.4 Inmunología en salmónidos

El papel principal que cumple el sistema inmune en los vertebrados es la protección de infecciones producidas por patógenos externos al individuo y que podrían llegar alterar sus funciones corporales e incluso poner en riesgos la vida del individuo. Normalmente el sistema inmunológico funciona con eficiencia, aunque como en cualquier otro sistema fisiológico, se ve afectado cuando el estado de salud es deficiente es por ello por lo que se debe tener una vigilancia oportuna y un monitoreo contante de los parámetros fisicoquímicos dentro del criadero para que las condiciones favorables al cultivo no se vean alterados (Olabuenaga, 2000).

La inclusión de nucleótidos en las dietas balanceadas de peces y su efecto en la inmunología fue introducida por Burrells, Williams, & Forno, (2001), donde indican que los suplemento dietéticos de nucleótidos otorgan mayor resistencia a los salmónidos ante infecciones virales, bacterianas, parasitarias y en la capacidad de osmorregulación. Uribe, (2009) indica en su investigación que los nucleótidos dietarios pueden influenciar en la actividad de los macrófagos, linfocitos y en la producción de inmunoglobulinas, así como mejora en la eficiencia de la vacunación. Burrells et al., (2001) encontraron que la administración de nucleótidos en conjunto

con la vacunación logro una disminución de la mortalidad en Salmon atlántico (*S. salar*) del 6% al 2%.

2.4.1 Sistema inmune innato

Esta corresponde a la primera línea de defensa que poseen los peces está compuesta por barreras físicas como las mucosas, la piel, además de poseer una variedad de leucocitos (monocitos /macrófagos que son la célula principal en la respuesta inmune innata ya que secretan citoquinas proinflamatorias (Blazer, 1991), granulocitos y células citotóxicas no específicas) y diversas sustancias humorales (lisozima, interferón, transferrina, anti-proteasas, lectinas, eicosanoides) que suprimen la proliferación de microorganismo que pueden llegar a provocar problemas dentro del cultivo (Penagos, Barato, & Iregui, 2008).

2.4.2 Inmunidad adquirida

Comprende la segunda línea de defensa que poseen los peces para la protección de agentes patógenos; al no tener los peces médula ósea o nodos linfoides, el timo, el riñón y el bazo asumen este papel (Dalmo, Ingebrigtsen, & Bogwald, 1997). La inmunidad adquirida puede ser dividida en celular representados por los linfocitos T y humoral a cargo de los linfocitos B (Penagos et al., 2008).

En truchas por otro lado, se comprobó la existencia de un sistema inmune de mucosas en los peces al encontraron altos niveles de anticuerpos en el moco y la bilis en respuesta a infecciones en las que no se detectaron anticuerpos en suero (Penagos et al., 2008).

Los anticuerpos ejecutan su mecanismo de acción en distintas formas tales como:

- Al unirse a la superficie de los virus e impedir así la infección celular

- Unirse a las membranas de bacterias e inducir una lisis bacteriana
- Pueden actuar como opsoninas (reconocen los antígenos de las partículas a fagocitar y actúan como puente entre la partícula a fagocitar y el fagocito) y facilitar el reconocimiento por las células fagocíticas.
- Como receptores de células B, participan en el reconocimiento de antígenos para la producción de anticuerpos (Ruiz, Fernández, & De blas, 2003).

2.5 Estrés en salmónidos

Dentro de los sistemas acuícolas existen unas series de elementos que pueden alterar el correcto funcionamiento, y en casos severos poner en riesgo el equilibrio del sistema. Éstos pueden ser factores intrínsecos como el estado sanitario, y los factores extrínsecos, como la temperatura, los cambios de estación y los parámetros abióticos del agua. Dentro de este factor se encuentra un estímulo que actúa negativamente sobre el sistema biológico conocido como estrés, el individuo puede volver a su estado de equilibrio cuando las condiciones ambientales a ser las óptimas para su normal desarrollo. Pero cuando la presencia de estrés se prolonga o se agudiza, puede llegar a su nivel máximo de tolerancia generando un colapso en el sistema inmune y en otros sistemas (Ellis, 1981).

El estrés es una reacción fisiológica normal de los organismos la cual permite hacer frente a los cambios del entorno, en truchas el cortisol es la principal hormona de corticosteroides presente en este tipo de peces, mientras que la glucosa es utilizada por las células como fuente de energía. Estos dos compuestos son utilizados como medidores de estrés, siendo cada uno de ellos directamente proporcional a los niveles de estrés (Huanca & Carpio, 2017).

Según Janey, Jeney, & Maule, (1992) explican el mecanismo de secreción de cortisol de la siguiente manera:

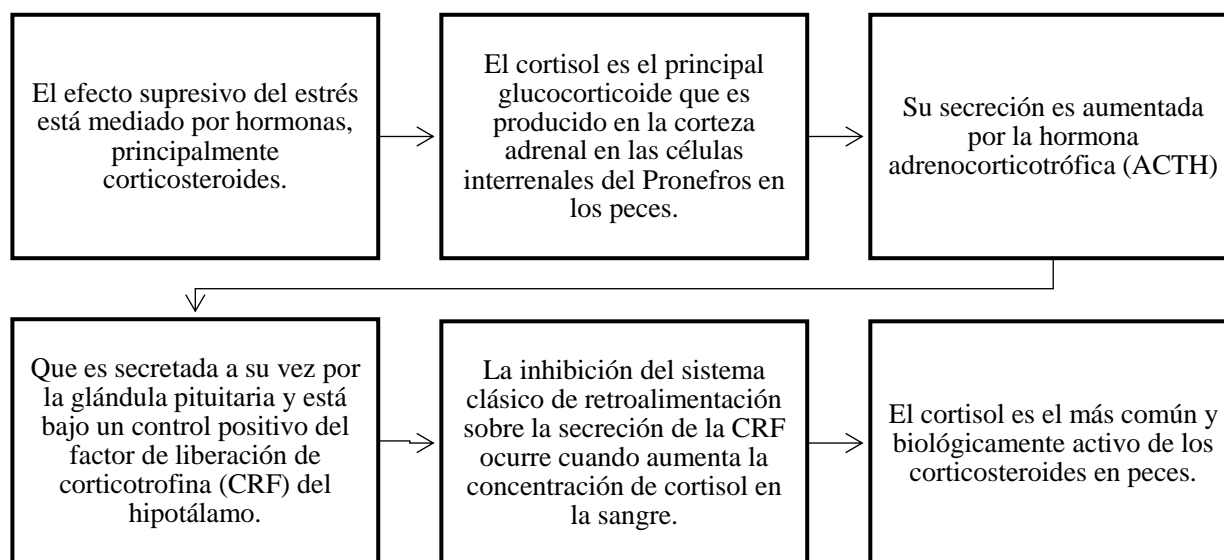


Figura 2 Mecanismo de secreción de cortisol en los peces

Para explicar de manera general cómo reacciona un animal ante el estrés, de Camargo, (2005) propuso El Síndrome de Adaptación General, que se basa en la respuesta del organismo ante una situación de estrés ambiental distribuida en tres fases o etapas:

- La primera fase o de alarma se define como el intento de huida por parte del animal. Es una respuesta a nivel neuroendocrino donde se induce la liberación de catecolaminas (CAs) (adrenalina y noradrenalina) y cortisol al torrente sanguíneo. Para llevar a cabo la posible huida se inicia la actividad motora aumentando el ritmo cardíaco, y el flujo sanguíneo hacia los órganos más activos: cerebro, corazón, branquias y músculo esquelético.

- La segunda fase o de resistencia sucede cuando el estrés persiste y el animal trata de adaptarse., disminuyéndose los niveles de CAs y liberándose cortisol a nivel sanguíneo y tisular.
- La tercera fase o de agotamiento aparece cuando el estrés persiste en el tiempo y tanto los niveles de cortisol como el metabolismo se encuentran aumentados interfiriendo así en procesos fisiológicos que pueden conducir a la muerte del animal (Figura 2).

2.5.1 Estrés nutricional

El mal manejo de sistema intensivos por lo general con lleva a problemas de degradación o perdidas de nutrientes, así como de vitaminas en el alimento balanceado generando patologías específicas como: la enfermedad nutricional de las branquias, asociada con alimentos de iniciación o la pansteatitis de la trucha asociada a la formulación de alimentos con ácidos grasos no saturados, además de la deficiencia de vitamina E, así como lesiones hepáticas y la miopatía nutricional específica de los salmónidos (Auró & Ocampo, 1999).

Larenas, Contreras, Oyanedel, Morales, & Smith, (1997) reporta un estudio realizado en el cultivo de trucha arco iris, una mayor mortalidad de peces al estar sometidas a una densidad de carga animal de 20 Kg/m³ con respecto al resto de grupos, al igual sugieren que como resultado de densidad poblacional esto puede influir en la presencia de *Piscirickettsia salmonis* que es un agente bacteriano causante de enfermedades epizoóticas en peces salmónidos

2.5.2 Estrés social

En confinamiento los peces están obligados a competir permanentemente entre sí, tanto por alimento como por espacio, es por esto que el estrés social repercute negativamente en su comportamiento y fisiología. Una alternativa a esta problemática y la más usada en el campo de

la acuicultura, es mejorar las condiciones ambientales y proporcionar el alimento balanceado suficiente para que todos los individuos reciban la ración adecuada para su óptimo crecimiento. Aunque existen especies que son altamente agresivas y territoriales, lo que hace más difícil controlar los niveles de estrés dentro del cultivo (de los Santos, 2017)

(Carrión et al., 2002) indican que dentro de un sistema intensivo las altas densidades de cultivo dan origen a problemas de estrés crónico llegando a desbalancear el metabolismo del animal aumentando los niveles de cortisol y poniendo en riesgo su proceso de crecimiento.

2.6 Sistema de aireación AIRLIFT

Los sistemas de aireación tipo “Airlift”, incrementan el nivel de oxígeno disponible en el agua para que el cultivo pueda aprovecharlo de mejor manera, esto mejora el rendimiento y la posibilidad de incrementar la densidad de carga animal (KOI, 2007).

Al implementar el sistema “Airlift” en los sistemas de producción, la meta fundamental es mantener una concentración mínima de oxígeno de por lo menos 80% a 70% de saturación de oxígeno disuelto en el estanque de producción, para que los procesos metabólicos como crecimiento individual del pez se encuentren en niveles óptimos. Según (Altamirano, 2013) indica que cada vez que el agua ingresa por el mecanismo de aireación “Airlift” al sistema se le integra de 1 a 3 ppm y la liberación de CO₂ de la piscina es de 10 a 20 ppm. Todos estos beneficios expuestos son mayores que si se los lograra con aireadores mecánicos, el aspecto fundamental es el aumento de intercambio gaseoso dentro del sistema que se logra al implementar un sistema “Airlift”, aspecto que es deficiente al utilizar aireadores mecánicos.

El mecanismo dentro del sistema “Airlift” es muy simple, utiliza la fuerza del aire para elevar agua hasta la superficie, aireándola y haciéndola recircular. El aire inyectado por el sistema “Airlift” se eleva empujando y arrastrando agua en su ascenso. Pero el sistema funciona principalmente porque el Airlift contiene una mezcla de agua y aire que pesa mucho menos que una columna equivalente de agua del estanque, por lo que se establece una importante diferencia de presión, este sistema es utilizado si se necesita movilizar grandes volúmenes de agua a baja presión con poco gasto energético, siempre y cuando se requiera elevar el agua apenas por encima del espejo de agua. Otras ventajas de este sistema de aeración es que no hay riesgos de averías por atascos, ni de cortocircuitos (KOI, 2007).

Flores, (2017) en el estudio del desempeño productivo de trucha arco iris bajo dos sistemas de aireación indica que la clave de este sistema es su alta eficiencia, el sistema Airlift produce un flujo de burbujas a un “Standard Aireation Eficency” (SAE) (Estándar de eficiencia de aireación) de 2,5 a 5 kilos de oxígeno por kilowatt/hora de consumo. Esta nueva tecnología Este nuevo sistema abastece una cantidad continua de oxígeno disuelto, en combinación con una liberación de CO₂ y la generación de una corriente de agua artificial dentro del tanque de cultivo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Ubicación del lugar de investigación

3.1.1 Ubicación Política

- Provincia: Pichincha
- Cantón: Rumiñahui
- Parroquia: San Fernando
- Sector: San Fernando

3.1.2 Ubicación geográfica

- Altitud: 2940 m.s.n.m.
- Latitud: 0°23'20" S.
- Longitud: 78°24'44" O.



Figura 3 Proyecto de acuacultura, Pailones. IASA 1
Fuente: Google Earth, (2017)



Figura 4 Laboratorio de RAAE. IASA 1
Fuente: : Google Earth, (2017)

3.1.3 Ubicación ecológica

- Zona de vida: Bosque húmedo
- Zona ecológica: Montano bajo
- Altitud: 2748 msnm.
- Temperatura media: 13.92 °C
- Temperatura máxima: 21.30 °C
- Temperatura mínima: 6,74 °C
- Precipitación anual: 1531 mm
- Heliofanía: 4 - 5 horas
- Horas luz: 12 horas
- Humedad relativa: 64.11%
- Viento: 1,5 m/s
- Suelo: Franco arcilloso
- Período de lluvias: Octubre a mayo

(Estación Meteorológica del IASA I, periodo 31 de Julio – 08 de octubre, 2016)

3.2 Material experimental

3.2.1 Biológicos

- 4800 peces de trucha arco iris en estadio juvenil (*Oncorhynchus mykiss*)

3.2.2 Insumos de campo

- Alimento balanceado tamaño de pellet 2,5 mm para trucha arco iris BIOMIX®
- Alimento balanceado tamaño de pellet 3 mm para trucha arco iris BIOMIX®
- Alimento balanceado tamaño de pellet 4 mm para trucha arco iris BIOMIX®
- Cestas de incubación
- 6 estanques de 6.61 m³
- Mallas plásticas de 4x4 m
- Sistema Airlift
- Material de limpieza
- Material de muestreo

3.2.3 Equipos

- Balanza Micra Basic SD, apreciación 1 g
- Ictiómetro Krauss & henke, máximo 50 cm
- Sonda Multiparamétrica (YSI, Profesional Plus)
- Microcomputador timer switch KG31GT.
- Espectrofotómetro ThermoSpectronic
- Sistema AIRLIFT
- Aireador blower RU: 2.5 HP; 200 -230 volts; 154 CFM (pies cúbicos por minuto).
- Computadora marca hp

- Refrigerador *General Electric*

3.2.4 Insumos laboratorio

- Tubos de ensayo
- Algodón
- Gradillas
- Puntas para pipetas
- Microtubos graduados de 1mL y 2mL Eppendorf™
- Capilares para hematocrito
- Plastilina Brá-seal
- Jeringas de 5 mL
- Tabla de micro-hematocrito lote 01141
- Micro pipeta de 100 a 1000 μ L
- Micro pipeta de 2 a 20 μ L

3.2.5 Reactivos

- Kit de Human GLUCOSE liquicolor lote 14014
- Heparina sódica 500 UI/mL
- Eugenol
- Nucleótidos AQUATESHRIMP - Alltech®
- Agua destilada
- Sal en grano
- Gelatina sin sabor

3.3 Métodos

Metodología para la evaluación de nucleótidos en la producción intensiva de trucha arco iris en etapa de crecimiento con aireación tipo “Airlift”.

Flujo de proceso para evaluar a los nucleótidos en la producción intensiva de trucha arco iris en etapa de crecimiento con aireación tipo Airlift.

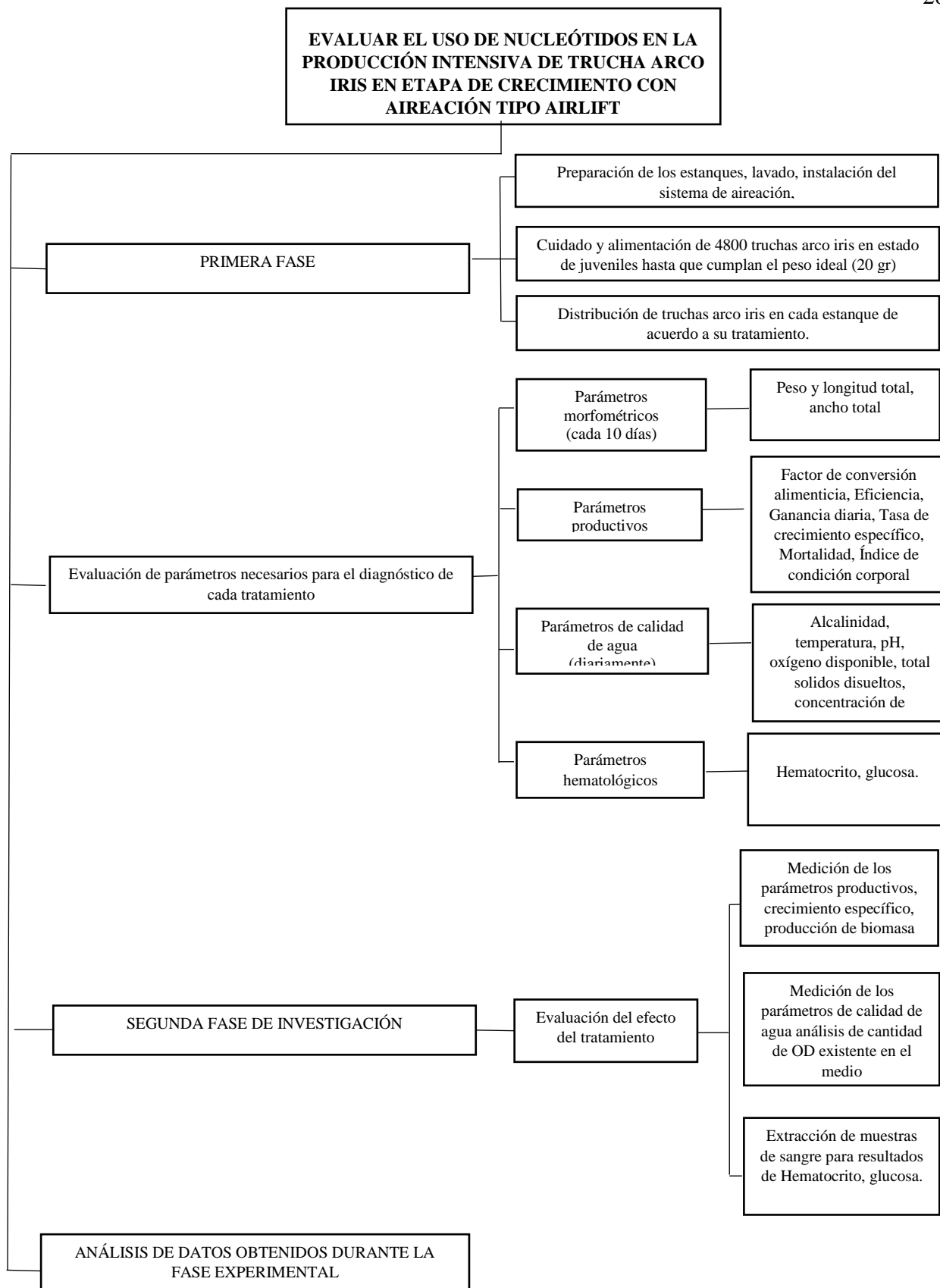


Figura 5 Flujo de procesos que se realizarán en el transcurso del proyecto

El ensayo se ejecutó en todas sus fases, en el Proyecto de Acuicultura del IASA I, ubicado en la zona de Pailones. Se utilizaron 4800 truchas arco iris en estadio juvenil con un peso entre 20 y 21 gramos, los cuales tuvieron un periodo de adaptación al medio, además de las labores de manejo del cultivo respectivo tales como alimentación, limpieza, desinfección y preparación de estanques destinados para el proyecto (J1-J6), a más de suministrar diariamente el pienso específico para etapa en la que se encontraron (tamaño de pellet 2.5, 3 y 4 mm de marca BIOMIX®). Para la implementación del proyecto de investigación se dividieron los estanques en 2 partes iguales mediante el uso de malla para obtener doce unidades experimentales.

Cada diez días se evaluaron los parámetros ambientales como la calidad de agua, con el uso de la Sonda Multiparamétrica (YSI, Profesional Plus), la cual nos indica parámetros como: contenido de amonio, fosfato, alcalinidad, temperatura, sólidos totales disueltos, pH y oxígeno disponible.

Las dietas y cantidad de alimento suministrado a los peces fueron diferente para cada tratamiento, para lo cual se consideró la inclusión de nucleótidos y el peso promedio de los peces cada 10 días de cada unidad experimental. Para la dotación de raciones alimenticias se utilizó lo recomendado por Blanco (1995) según las necesidades para trucha arco iris.

El mejor tratamiento se determinó comparando los parámetros morfométricos (longitud y peso) de cada unidad experimental, tomando en cuenta la mayor media de cada variable como la más eficaz. A partir de los parámetros morfométricos se determinaron variables productivas como tasa de crecimiento específico, índice de conversión alimenticia y eficiencia alimenticia.

La mortalidad de las truchas arco iris utilizadas durante el ensayo fue evaluada mediante la diferencia entre el número inicial de individuos y el número final de los mismos para cada estanque, siendo esta cifra expresada técnicamente en porcentajes. Con el fin de evitar una alta

tasa de mortalidad debido a una elevada carga animal, se añadió nucleótidos para peces a una concentración de 0,4% NUCLEOFORCE (2016). Al finalizar la fase de campo los parámetros productivos fueron comparados, para determinar si el tratamiento fue efectivo.

3.3.1 Instalación del ensayo

En el Proyecto Piscícola de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA 1, se seleccionaron las piscinas J1, J2, J3, J4, J5 Y J6 en el área de juveniles para la realización del experimento. Se efectuó una limpieza profunda de paredes internas y externas, además del sistema de tuberías para posteriormente proceder a la instalación de una estructura mixta conformada de madera y mallas de 3 mm tipo red, mismas que las dividieron en dos secciones de iguales dimensiones para obtener 12 unidades experimentales en iguales condiciones como se observa en la Figura 5. Se fabricó e instalo el sistema de aireación tipo AIRLIFT en todas las piscinas, que se encontraba conectada a un blower (FUJI) de 2,5 HP de potencia de la piscifactoría.



Figura 6 División de piscina con estructura mixta

Una vez instalada la estructura y el sistema de aireación en cada piscina se procedió a la desinfección final de las piscinas, utilizando para ello carbonato de calcio con una dosis de 80 g/m² y una mezcla de agua con resina para ayudar a que se adhiera el carbonato de calcio a las

paredes de las piscinas. Se dejó reposar esta mezcla sobre las superficies por dos días, al tercer día se realizaron dos lavados para eliminar el exceso de carbonato de calcio y se procedió a llenar las piscinas con el volumen de agua necesario para las distintas cargas animales

Los peces con un peso promedio inicial de 20 gramos se distribuyeron alrededor de las unidades experimentales de forma aleatoria, dicha distribución se la hizo considerando la densidad de carga (5 kg/m^3 equivalente a 62 peces/ m^3 y 16 kg/m^3 equivalente a 200 peces/ m^3) según los tratamientos establecidos y para evitar el salto de truchas se colocó una malla protectora sobre las piscinas.

3.3.2 Suministro de alimento balanceado

Tabla 3

Características del alimento balanceado suministrado en el cultivo de trucha arco iris

Etapa de crecimiento	Presentación	Peso del pez (g)	Diámetro	Tasa alimenticia (%)	Frecuencia (veces/día)	Proteína (%)
Alevinaje	Pallet 1	0,1 – 0,2	< 0,6 mm	6,0	8	50
Alevinaje	Pallet 2	0,2 – 1,5	0,6 – 1 mm	4,6	8	50
Alevinaje	Pallet 3	1,5 – 5,1	1,0 – 1,4 mm	3,5	8	50
Juvenil	Pallet 4	5,2 – 11,9	1,7 – 2,8 mm	3,0	4 – 5	50
Juvenil	Pallet 2,4 mm	12 – 38,5	3/32 pulgada	2,4	4 – 5	45
Juvenil	Pallet 3,2 mm	38,6 – 71	1/8 pulgada	2,0	4 – 5	45
Engorde	Pallet 4 mm	72 – 180	5/32 pulgada	1,8	2 – 4	42
Engorde	Pallet 2,4 mm Pigmentado	180 – 250	5/32 pulgada	1,5	2 – 4	42

g: gramos

%: porcentaje de crecimiento diario (TCE)

%: porcentaje de inclusión en la dieta balanceada (Proteína)

mm: milímetro

El suministro de alimento balanceado durante la fase experimental del proyecto, se realizó bajo los lineamientos de Tabla 4, recalculando la ración diaria después de cada pesaje, es decir cada 10 días, tomando en cuenta el peso promedio para cada unidad experimental. Se utilizó el alimento

balanceado BIOMIX® de la casa comercial Alimentos Ecuatorianos del Ecuador ECUABIOMIX S.A con un contenido de proteína cruda del 45% y 50% según el peso promedio de los peces.

La inclusión de los nucleótidos a la dieta balanceadas se la realizó siguiendo los siguientes lineamientos.

- En un vaso de precipitación se colocó 100 mL de agua destilada
- Se calentó el agua a 60 °C.
- Se disolvió gelatina sin sabor en una dosis de 1,5 g en 100 mL de agua destilada previamente calentada.
- Se dejó enfriar la solución de gelatina.
- Se pesó los Nucleótidos AQUATESHRIMP– Alltech ® en una concentración 0,4 % es decir 4 g de nucleótidos por cada kg de alimento balanceado.
- Se mezcló la solución de la gelatina con los nucleótidos AQUATESHRIMP– Alltech® y se colocó en un aspersor manual.
- Se pesó el alimento balanceado necesario para cumplir la ración diaria.
- Se roció el alimento balanceado con los nucleótidos AQUATESHRIMP– Alltech ® con ayuda del aspersor manual hasta que esté totalmente humedecido cada uno de los pallets.
- Se dejó secar, enfundó y etiquetó.

Cabe resaltar que este procedimiento de preparación de alimento se realizó diariamente y horas previas a su suministro para evitar presencias de micotoxinas, sugerencia dada por los fabricantes de los nucleótidos la casa comercial Alltech ®

3.4 Diseño experimental

3.4.1 Factores

Los factores que se probaron en el experimento fueron densidad de carga animal y la inclusión de nucleótidos en la dieta balanceada.

Densidad de carga animal:	Dieta balanceada:
C1: 5 kg/m ³	D1: Dieta con nucleótidos
C2: 16 kg/m ³	D2: Dieta sin nucleótidos

3.4.2 Tratamientos

Los tratamientos establecidos fueron:

- Tratamiento 1: Carga animal de 5 kg/m³ X Dieta balanceada adicionada con nucleótidos a una concentración de 4 g por cada kg de alimento balanceado.
- Tratamiento 2: Carga animal de 5 kg/m³ X Dieta balanceada sin la adición de nucleótidos.
- Tratamiento 3: Carga animal de 16 kg/m³ X Dieta balanceada adicionada con nucleótidos a una concentración de 4 g por cada kg de alimento balanceado.
- Tratamiento 4: Carga animal de 16 kg/m³ X Dieta balanceada sin la adición de nucleótidos.

3.4.3 Tipo de diseño

Se implementó un diseño completamente al azar (DCA) con una estructura de parcelas subdividida (2x2) con 3 repeticiones, registrando 8 mediciones repetidas en el tiempo.

3.4.4 Características de las unidades experimentales

Número de unidades experimentales: 12

Volumen de las unidades experimentales: 3,30 m³

Diámetro: 2,9 m

Profundidad: 1,0 m

Forma de la UE: Cilindro partido por la mitad

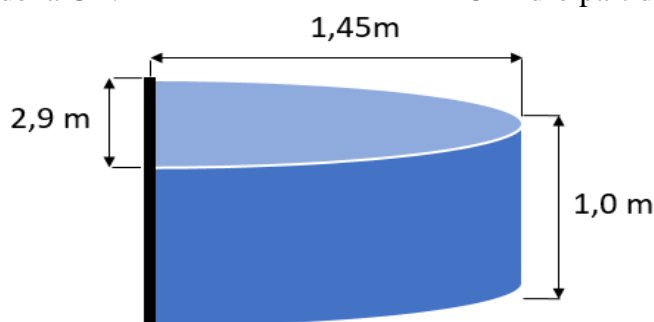


Figura 7 Representación gráfica de las medidas de cada piscina

3.4.5 Croquis del diseño

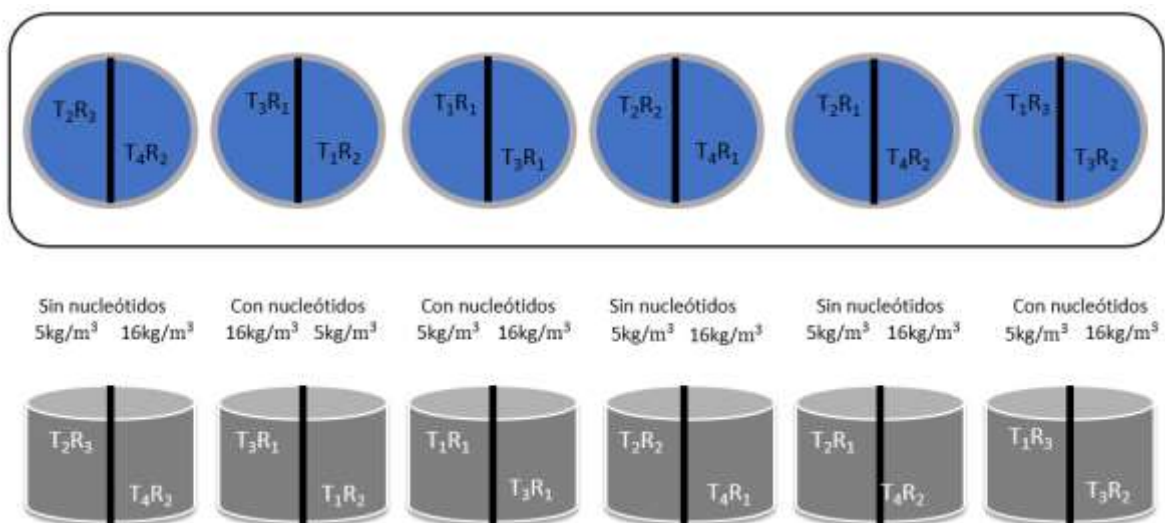


Figura 8 Croquis diseño experimental

3.5 Variables a medir

3.5.1 Variables ambientales

La temperatura (°C), pH, oxígeno disponible (%), concentración de oxígeno (mg/L), conductividad eléctrica (uS/mL), TDS (mg/L) y salinidad (g/L) en el agua se determinaron cada 10 días mediante la sonda multiparamétrica profesional plus YSI.

3.5.2 Variables morfométricas

3.5.2.1 Peso

Esta variable se midió mediante una balanza electrónica cada diez días, tomando el peso en gramos de una muestra para cada densidad de carga animal y dieta balanceada para posteriormente obtener un promedio.

3.5.2.1 Longitud total

Esta medida se obtuvo mediante un ictiómetro Krauss & henke ± 1 mm de una muestra para cada densidad de carga animal y dieta balanceada para posteriormente obtener un promedio.

3.5.2.2 Ancho total

Esta medida se obtuvo mediante un ictiómetro Krauss & henke ± 1 mm de una muestra para cada densidad de carga animal y dieta balanceada para posteriormente obtener un promedio.

3.5.3 Variables productivas

3.5.3.1 Ganancia de peso

Se estableció cada 10 días mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Ganancia de Peso} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{tiempo}}$$

3.5.2.1 Mortalidad

Para el cálculo de la mortalidad diariamente se llevó un registro de los individuos muertos, de este modo al finalizar se determinó la mortalidad con la siguiente fórmula:

$$M = \frac{\text{No. final individuos}}{\text{No. inicial individuos}}$$

3.5.2.2 Tasa de crecimiento específico

Este parámetro nos permitió conocer el porcentaje de crecimiento diario de los individuos a partir de los registros del peso cada 10 días y mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$TCE = \frac{(\ln Pf - \ln Pi)}{tf - ti}$$

Donde: ln: logaritmo natural

Pf: peso final

Pi: peso inicial

tf: tiempo final

ti: tiempo inicia

3.5.2.3 Factor de conversión alimenticia

Esta variable es definida como la cantidad de alimento aprovechado por el individuo. Para lo cual se aplicó la siguiente fórmula:

$$FCA = \frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Incremento de peso}}$$

3.5.2.4 Índice de condición corporal

Esta variable define la condición del animal que ha desarrollado durante el tiempo de la investigación. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$ICC = \left(\frac{W}{L^3}\right) X 100$$

Donde: ICC: Condición del individuo

W: peso corporal húmedo en gramos

L: longitud del pez en centímetros

3.5.2.5 Eficiencia Alimenticia

Esta variable indica la capacidad del individuo en convertir sus nutrientes, para lo cual se utilizó la siguiente formula:

$$EF = \frac{GP}{AB} X 100$$

Donde: AB: Cantidad de alimento suministrado

GP: Ganancia de peso

3.5.3 Variables hematológicas

3.5.3.1 Toma de muestra de sangre

Para que la extracción de sangre se la pueda realizar con mayor facilidad y sin poner en riesgo la vida de la trucha arco iris fueron sedados con Eugenol en dosis de 3 mL/10 L, colocado en una tina con agua para posteriormente sean recuperados colocándolos en agua fresca con aireación.

Con ayuda de una jeringuilla de 3 mL y un tamaño de aguja 23Gx1¹/₄ para evitar la menor invasión posible, se extrajo un volumen total de 1 mL de sangre de trucha arco iris realizando una punción en la arteria caudal del espécimen. Previamente en el interior de la jeringuilla se colocó heparina sódica 500 UI/mL por las paredes para evitar la coagulación de la sangre.

Se tomó la jeringuilla y en un ángulo de 45 grados teniendo como referencia la línea lateral de la trucha en la región superior de la aleta anal, se inserta la punta de la aguja con el bisel hacia abajo hasta llegar a la columna vertebral, se busca la unión entre los discos vertebrales por donde pasa la arteria dorsal y se procede a la extracción de la muestra de sangre.

Se tomaron seis muestras por cada tratamiento en estudio, cada muestra de sangre fue colocada en microtubos eppendorf de 2 mL, se rotularon, se agruparon según el tratamiento respectivo y se colocó en un cooler con geles de refrigeración para su transporte al laboratorio de Recursos Bioacuáticos y Acuicultura del IASA I.

3.5.3.2 Hematocrito

El análisis de hematocrito se realizó llenando dos (2) capilares de la muestra de sangre previamente obtenida, posteriormente sellándolos con plastilina Brá-seal y se los colocó en tubos de ensayo provistos de algodón en el fondo debidamente rotulados y colocados en una centrifuga marca® Dynac a 5000 rpm durante 20 minutos, las lecturas se midieron en una tabla de micro-hematocritolote 01141.

3.5.3.3 Glucosa

La cuantificación del nivel de glucosa en la sangre se realizó mediante el kit de Human Glucose liquicolor lote 14014 (Método GOD-PAP), siguiendo el protocolo recomendado por el fabricante, éste indica que se debe pipetear en un tubo eppendorf 10 µL de estándar o muestra y 1000 µL de reactivo, incubar por 10 minutos a temperatura entre 20 a 25 °C y medir la absorbancia en un espectrofotómetro (ThermoSpectronic, Genesys 20) a 546 nm previamente encerado con el blanco y calibrado con la muestra estándar.

De los datos obtenidos por el espectrofotómetro, se aplicó la siguiente fórmula sugerido por el fabricante del kit para reportar los datos de glucosa en unidades del sistema internacionales SI mg/dL.

$$\text{Glucosa (mg/dL)} = \frac{\Delta Amuestra}{\Delta ASTD} \times 100$$

Donde: $\Delta Amuestra$: lectura arrojada por el espectrofotómetro de cada muestra

$\Delta ASTD$: lectura arrojada por el espectrofotómetro del estándar calibrado

3.6 Análisis estadístico

Los datos obtenidos en la fase de campo se analizaron mediante el software estadístico InfoStat Di Rienzo et al., (2011), Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) como se indica en la tabla 5.

Tabla 5

Análisis de varianza para un diseño completamente al azar (DCA) con una estructura de parcelas subdividida (2x2) con 3 repeticiones con 8 tomas de datos.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Dieta	1
Error para Dieta	4
Carga animal	1
Dieta x Carga	1
Error para Carga	4
Tiempo	7
Dieta x Tiempo	7
Carga x Tiempo	7
Dieta x Carga x Tiempo	7
Error experimental	56
Total	95

El modelo matemático para este arreglo se define a continuación:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + e_{l(i)} + C_j + DC_{ij} + g_{lk(i)} + T_k + DT_{ik} + CT_{jk} + DCT_{ijk} + \xi_{ijkl}$$

Donde: Y_{ijkl} : Rendimiento productivo (peso)

μ : Media general

D_i : Efecto del i-ésima dieta balanceada

$e_{l(i)}$: Error para el factor dieta balanceada

C_j : Efecto del j-ésimo carga animal

DC_{ij} : Efecto de la interacción Carga animal x Dieta balanceada

$g_{lk(i)}$: Error para el factor carga animal

T_k : Efecto del k-ésimo tiempo

DT_{ik} : Efecto de la interacción Dieta balanceada x Tiempo

CT_{jk} : Efecto de la interacción Carga animal x Tiempo

DCT_{ijk} : Efecto de la interacción Dieta balanceada x Carga animal x Tiempo

ξ_{ijkl} : Error experimental

3.7 Análisis funcional

En el análisis funcional los datos se caracterizaron mediante estadística descriptiva (media, desviación estándar, error estándar). Para las variables peso, largo, ancho, índice de condición corporal, ganancia de peso, eficiencia alimenticia, factor de conversión alimenticia y mortalidad se realizaron diagramas de perfiles multivariados tomando al tiempo como variable independiente. Asu vez se obtuvieron gráficos de las variables hematológicas tomando como variable independiente a los tratamientos y como dependiente a los datos de glucosa y hematocrito.

Para las variables morfométricas y productivas se analizaron mediante análisis de varianza para modelos mixtos, los datos de las variables hematológicas y mortalidad se analizaron mediante un análisis de varianza ANOVA. Mientras los datos obtenidos de las variables ambientales se las analizaron mediante un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis; debido a que las variables morfométricas y productivas fueron medidas cada 10 días se realizó un análisis de medidas repetidas en el tiempo. Las observaciones correlacionadas con el tiempo se modelaron sin estructura. Y la homogeneidad de las varianzas se modelo asignado varianzas independientes para el factor tiempo. La normalidad se evaluó mediante la prueba de Shapiro Willks. La selección del modelo que mejor se ajustó a cada una de las variables se basó mediante los criterios de AIC y BIC. Finalmente se realizó una comparación de medias de LSD Fisher al 5% para Carga, Dieta, Tiempo e interacciones.

Se realizaron análisis de correlación de Pearson entre las variables morfométricas y hematológicas, así también entre las variables productivas y hematológicas utilizando un alfa de 0,05.

3.8 Análisis de indicadores financieros

Para el desarrollo de este estudio se ocupó la metodología de la formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos de García (1995), tomando en cuenta los costos operativos e ingresos de la investigación para establecer los indicadores financieros como la Tasa interna de retorno (TIR), Valor actual neto (VAN), Retorno financiero (ROE), Tasa de rentabilidad inmediata (TRI) y Beneficio/costo (B/C).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Variables ambientales

El análisis de Kruskal Wallis no presentó diferencias significativas entre los tratamientos para las variables temperatura (H= 0.45; p= 0.9278), pH (H= 0.33; p= 0.9548), oxígeno disponible (H= 2.41; p= 0.4910), concentración de oxígeno (H= 0.16; p= 0.9843), conductividad eléctrica (H= 0.23; p= 0.9719), sólidos totales disueltos (H= 0.75; p= 0.8616) y salinidad (H= 0.15; p= 0.9152) como se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6

Análisis no paramétrico Kruskal Wallis para las variables temperatura, pH, oxígeno disponible, concentración de oxígeno, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos y salinidad del agua utilizada durante el experimento

Variable	Carga	Dieta	Medias	D.E.	H	p
Temp	C1	D1	11.72	0.48	0.45	ns
Temp	C1	D2	11.63	0.35		
Temp	C2	D1	11.72	0.48	0.33	ns
Temp	C2	D2	11.63	0.35		
pH	C1	D1	7.74	0.15	0.33	ns
pH	C1	D2	7.75	0.16		
pH	C2	D1	7.74	0.15	2.41	ns
pH	C2	D2	7.75	0.16		
O ₂ Disp	C1	D1	128.84	14.93	2.41	ns
O ₂ Disp	C1	D2	123.14	12.62		
O ₂ Disp	C2	D1	128.84	14.93	0.16	ns
O ₂ Disp	C2	D2	123.14	12.62		
Conc O ₂	C1	D1	9.71	0.84	0.16	ns
Conc O ₂	C1	D2	9.39	0.94		
Conc O ₂	C2	D1	9.71	0.84	0.16	ns
Conc O ₂	C2	D2	9.39	0.94		

CONTINÚA 

C.E.	C1	D1	157.94	4.85	0.23	ns
C.E.	C1	D2	161.26	12.21		
C.E.	C2	D1	157.94	4.85		
C.E.	C2	D2	161.26	12.21		
TDS	C1	D1	140.26	8.44	0.75	ns
TDS	C1	D2	144.14	14.56		
TDS	C2	D1	140.26	8.44		
TDS	C2	D2	144.14	14.56		
SAL	C1	D1	0.10	0.0045	0.15	ns
SAL	C1	D2	0.10	0.01		
SAL	C2	D1	0.10	0.0045		
SAL	C2	D2	0.10	0.01		

Temp= Temperatura, O₂Disp= Oxígeno Disponible (%), Conc O₂= Concentración de oxígeno (mg/L), C.E.= Conductividad eléctrica, TDS= Sólidos totales disueltos, pH= Potencial hidrogeno, SAL: Salinidad, C1= Carga 1 (5 Kg/m³), C2= Carga 2 (16 Kg/m³), D1= Dieta 1 (Inclusión de nucleótidos), D2= Dieta 2 (Exclusión de nucleótidos), D.E.= Desviación estándar, H= Estadístico de prueba para la prueba de Kruskal-Wallis, p= probabilidad asociada al modelo, *p < 005, **p < 001, ns= no significativo

4.1.2 Variables morfométricas

4.1.2.1 Peso

Para la variable peso corporal, se encontró un efecto significativo para la interacción tratamiento x tiempo, sobre el peso corporal en gramos de trucha arco iris ($F_{7, 56} = 2,23$; $p = 0,0427$).

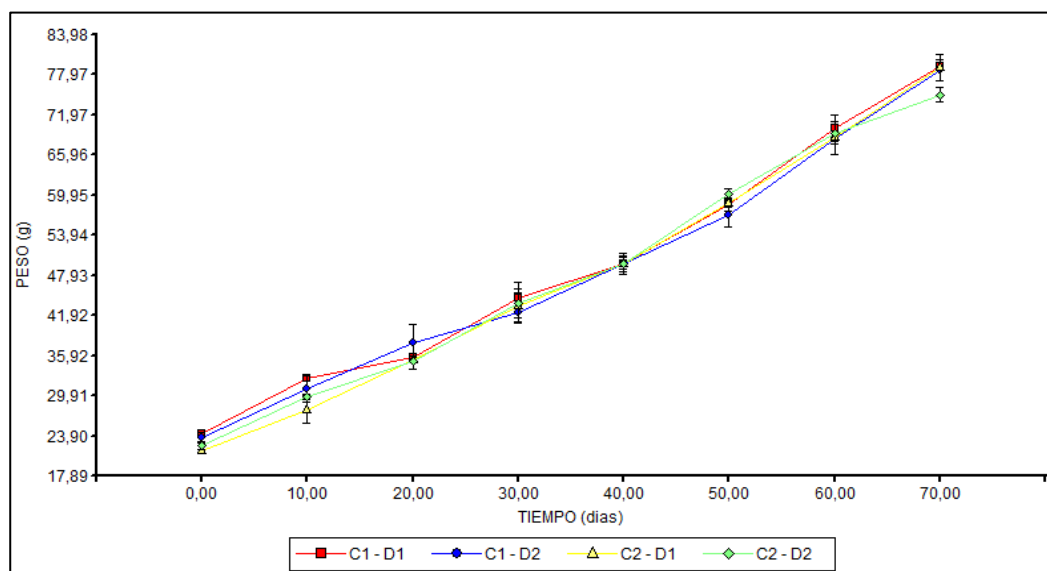
Existen diferencias significativas (Tabla 7, Figura 9) determinadas con la prueba LSD de Fisher entre los tratamientos siendo la inclusión de nucleótidos a una carga de 5 kg/m³ el mayor valor alcanzando con $79,33 \pm 0,33$ g en el día 70.

Tabla 7

*Promedio \pm error estándar del peso corporal (g) de *Oncorhynchus mykiss*, expuesta a dos niveles de carga animal y dos tipos de dieta balanceada.*

Tiempo (Días)	Tratamientos			
	Inclusión de nucleótidos		No inclusión de nucleótidos	
	5 kg/m ³	16 kg/m ³	5 kg/m ³	16 kg/m ³
0	24,28 \pm 0,25 m	21,61 \pm 0,14 n	23,68 \pm 0,45 mn	22,42 \pm 0,39 mn
10	32,53 \pm 0,16 j	27,80 \pm 1,22 l	30,98 \pm 1,13 jk	29,71 \pm 0,23 kl
20	35,74 \pm 0,19 hi	35,32 \pm 0,31 i	37,74 \pm 1,61 h	35,07 \pm 0,68 i
30	44,56 \pm 0,45 g	43,44 \pm 1,38 g	42,42 \pm 0,51 g	43,78 \pm 1,78 g
40	49,68 \pm 0,93 f	49,74 \pm 0,52 f	49,69 \pm 0,92 f	49,61 \pm 0,70 f
50	58,51 \pm 0,53 de	58,65 \pm 0,14 de	56,90 \pm 0,95 e	60,09 \pm 0,72 d
60	69,96 \pm 1,17 c	68,63 \pm 0,55 c	68,45 \pm 1,45 c	69,23 \pm 0,72 c
70	79,33 \pm 0,33 a	79,00 \pm 1,15 a	78,67 \pm 0,88 a	75,00 \pm 0,58 b

Medias en columna con letra común no son significativamente diferentes (LSD; $p < 0,05$).



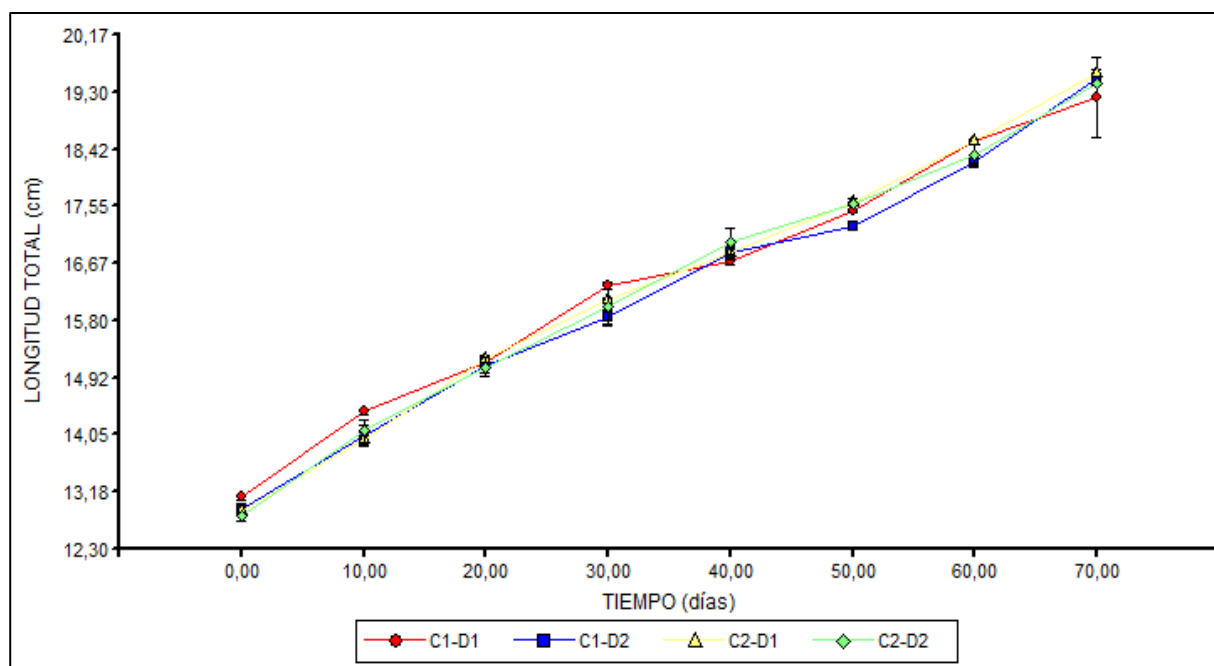
C1-D1= Carga 5 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C1-D2= carga 5 Kg/m³ y dieta sin nucleótidos, C2-D1= carga 16 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C2-D2= carga 16 kg/m³ y dieta sin nucleótidos

Figura 9 Promedio \pm error estándar del peso corporal (g) a través del tiempo

4.1.2.2 Largo total y ancho total

Tanto como la longitud y el ancho total cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad se encontró un efecto significativo para la interacción carga x tiempo ($F_{7, 56} = 10,73$; $p < 0,0001$) y dieta x tiempo ($F_{7, 56} = 3,17$; $p = 0,0061$) sobre la longitud total de trucha arco iris, así como para la interacción carga x tiempo ($F_{7, 56} = 4,73$; $p = 0,0003$) y dieta x tiempo ($F_{7, 56} = 4,07$; $p = 0,0010$) para el ancho de *Oncorhynchus mykiss*.

Existen diferencias significativas (Tabla 8, Figura 10 y Figura 11) determinadas con la prueba LSD de Fisher entre las densidades de carga animal, obtenido $4,16 \pm 0,02$ cm de ancho y $19,85 \pm 0,09$ cm de largo total al estar expuesto a una densidad de 5 kg/m^3 a los 70 días de experimento.



C1-D1= Carga 5 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C1-D2= carga 5 Kg/m³ y dieta sin nucleótidos, C2-D1= carga 16 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C2-D2= carga 16 kg/m³ y dieta sin nucleótidos

Figura 10 Promedio \pm error estándar del largo total (cm) a través del tiempo

Tabla 8

*Promedio \pm error estándar de la longitud y ancho total medidos (gramos) de *Oncorhynchus mykiss*, expuesta a dos niveles de carga animal*

Tiempo (días)	Densidad de carga animal	LT (cm)	AT (cm)
0	5 kg/m ³	13,00 \pm 0,06 i	2,66 \pm 0,01 j
	16 kg/m ³	12,84 \pm 0,04 h	2,60 \pm 0,01 k
10	5 kg/m ³	14,22 \pm 0,11 g	3,01 \pm 0,03 h
	16 kg/m ³	14,04 \pm 0,06 g	2,91 \pm 0,02 i
20	5 kg/m ³	15,13 \pm 0,05 f	3,14 \pm 0,02 g
	16 kg/m ³	15,15 \pm 0,05 f	3,06 \pm 0,02 h
30	5 kg/m ³	16,09 \pm 0,12 e	3,34 \pm 0,03 f
	16 kg/m ³	16,06 \pm 0,08 e	3,31 \pm 0,04 f
40	5 kg/m ³	16,77 \pm 0,06 d	3,48 \pm 0,02 e
	16 kg/m ³	16,92 \pm 0,08 d	3,46 \pm 0,01 e
50	5 kg/m ³	17,36 \pm 0,06 c	3,67 \pm 0,03 d
	16 kg/m ³	17,60 \pm 0,02 b	3,66 \pm 0,01 d
60	5 kg/m ³	19,70 \pm 0,97 a	3,74 \pm 0,01 c
	16 kg/m ³	19,32 \pm 0,57 a	3,69 \pm 0,03 cd
70	5 kg/m ³	19,85 \pm 0,09 a	4,14 \pm 0,03 a
	16 kg/m ³	19,50 \pm 0,05 a	4,11 \pm 0,02a

Medias en columna con letra común no son significativamente diferentes (LSD; $p < 0,05$). LT= Longitud total, AT= Ancho total, cm= centímetros, Kg/m³= Kilogramo por cada metro cubico.

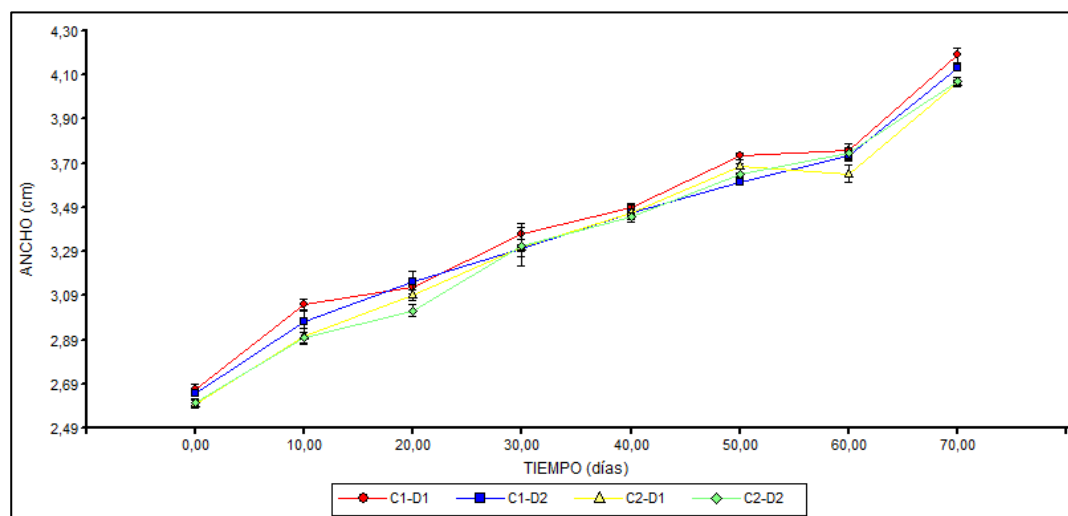
Existieron diferencias significativas (Tabla 11, Figura 10 y Figura 11) determinadas con la prueba LSD de Fisher entre las dietas balanceadas, obtenido $4.13 \pm 0,03$ cm de ancho y $20,62 \pm 0,93$ a cm de largo total al ingerir una dieta balanceada con adición de nucleótidos a los 70 días de experimento.

Tabla 9

*Promedio ± error estándar de la longitud y ancho total medidos (gramos) de *Oncorhynchus mykiss*, expuesta a dos tipos de dieta balanceada.*

Tiempo (días)	Dieta balanceada	LT (cm)	AT (cm)
0	Dieta con nucleótidos	12,99 ± 0,06 j	2,63 ± 0,02 h
	Dieta sin nucleótidos	12,85 ± 0,05 k	2,63 ± 0,01 h
10	Dieta con nucleótidos	14,19 ± 0,10 i	2,98 ± 0,04 g
	Dieta sin nucleótidos	14,07 ± 0,08 i	2,94 ± 0,03 g
20	Dieta con nucleótidos	15,18 ± 0,03 h	3,11 ± 0,01 f
	Dieta sin nucleótidos	15,09 ± 0,07 h	3,09 ± 0,04 f
30	Dieta con nucleótidos	16,23 ± 0,05 f	3,34 ± 0,03 e
	Dieta sin nucleótidos	15,93 ± 0,09 g	3,31 ± 0,04 e
40	Dieta con nucleótidos	16,77 ± 0,06 e	3,48 ± 0,01 d
	Dieta sin nucleótidos	16,92 ± 0,08 e	3,46 ± 0,02 d
50	Dieta con nucleótidos	17,55 ± 0,04 c	3,70 ± 0,01 b
	Dieta sin nucleótidos	17,40 ± 0,08 cd	3,63 ± 0,01 c
60	Dieta con nucleótidos	19,47 ± 0,04 ab	3,73 ± 0,02 b
	Dieta sin nucleótidos	18,55 ± 0,02 bc	3,70 ± 0,03 b
70	Dieta con nucleótidos	20,62 ± 0,93 a	4,13 ± 0,03 a
	Dieta sin nucleótidos	19,74 ± 0,08 ab	4,10 ± 0,01 a

Medias en columna con letra común no son significativamente diferentes (LSD; $p < 0,05$). LT= Longitud total, AT= Ancho total. cm= Medidos en centímetros



C1-D1= Carga 5 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C1-D2= carga 5 Kg/m³ y dieta sin nucleótidos, C2-D1= carga 16 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C2-D2= carga 16 kg/m³ y dieta sin nucleótidos

Figura 11 Promedio ± error estándar del ancho total (cm) a través del tiempo.

4.1.3 Variables productivas

4.1.3.1 Índice de condición corporal

Para el índice de condición corporal se encontró un efecto significativo para la interacción carga x tiempo ($F_{7, 56} = 3,75$; $p = 0,0018$) y dieta x tiempo ($F_{7, 56} = 2,85$; $p = 0,0119$) sobre el índice de condición corporal de *Oncorhynchus mykiss*.

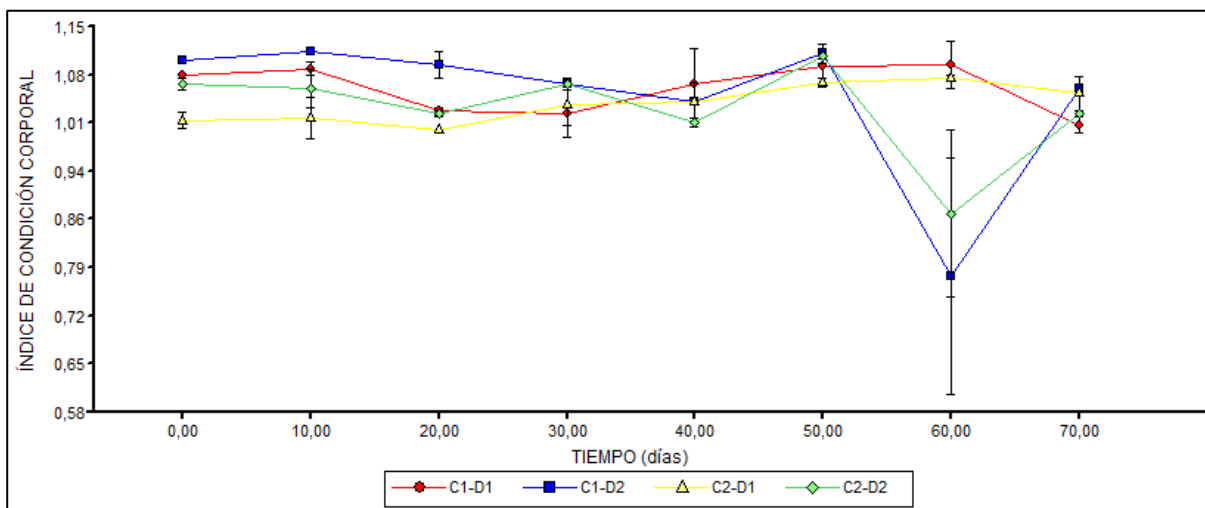
Existen diferencias significativas (Tabla 10 y Figura 12) determinadas con la prueba LSD de Fisher entre las densidades de carga y dietas balanceadas obtenido el índice óptimo al estar expuesto a una densidad de carga de 5 kg/m³ a los 10 y 50 días de la investigación, un efecto similar se dio al analizar las dietas balanceadas alcanzando el mejor índice de condición corporal a los 50 días al suministrar una dieta sin nucleótidos.

Tabla 10

Promedio ± error estándar del índice de condición corporal de Oncorhynchus mykiss, expuesta a dos niveles de carga animal y dos tipos de dieta balanceada.

Tiempo (Días)	Densidad de carga animal		Dieta balanceada	
	5 kg/m ³	16 kg/m ³	Dieta con nucleótidos	Dieta sin nucleótidos
0	1,09 ± 0,01 ab	1,04 ± 0,01 ab	1,05 ± 0,02 cde	1,09 ± 0,01 bc
10	1,10 ± 0,01 a	1,04 ± 0,02 ab	1,05 ± 0,02 bcde	1,09 ± 0,02 ab
20	1,06 ± 0,02 ab	1,01 ± 0,01 ab	1,01 ± 0,01 cf	1,06 ± 0,02 bcd
30	1,05 ± 0,01 ab	1,05 ± 0,02 ab	1,03 ± 0,02 cdef	1,07 ± 0,01 bcd
40	1,05 ± 0,02 ab	1,03 ± 0,01 ab	1,05 ± 0,02 bcde	1,03 ± 0,01 cef
50	1,10 ± 0,01 a	1,09 ± 0,01 ab	1,08 ± 0,01 bc	1,11 ± 0,01 a
60	0,94 ± 0,11 b	0,98 ± 0,07 ab	1,09 ± 0,01 abc	0,83 ± 0,10 g
70	1,03 ± 0,01 ab	1,04 ± 0,01 ab	1,03 ± 0,02 cdef	1,04 ± 0,01 cde

Medias en columna con letra común no son significativamente diferentes (LSD; $p < 0,05$). Kg/m³ = kilogramos por cada metro cubico.



C1-D1= Carga 5 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C1-D2= carga 5 Kg/m³ y dieta sin nucleótidos, C2-D1= carga 16 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C2-D2= carga 16 kg/m³ y dieta sin nucleótidos

Figura 12 Promedio \pm error estándar del índice de condición corporal a través del tiempo.

4.1.3.2 Ganancia de peso diario y tasa de crecimiento específico

Se encontró un efecto significativo para la interacción tratamiento x tiempo para la ganancia de peso diario ($F_{6, 49} = 6,04$; $p = 0,0001$) y para la tasa de crecimiento específico ($F_{6, 49} = 5,49$; $p = 0,0002$) de *Oncorhynchus mykiss*.

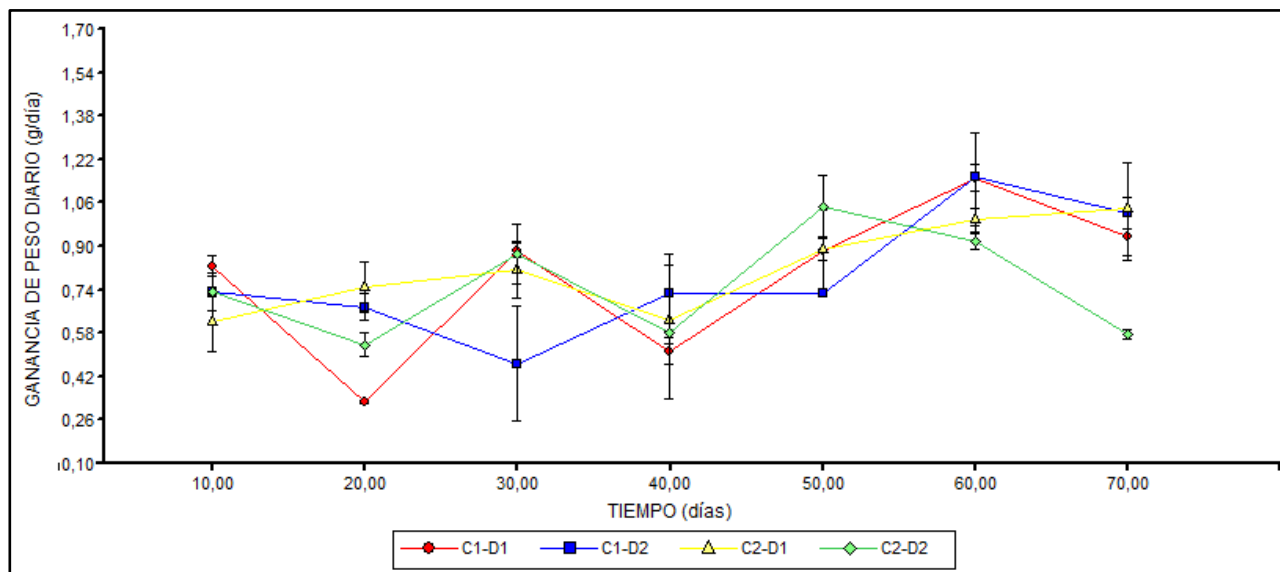
Existieron diferencias significativas para la ganancia de peso diario y la tasa de crecimiento específico, los animales sometidos a una densidad de carga de 5 kg/m³ presentaron una mayor ganancia de peso que el resto de peces a partir de los 60 días de la fase experimental. Al décimo día del experimento se obtuvo la mayor tasa de crecimiento específico para todos los animales (Tabla 11 y Figura 13).

Tabla 11

*Promedio \pm error estándar de la ganancia de peso diario y el índice de condición corporal de *Oncorhynchus mykiss*, expuesta a dos niveles de carga animal y dos tipos de dieta balanceada.*

Tiempo (días)	Tratamientos	GP (g / día)	TCE (% /día)
10	5 kg/m ³ – D. con nucleótidos	0,83 \pm 0,04 a	2,93 \pm 0,14 a
	16 kg/m ³ – D. con nucleótidos	0,62 \pm 0,11 b	2,50 \pm 0,39 a
	5 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	0,73 \pm 0,07 b	2,68 \pm 0,18 a
	16 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	0,73 \pm 0,02 b	2,82 \pm 0,10 a
20	5 kg/m ³ – D. con nucleótidos	0,32 \pm 0,003 c	0,94 \pm 0,01 c
	16 kg/m ³ – D. con nucleótidos	0,75 \pm 0,09 b	2,41 \pm 0,35 a
	5 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	0,68 \pm 0,05 b	1,97 \pm 0,07 b
	16 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	0,54 \pm 0,04 b	1,65 \pm 0,12 b
30	5 kg/m ³ – D. con nucleótidos	0,88 \pm 0,03 a	2,21 \pm 0,06 b
	16 kg/m ³ – D. con nucleótidos	0,81 \pm 0,11 a	2,06 \pm 0,23 b
	5 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	0,47 \pm 0,21 b	1,18 \pm 0,55 b
	16 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	0,87 \pm 0,11 a	2,21 \pm 0,22 b
40	5 kg/m ³ – D. con nucleótidos	0,51 \pm 0,05 b	1,09 \pm 0,09 b
	16 kg/m ³ – D. con nucleótidos	0,63 \pm 0,09 b	1,36 \pm 0,21 b
	5 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	0,73 \pm 0,14 b	1,58 \pm 0,30 b
	16 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	0,58 \pm 0,25 b	1,27 \pm 0,55 b
50	5 kg/m ³ – D. con nucleótidos	0,88 \pm 0,15 a	1,64 \pm 0,27 b
	16 kg/m ³ – D. con nucleótidos	0,89 \pm 0,04 a	1,65 \pm 0,08 b
	5 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	0,72 \pm 0,003 b	1,35 \pm 0,02 b
	16 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	1,05 \pm 0,11 a	1,92 \pm 0,21 b
60	5 kg/m ³ – D. con nucleótidos	1,15 \pm 0,17 a	1,79 \pm 0,26 b
	16 kg/m ³ – D. con nucleótidos	1,00 \pm 0,04 a	1,57 \pm 0,06 b
	5 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	1,15 \pm 0,05 a	1,85 \pm 0,05 b
	16 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	0,92 \pm 0,03 a	1,41 \pm 0,04 b
70	5 kg/m ³ – D. con nucleótidos	0,94 \pm 0,09 a	1,26 \pm 0,13 b
	16 kg/m ³ – D. con nucleótidos	1,04 \pm 0,17 a	1,41 \pm 0,23 b
	5 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	1,02 \pm 0,06 a	1,39 \pm 0,10 b
	16 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	0,58 \pm 0,02 b	0,80 \pm 0,03 c

Medias en columna con letra común no son significativamente diferentes (LSD; $p < 0,05$). GP= Ganancia de peso diario, TCE= Tasa de conversión específica, g= gramos, %= porcentaje de crecimiento diario, kg/m³= kilogramos por metro cubico.



C1-D1= Carga 5 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C1-D2= carga 5 Kg/m³ y dieta sin nucleótidos, C2-D1= carga 16 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C2-D2= carga 16 kg/m³ y dieta sin nucleótidos

Figura 13 Promedio \pm error estándar de ganancia de peso diario (g/día) a través del tiempo.

4.1.3.3 Eficiencia alimenticia y factor de conversión alimenticia

Para la eficiencia alimenticia y el factor de conversión alimenticia se encontró un efecto significativo para la interacción tratamiento x tiempo para la eficiencia alimenticia y factor de conversión alimenticia ($F_{6, 49} = 6,11$; $p = 0,0001$) y ($F_{6, 49} = 12,46$; $p < 0,0001$) respectivamente.

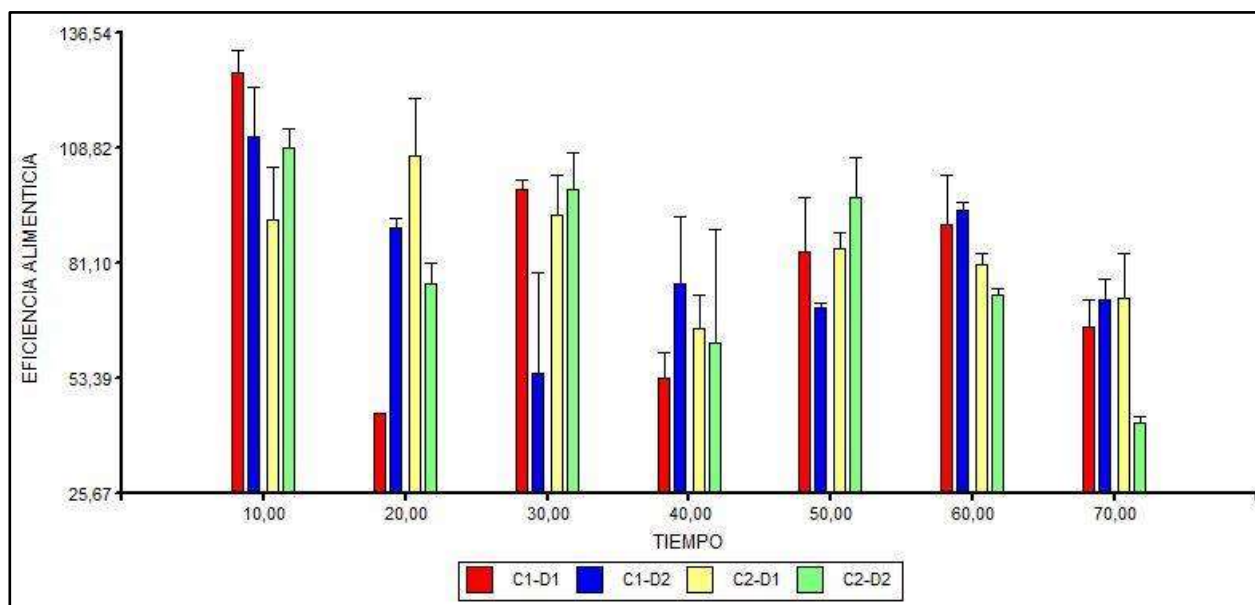
La mejor eficiencia alimenticia a lo largo del experimento se observó al día 10 para todos los animales. El mayor factor de conversión alimenticia se reporta al día 30 y 40 del experimento en animales que no tenían inclusión de nucleótidos en su dieta balanceada y sometidos a cualquiera de las dos cargas animales en estudio (Tabla 12, Figura 14 y Figura 15).

Tabla 12

*Promedio ± error estándar del factor de conversión alimenticia y eficiencia alimenticia de *Oncorhynchus mykiss*, expuesta a dos niveles de carga animal y dos tipos de dieta balanceada.*

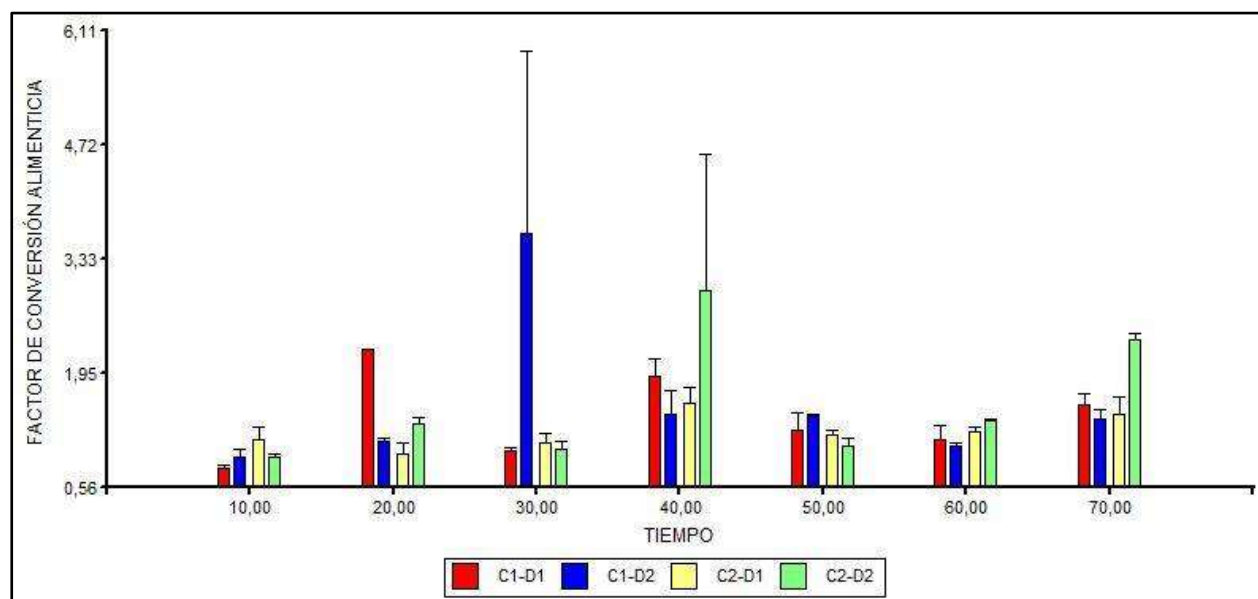
Tiempo (días)	Tratamientos	EA	FCA (%)
10	5 kg/m ³ – D. con nucleótidos	126,85 ± 5,31 a	0,79 ± 0,03 b
	16 kg/m ³ – D. con nucleótidos	106,74 ± 13,87 a	1,14 ± 0,16 b
	5 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	111,42 ± 12,17 a	0,92 ± 0,11 b
	16 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	108,78 ± 4,54 a	0,92 ± 0,04 b
20	5 kg/m ³ – D. con nucleótidos	44,86 ± 0,20 c	2,23 ± 0,01 a
	16 kg/m ³ – D. con nucleótidos	91,58 ± 12,61 b	0,97 ± 0,13 b
	5 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	89,38 ± 2,62 b	1,12 ± 0,03 b
	16 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	76,19 ± 5,03 b	1,33 ± 0,09 b
30	5 kg/m ³ – D. con nucleótidos	98,90 ± 2,18 b	1,01 ± 0,02 b
	16 kg/m ³ – D. con nucleótidos	92,83 ± 9,46 b	1,10 ± 0,11 b
	5 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	54,56 ± 24,23 b	3,64 ± 2,22 a
	16 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	98,83 ± 8,70 b	1,03 ± 0,09 b
40	5 kg/m ³ – D. con nucleótidos	53,54 ± 5,87 b	1,91 ± 0,20 b
	16 kg/m ³ – D. con nucleótidos	65,28 ± 7,95 b	1,58 ± 0,19 b
	5 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	76,23 ± 16,05 b	1,44 ± 0,30 b
	16 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	61,72 ± 27,42 b	2,95 ± 1,66 a
50	5 kg/m ³ – D. con nucleótidos	83,67 ± 13,05 b	1,26 ± 0,20 b
	16 kg/m ³ – D. con nucleótidos	84,45 ± 3,90 b	1,19 ± 0,05 b
	5 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	70,45 ± 0,94 b	1,42 ± 0,02 b
	16 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	96,79 ± 9,60 b	1,05 ± 0,11 b
60	5 kg/m ³ – D. con nucleótidos	90,52 ± 11,93 b	1,15 ± 0,16 b
	16 kg/m ³ – D. con nucleótidos	80,72 ± 2,80 b	1,24 ± 0,04 b
	5 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	93,65 ± 2,12 b	1,07 ± 0,02 b
	16 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	73,29 ± 1,66 b	1,37 ± 0,03 b
70	5 kg/m ³ – D. con nucleótidos	65,66 ± 6,57 b	1,55 ± 0,15 b
	16 kg/m ³ – D. con nucleótidos	72,63 ± 10,88 b	1,44 ± 0,22 b
	5 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	72,24 ± 4,96 b	1,40 ± 0,10 b
	16 kg/m ³ – D. sin nucleótidos	42,79 ± 1,45 c	2,34 ± 0,08 a

Medias en columna con letra común no son significativamente diferentes (LSD; p<0,05). D.= Dieta, EA= Eficiencia alimenticia, FCA= Factor de conversión alimenticia, %= eficiencia expresado en porcentaje.



C1-D1= Carga 5 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C1-D2= carga 5 Kg/m³ y dieta sin nucleótidos, C2-D1= carga 16 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C2-D2= carga 16 kg/m³ y dieta sin nucleótidos

Figura 14 Promedio \pm error estándar de la eficiencia alimenticia a través del tiempo.



C1-D1= Carga 5 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C1-D2= carga 5 Kg/m³ y dieta sin nucleótidos, C2-D1= carga 16 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C2-D2= carga 16 kg/m³ y dieta sin nucleótidos

Figura 15 Promedio \pm error estándar del factor de conversión alimenticia a través del tiempo

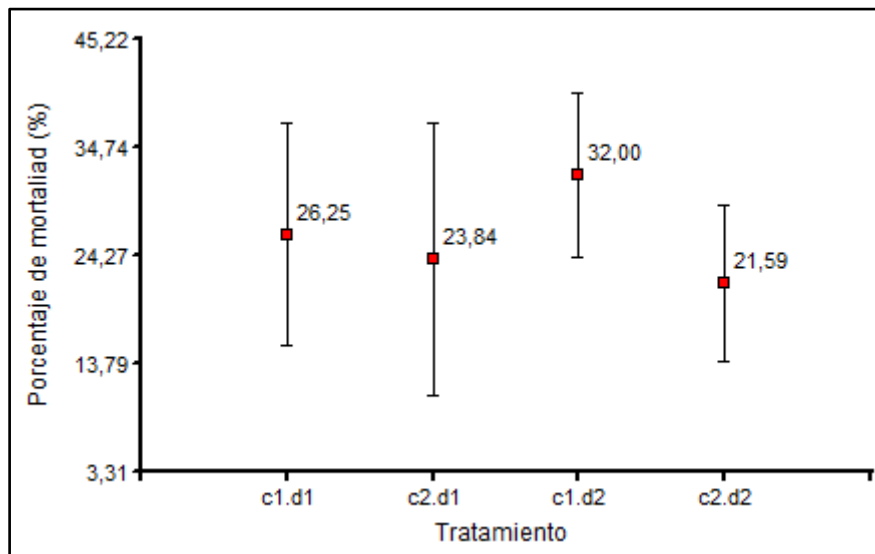
4.1.3.4 Mortalidad

El análisis de varianza ANAVA para la variable mortalidad de trucha arco iris, no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p>0,05$)

Tabla 13

*Porcentaje de mortalidad de trucha de *Oncorhynchus mykiss* expuesta a dos niveles de carga animal y dos tipos de dieta balanceada, a los 70 días del ensayo.*

Código	Carga Animal	Dieta Balanceada	Porcentaje de mortalidad (%)
C1.D2	5 kg/m ³	Sin nucleótidos	32,00± 8,00 a
C1.D1	5 kg/m ³	Con nucleótidos	26,25± 10,75 a
C2.D2	16 kg/m ³	Sin nucleótidos	21,59± 7,59 a
C2.D1	16 kg/m ³	Con nucleótidos	23,84± 13,17 a



C1D1= carga 5 kg/m³ y dieta con nucleótidos, C1D2= carga 5 kg/m³ y dieta sin nucleótidos, C2D1= carga 16 kg/m³ y dieta con nucleótidos, C2D2= carga 16 kg/m³ y dieta sin nucleótidos

Figura 16 Promedio ± error estándar del % de mortalidad de truchas arco iris sometidas a dos dietas y dos cargas animales a los 70 días del experimento

4.1.4 Variables hematológicas

4.1.4.1 Glucosa

El análisis de la varianza mostró un efecto significativo en la interacción carga x dieta en el contenido de glucosa ($F_{1,20} = 10.33$; $p = 0.0044$) (Tabla 14). Las truchas sometidas a una carga animal de 5 kg/m^3 con ambas dietas y con una carga animal de 16 kg/m^3 junto con la inclusión de nucleótidos presentaron un menor contenido de glucosa en la sangre (Tabla 15 y Figura 17).

Tabla 14

Análisis de la varianza para la variable glucosa, analizada de 24 muestras de trucha arco iris sometidas a 4 tratamientos.

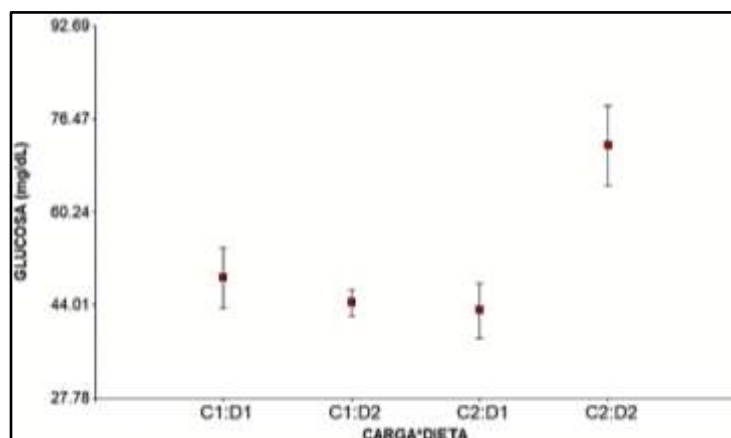
F.V.	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3	1082.06	6.79	0.0024
Carga	1	706.77	4.44	0.0480
Dieta	1	894.02	5.61	0.0280
Carga*Dieta	1	1645.40	10.33	0.0044
Error	20	159.36		
Total	23			

Tabla 15

Promedio \pm desviación estándar del contenido de glucosa en la sangre de truchas arco iris sometidas a 2 dietas y 2 densidades de carga animal

Código	Carga Animal	Dieta Balanceada	Glucosa
C1:D2	5 kg/m^3	Sin nucleótidos	44.40 ± 5.87 b
C1:D1	5 kg/m^3	Con nucleótidos	48.75 ± 13.17 b
C2:D2	16 kg/m^3	Sin nucleótidos	71.81 ± 17.08 a
C2:D1	16 kg/m^3	Con nucleótidos	43.05 ± 11.73 b

Medias en columna con letra común no son significativamente diferentes (LSD; $p < 0,05$).

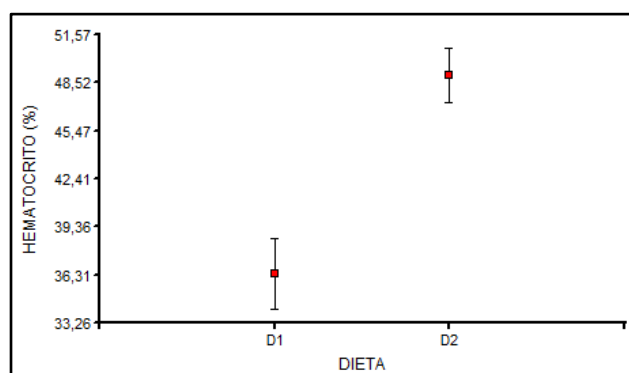


C1:D1= Carga 5 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C1:D2= carga 5 Kg/m³ y dieta sin nucleótidos, C2:D1= carga 16 Kg/m³ y dieta con nucleótidos, C2:D2= carga 16 kg/m³ y dieta sin nucleótidos

Figura 17 Promedio \pm error estándar del contenido de glucosa a los 70 días del ensayo.

4.1.4.2 Hematocrito

El tipo de dieta utilizada presentó diferencias significativas para el hematocrito (%) de truchas arco iris ($F_{1,20} = 20.05$; $p = 0.0002$) (Tabla 16). Las truchas alimentadas con una dieta sin nucleótidos presentaron un mayor porcentaje de glóbulos rojos que las truchas alimentadas sin el aditivo (Tabla 17 y Figura 18)



D1= Dieta con nucleótidos, D2= Dieta sin nucleótidos

Figura 18 Promedio \pm error estándar de hematocrito a los 70 días del ensayo.

Tabla 16

Análisis de la varianza para la variable hematocrito, analizada de 24 muestras de trucha arco iris sometidas a 2 dietas y 2 cargas animales.

F.V.	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3	355.67	7.41	0.0016
Carga	1	0.17	0.0035	0.9536
Dieta	1	962.67	20.05	0.0002
Carga*Dieta	1	104.17	2.17	0.1563
Error	20	48.02		
Total	23			

Tabla 17

Promedio \pm desviación estándar del porcentaje de hematocrito de truchas arco iris sometidas a 2 dietas y 2 densidades de carga animal.

Código	Dieta balanceada	Hematocrito
D1	Con nucleótidos	36.33 \pm 7.77 a
D2	Sin nucleótidos	49.00 \pm 6.03 b

Medias en columna con letra común no son significativamente diferentes (LSD; $p < 0,05$).

4.1.5 Relaciones entre variables

4.1.5.1 Relación entre el peso corporal, variables productivas y hematológicas

La eficiencia alimenticia presentó una correlación positiva con el peso de las truchas ($r = 0.63$; $p < 0.05$) y la tasa de crecimiento específico ($r = 0.96$; $p < 0.05$). A demás se encontraron correlaciones negativas entre el factor de conversión alimenticia con la ganancia de peso ($r = -0.60$; $p < 0.05$) y la tasa de crecimiento específico ($r = -0.66$; $p < 0.05$), mientras que la eficiencia alimenticia fue inversamente proporcional al factor de conversión alimenticia ($r = -0.73$; $p < 0.05$) (Tabla 18).

El análisis de correlación entre las variables hematocrito (%) y glucosa (mg/ dL) no presentó una correlación significativa (Tabla 18)

Tabla 18

Coefficientes de correlación de Pearson para el peso y variables productivas de trucha, sometidas a 2 dietas y 2 densidades de carga animal

	Peso	TCE	EA	FCA	Hem	Glu
Peso	1.00	0.45**	0.63**	-0.60**	ns	ns
TCE		1.00	0.96**	-0.66**	ns	ns
EA			1.00	-0.73**	ns	ns
FCA				1.00	ns	ns
Hem					1.00	-0.29**
Glu						1.00

GP= Ganancia de peso (g/día), TCE= Tasa de crecimiento específico (%/día), EA= Eficiencia alimenticia, FCA= Factor de conversión alimenticia, *p < 0.05, **p < 0.01, ns= no significativo

4.1.5.2 Relación entre el índice de condición corporal y variables morfométricas

Se encontraron correlaciones positivas entre el largo total con el peso ($r= 0.95$; $p < 0.05$), largo caudal ($r= 0.95$; $p < 0.05$) y el ancho ($r= 0.93$; $p < 0.05$); el largo caudal presentó correlaciones positivas con el peso ($r= 0.99$; $p < 0.05$) y el ancho ($r= 0.99$; $p < 0.05$), mientras que el peso se correlacionó positivamente con el ancho ($r= 0.98$; $p < 0.05$). A demás el índice de conversión alimenticia se correlacionó negativamente con largo total ($r= -0.45$; $p < 0.05$) (Tabla 19).

Tabla 19

Coefficientes de correlación de Pearson para los parámetros morfológicos y el índice de condición corporal de trucha arco iris sometidas a 2 dietas y 2 cargas animales

	Peso	LT	LC	Ancho	ICC
Peso	1.00	0.95**	0.99**	0.98**	ns
LT		1.00	0.95**	0.93**	-0.45**
LC			1.00	0.99**	-0.20*
Ancho				1.00	ns
ICC					1.00

LT= Largo total, LC= Largo caudal, ICC= Índice de condición corporal, *p < 0.05, **p < 0.01, ns= no significativo

4.1.6 Análisis económico

En la Tabla 20 se muestran los gastos de inversión necesarios para iniciar con un proyecto acuícola de trucha arco iris. Para la infraestructura se tomó en cuenta el terreno y construcción de piscinas, mientras que para los costos de inversión de equipos se incluyó un blower, redes de pesca, recipientes, balanza y un medidor multiparamétrico.

Tabla 20

Inversiones para el proyecto

Descripción	Valor (\$)	Depreciación/año
Infraestructura	5000	500
Equipos	2245	24,5

\$= Valor medido en Dólares Americanos

Los costos operativos se estimaron de acuerdo a cada tratamiento (Tabla 21, 22, 23 y 24), tomando en cuenta 1 ciclo por año. Los costos de alimentación se calcularon de acuerdo a los factores de conversión alimenticia del ensayo. El valor de los aditivos corresponde al costo de los nucleótidos utilizados en las dietas, diferenciándose por la cantidad empleada en cada una de ellas.

Tabla 21

Costos operativos proyectados a 5 años para el tratamiento con una carga animal de 5 kg/m³ y una dieta sin la inclusión de nucleótidos

Años	1	2	3	4	5
Descripción	Costos Variables (\$)				
Alevines	84	98	112	126	140
Alimentación	444,93	467,17	490,53	515,06	540,82
Total Costos Variables	528,93	565,17	602,53	641,06	680,82
Descripción	Costos Fijos (\$)				
Luz	5	5	5	5	5
Reposición de agua	12	12	12	12	12
Mano de obra	180	180	180	180	180
Teléfono	5	5	5	5	5
Sanidad	20	20	20	20	20
Total Costos Fijos	222	222	222	222	222
Total Costos Operativos	750,93	787,17	824,53	863,06	902,82

Tabla 22

Costos operativos proyectados a 5 años para el tratamiento con una carga animal de 5 kg/m³ y una dieta con la inclusión de nucleótidos

Años	1	2	3	4	5
Descripción	Costos Variables (\$)				
Alevines	84	98	112	126	140
Alimentación	444,93	467,17	490,53	515,06	540,82
Aditivos	11,15	11,71	12,29	12,9	13,55
Total Costos Variables	540,08	576,88	614,82	653,96	694,37
Descripción	Costos Fijos (\$)				
Luz	5	5	5	5	5
Reposición de agua	12	12	12	12	12
Mano de obra	180	180	180	180	180
Teléfono	5	5	5	5	5
Sanidad	20	20	20	20	20
Total Costos Fijos	222	222	222	222	222
Total Costos Operativos	762,08	798,88	836,82	875,96	916,37

Tabla 23

Costos operativos proyectados a 5 años para el tratamiento con una carga animal de 16 kg/m³ y una dieta con la inclusión de nucleótidos

Años	1	2	3	4	5
Descripción	Costos variables (\$)				
Alevines	252	293,86	342,86	399,98	466,62
Alimentación	1334,8	1401,54	1471,62	1545,2	1622,45
Aditivos	33,44	35,11	36,87	38,71	40,65
Total Costos Variables	1620,24	1730,51	1851,35	1983,89	2129,72
Descripción	Costos fijos (\$)				
Luz	5	5	5	5	5
Reposición de agua	12	12	12	12	12
Mano de obra	180	180	180	180	180
Teléfono	5	5	5	5	5
Sanidad	20	20	20	20	20
Total Costos Fijos	222	222	222	222	222
Total Costos Operativos	1842,24	1952,51	2073,35	2205,89	2351,72

Tabla 24

Costos operativos proyectados a 5 años para el tratamiento con una carga animal de 16 kg/m³ y una dieta sin la inclusión de nucleótidos

Años	1	2	3	4	5
Descripción	Costos variables (\$)				
Alevines	252	293,86	342,86	399,98	466,62
Alimentación	1334,8	1401,54	1471,62	1545,2	1622,45
Total Costos Variables	1586,8	1695,4	1814,48	1945,18	2089,07
Descripción	Costos fijos (\$)				
Luz	5	5	5	5	5
Reposición de agua	12	12	12	12	12
Mano de obra	180	180	180	180	180
Teléfono	5	5	5	5	5
Sanidad	20	20	20	20	20
Total Costos Fijos	222	222	222	222	222
Total Costos Operativos	1808,8	1917,4	2036,48	2167,18	2311,07

Las tablas 25, 26, 27 y 28 muestran los ingresos anuales obtenidos por tratamiento, considerando el número de animales que alcanzan un peso comercial de 250 gramos para cada caso.

Tabla 25

Ingresos anuales percibidos en el proyecto con una carga animal de 5 kg/m³ y una dieta sin nucleótidos

Año	#Peces	Peso comercial (g)	P.V.P (USD/kg)	Costo kg
1	1020	250	5,5	1402,5
2	1184,9	250	5,5	1629,2375
3	1376,15	250	5,5	1892,20625
4	1598	250	5,5	2197,25
5	1856,4	250	5,5	2552,55

g= gramos, USD/kg= Valor en dólares americanos por cada kilogramo, kg= kilogramo

Tabla 26 Ingresos anuales percibidos en el proyecto con una carga animal de 5 kg/m³ y una dieta con nucleótidos

Año	#Peces	Peso comercial (g)	P.V.P (USD/kg)	Costo kg
1	1020	250	5,5	1402,5
2	1184,9	250	5,5	1629,2375
3	1376,15	250	5,5	1892,20625
4	1598	250	5,5	2197,25
5	1856,4	250	5,5	2552,55

g= gramos, USD/kg= Valor en dólares americanos por cada kilogramo, kg= kilogramo

Tabla 27

Ingresos anuales percibidos en el proyecto con una carga animal de 16 kg/m³ y una dieta con nucleótidos

Año	#Peces	Peso comercial (g)	P.V.P (USD/kg)	Costo kg
1	3060	250	5,5	4207,5
2	3554,7	250	5,5	4887,7125
3	4129,3	250	5,5	5677,7875
4	4795,7	250	5,5	6594,0875
5	5570,9	250	5,5	7659,9875

g= gramos, USD/kg= Valor en dólares americanos por cada kilogramo, kg= kilogramo

Tabla 28

Ingresos anuales percibidos en el proyecto con una carga animal de 16 kg/m³ y una dieta sin nucleótidos

Año	#Peces	Peso comercial (g)	P.V.P (USD/kg)	Costo kg
1	2880	250	5,5	3960
2	3345,6	250	5,5	4600,2
3	3886,4	250	5,5	5343,8
4	4513,6	250	5,5	6206,2

g= gramos, USD/kg= Valor en dólares americanos por cada kilogramo, kg= kilogramo

Para la elaboración del flujo de caja por tratamientos, se consideró un incremento en el precio de trucha del 3% anual y los costos operacionales deducibles a una tasa de inflación anual de 2,5 % (Tabla 29, 30, 31 y 32)

Tabla 29

Flujo de caja para el tratamiento con densidad de carga animal de 5 kg/m³ y una dieta sin nucleótidos

Ingreso/Egresos	Años	0	1	2	3	4	5
+	Ingresos gráuales		1.402,50	1.629,24	1.892,21	2.197,25	2.552,55
-	Costos deducibles		750,93	805,94	844,21	883,67	924,40
-	Depreciación		124,50	124,50	124,50	124,50	124,50
=	Utilidad antes P. Trabajadores		527,07	698,79	923,50	1.189,08	1.503,65
-	15% Utilidad P. Trabajadores		79,06	104,82	138,52	178,36	225,55
=	Utilidad Antes I. renta		448,01	593,98	784,97	1.010,72	1.278,11
-	22% Utilidad I. Renta		98,56	130,67	172,69	222,36	281,18
=	Utilidad neta		349,45	463,30	612,28	788,36	996,92
-	Inversión	7.245,00					
+	Depreciación		124,50	124,50	124,50	124,50	124,50
=	Flujo de fondos del proyecto	7.245,00	473,95	587,80	736,78	912,86	1.121,42

Tabla 30

Flujo de caja para el tratamiento con densidad de carga animal de 5 kg/m³ y una dieta con nucleótidos

Ingreso/Egresos	Años	0	1	2	3	4	5
+	Ingresos gráuales		1.402,50	1.629,24	1.892,21	2.197,25	2.552,55
-	Costos deducibles		762,08	817,93	856,79	896,88	938,27
-	Depreciación		124,50	124,50	124,50	124,50	124,50
=	Utilidad antes P. Trabajadores		515,92	686,81	910,91	1.175,87	1.489,78
-	15% Utilidad P. Trabajadores		77,39	103,02	136,64	176,38	223,47
=	Utilidad Antes I. renta		438,53	583,78	774,28	999,49	1.266,31
-	22% Utilidad I. Renta		96,48	128,43	170,34	219,89	278,59
=	Utilidad neta		342,05	455,35	603,94	779,60	987,72
-	Inversión	-7.245,00					
+	Depreciación		124,50	124,50	124,50	124,50	124,50
=	Flujo de fondos del proyecto	-7.245,00	466,55	579,85	728,44	904,10	1.112,22

Tabla 31

Flujo de caja para el tratamiento con densidad de carga animal de 16 kg/m³ y una dieta con nucleótidos

Ingreso/Egresos	Años	0	1	2	3	4	5
+	Ingresos gravales		4.207,50	4.887,71	5.677,79	6.594,09	7.659,99
-	Costos deducibles		1.842,24	1.998,57	2.122,16	2.257,72	2.406,87
-	Depreciación		124,50	124,50	124,50	124,50	124,50
=	Utilidad antes P. Trabajadores		2.240,76	2.764,65	3.431,12	4.211,86	5.128,62
-	15% Utilidad P. Trabajadores		336,11	414,70	514,67	631,78	769,29
=	Utilidad Antes I. renta		1.904,65	2.349,95	2.916,46	3.580,08	4.359,33
-	22% Utilidad I. Renta		419,02	516,99	641,62	787,62	959,05
=	Utilidad neta		1.485,62	1.832,96	2.274,84	2.792,47	3.400,28
-	Inversión	-7.245,00					
+	Depreciación		124,50	124,50	124,50	124,50	124,50
=	Flujo de fondos del proyecto	-7.245,00	1.610,12	1.957,46	2.399,34	2.916,97	3.524,78

Tabla 32

Flujo de caja para el tratamiento con densidad de carga animal de 16 kg/m³ y una dieta sin nucleótidos

Ingreso/Egresos	Años	0	1	2	3	4	5
+	Ingresos gravales		3.960,00	4.600,20	5.343,80	6.206,20	7.209,40
-	Costos deducibles		1.808,80	1.962,62	2.084,42	2.218,09	2.365,25
-	Depreciación		124,50	124,50	124,50	124,50	124,50
=	Utilidad antes P. Trabajadores		2.026,70	2.513,08	3.134,89	3.863,61	4.719,65
-	15% Utilidad P. Trabajadores		304,01	376,96	470,23	579,54	707,95
=	Utilidad Antes I. renta		1.722,70	2.136,12	2.664,65	3.284,07	4.011,70
-	22% Utilidad I. Renta		378,99	469,95	586,22	722,49	882,57
=	Utilidad neta		1.343,70	1.666,17	2.078,43	2.561,57	3.129,13
-	Inversión	-7.245,00					
+	Depreciación		124,50	124,50	124,50	124,50	124,50
=	Flujo de fondos del proyecto	-7.245,00	1.468,20	1.790,67	2.202,93	2.686,07	3.253,63

El tratamiento con una densidad de carga animal de 16 kg/m³ y una dieta con la inclusión de nucleótidos presentó los mejores indicadores, reportando un VAN, TIR y ROE superiores al resto de tratamientos, se obtiene un beneficio-costo de \$1,37 y un tiempo de recuperación de la inversión de 2,58 años. (Tabla 33)

Tabla 33

Indicadores financieros de los tratamientos con carga animal de 5 kg/m³ y 16 kg/m³ con la inclusión de nucleótidos y la exclusión de los mismos

Indicador Financiero	5 kg/m³ sin nucleótidos	5 kg/m³ con nucleótidos	16 kg/m³ con nucleótidos	16 kg/m³ sin nucleótidos
VAN	- 3,601.67	-3,639.95	4,152.14	3,240.10
TIR	- 5 %	- 5 %	37 %	33 %
B/C	0.66	0.66	1.37	1.30
ROE	4.82 %	4.72 %	20.51 %	18.55 %
TRI	7.38 años	7.48 años	2.58 años	2.77 años

4.2 Discusión

4.2.1 Parámetros morfométricos y productivos

El peso corporal de las truchas arco iris a los 70 días fue menor al no incluir nucleótidos en la dieta balanceada y estar sometida a una densidad de carga animal de 16 kg/m³. Según Leischner (2016), asocia este particular al estrés que genera la competencia por alimento, ocasionadas por la aglomeración de peces en un espacio reducido, lo cual no permite un comportamiento normal de la trucha, como de los Santos (2017) y Armendaris (2009) mencionan en estudios similares.

Durante el ensayo la longitud y el ancho de los peces no mostraron diferencias entre los tratamientos, estos resultados son similares a los reportados por Cowey, Moreno, Rodrigues, Romo & Vazquez, (1983) en su estudio, donde indican que la adición de alimento y el tipo de aireación no tiene un efecto significativo en parámetros morfométricos de trucha arco iris en estado juvenil.

Burrells, Williams, & Forno, (2001) indican que la ganancia de peso diaria se la puede atribuir a la presencia de los nucleótidos en la dieta balanceada, debido a que, este elemento puede variar y aumentar considerablemente el crecimiento y reducir el estrés fisiológico. Estudios realizados en lubina rayada híbrida (*Morone chrysops* X *Morone saxatilis*) y dorada (*Sparus aurata*)

presentan mayor ganancia de peso los especímenes que en su dieta balanceada contenía la presencia de nucleótidos (Li, Gatlin III T, & Delbert M, 2006). En el presente estudio las truchas sometidas a una densidad de carga de 16 kg/m³ con la adición de nucleótidos, presentan una diferencia mayor (55.77%) con respecto a los peces tratados a la misma densidad de carga animal y una dieta balanceada sin el aditivo.

El control de mortalidad es de suma importancia debido que permite calcular las pérdidas económicas que pueda tener un proyecto acuícola, puede reflejar la presencia de agentes patógenos o un mal manejo de los animales que repercute en su morbilidad y mortalidad (Bagheri, Hedayati, Yavari, Alizade, & Farzanfar, 2008).

En el presente estudio los tratamientos con una carga animal de 16 kg/m³ presentaron una menor mortalidad que el grupo de animales sometidos a una carga animal de 5 kg/m³, siendo el grupo de animales con tratamiento de carga animal 5 kg/m³ y una dieta sin nucleótidos, el que presenta un porcentaje menor de supervivencia.

Macas (2015) menciona que los nucleótidos se encargan de activar de inmediato el sistema inmune, incrementan las actividades metabólicas y disminuyen la tasa de mortalidad y morbilidad, sin embargo, la mortalidad acumulada durante el experimento es elevada debido a que se produjo un brote de enfermedad en los animales, sin embargo, se pudo evidenciar el efecto de los nucleótidos en el crecimiento y ganancia de peso de los animales.

La relación ente la longitud y el peso de la trucha se la conoce como índice de condición corporal, el cual hace referencia a una relación entre tejido muscular y adiposo presentes en un individuo, las truchas sometidas a una densidad de carga de 5 kg/m³ con la adición de

nucleótidos, presentaron un mayor índice de condición corporal que los peces expuestos a una densidad de carga de 16 kg/m^3 sin la adición de nucleótidos. Así, mediante la adición de nucleótidos a la dieta balanceada de trucha arco iris manejando una carga animal de 5 kg/m^3 , presentan un índice de condición corporal inferior a los reportados por Siegel (2011) donde el tratamiento sometido a nucleótidos alcanzo un índice de 1,21. Sin embargo Morales & Quirós (2007) reportan valores de $1,13 \pm 0,01$ con un dieta de crecimiento para trucha arco iris.

Los valores de eficiencia alimenticia y el factor de conversión alimenticia estuvieron en un rango de $(79,77\% \pm 6,08)$ y $(84,89\% \pm 4,17)$ y $(1,42 \pm 0,11)$ y $(1,57 \pm 0,26)$ respectivamente alcanzando una eficiencia óptima y la mejor conversión alimenticia los ejemplares que fueron sometidos a una densidad de carga de 16 kg/m^3 con la inclusión de nucleótidos, este factor de conversión alimenticia es contrastado con 1,1 el obtenido por Bastardo & Sofia, (2003) en su investigación con trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Además Tahmasebi-Kohyani, Keyvanshokoh, Nematollahi, Mahmoudi, & Pasha-Zanoosi, (2012) muestran una tendencia evidente a mejorar la eficiencia alimenticia del 85% al 95% al incluir 0,15 a 0,2% de nucleótidos en la dieta de crecimiento suministrada a truchas arco iris, así mismo Burrells et al., (2001) reporta el mismo efecto en la especie del el salmón del Atlántico (*Salmo salar*).

La tasa de crecimiento específico durante el ensayo estuvo comprendida entre $1,69 \pm 0,15$ y $1,85 \pm 0,13$, siendo al igual a parámetros de eficiencia alimenticia y a la conversión alimenticia el mejor tratamiento los animales que ingirieron la dieta con nucleótidos a una densidad de carga animal de 16 kg/m^3 . Esta relación entre las tres parámetros productivos lo corrobora Rodríguez & Rojas (2014) en su estudio donde menciona que la conversión alimenticia se maximiza con una mayor tasa de alimentación y eficiencia alimenticia ya que el pez a más de al ser eficaz en su

transformación de alimento en ganancia de peso, su crecimiento diario es óptimo, consecuencia de esto su ciclo de producción se acortara, bajando los costos de alimentación generando mayor rentabilidad.

4.2.2 Parámetros hematológicos

El contenido de glucosa en la sangre de truchas presentó diferencias entre los tratamientos, variando de acuerdo a la carga empleada y dieta utilizada. Huanca & Carpio, (2017) mencionan valores de glucosa en la sangre superiores a 77 mg/dL y menores a 113.3 mg/dL son normales en trucha arco iris como un indicador de estrés.

Los valores de glucosa encontrados en muestras de sangre de truchas durante el experimento, presentaron niveles inferiores a los mencionados en estudios previos, los cuales van desde 43.05 ± 11.73 mg/dL hasta 71.81 ± 17.08 mg/dL. Los niveles de glucosa en sangre, se incrementan cuando existen niveles de estrés elevados. Esta anomalía se produce por estímulos externos como: manipulación, confinamiento, cambios ambientales en el agua, entre otros. La cantidad de glucosa presente en la sangre es directamente proporcional al estrés de los peces, estos valores varían de acuerdo al entorno ambiental de los mismos (Huanca & Carpio, 2017).

En el presente estudio se detectaron niveles bajos de glucosa, lo cual puede deberse a la degradación de tejido hepático durante la fase de crecimiento. En estudios comparativos de Li & Gatlin III T (2005) muestran que la asimilación de nucleótidos por el organismo, requiere de gran cantidad de energía debido a complejidad de la molécula, la energía utilizada para este proceso metabólico generalmente es tomada del glucógeno del hígado, por lo que este órgano puede verse comprometido negativamente, reduciendo su actividad o ejerciendo demasiado esfuerzo para degradar los nucleótidos.

El contenido de glóbulos rojos en trucha arco iris utilizadas para el presente experimento, varió de acuerdo a la dieta suministrada. Mediante la exclusión de nucleótidos, los peces presentaron un índice de hematocrito del $49.00 \pm 6.03\%$, mientras que los animales expuestos a una dieta con nucleótidos presentaron un contenido de $36.33 \pm 7.77 \%$. Estos datos son comparables en el estudio McCarthy, Stevenson, & Roberts (1975), con rangos que van de 30 a 49 %. Mientras que Tahmasebi-Kohyani *et al.* (2012) encontraron en su experimento un valor de $34.96 \pm 0.14 \%$ para el hematocrito de truchas en etapa de crecimiento.

Los valores de hematocrito pueden ser tomados como referencia para controlar la presencia de enfermedades, generalmente evidenciadas en el descenso del contenido de glóbulos rojos en la sangre, estos datos pueden variar de acuerdo al clima, madurez sexual, edad, estrés, forma y eficiencia de extracción de las muestras de sangre y tiempo que los peces permanezcan sedados (Boyacá & Azula 2008).

Existen varios métodos para determinar el nivel de estrés en un individuo, la glucosa y el hematocrito son indicadores secundarios de estrés, por ende, están relacionados. Un nivel alto de glucosa indica niveles elevados de estrés, mientras que porcentajes bajos de hematocrito pueden reflejar el mismo efecto que la glucosa, debido a enfermedades que el animal pudiese haber contraído, el efecto de esto es una reducción en la cantidad de glóbulos rojos en la sangre. (Huanca & Carpio, 2017).

4.2.3 Análisis económico

El tratamiento con una carga animal de 16 kg/m^3 y una dieta con nucleótidos, presenta los mejores indicadores financieros, siendo esta la alternativa económicamente más viable para un sistema de producción de trucha arco iris. González, Arreguín, & Ramírez, (2013) en su estudio, determinaron que al aumentar los ingresos totales y mantener o reducir los costos de inversión,

un proyecto puede reducir el riesgo en la disminución de sus utilidades, es decir, mientras los ingresos sean mayores y los costos de producción e inversión sean bajos, un proyecto será más sostenible.

Dentro de los indicadores financieros del tratamiento con carga animal 16 kg/m^3 y la inclusión de nucleótidos en la dieta balanceada, tienen alta relevancia el tiempo de retorno de la inversión que es de 2.58 años y un beneficio-costo de 1.37, este último quiere decir que por cada dólar invertido se generará \$0.37 de ganancia. Cabrera (2016) encontró durante su ensayo valores similares referentes a la TRI y el B/C, siendo estos de 2,5 años y 1.77 respectivamente, los cuales están asociados a los costos de inversión, costos operativos e ingresos del proyecto.

El uso de aditivos alimenticios en dietas de trucha arco iris dependerá del costo de los mismos y las cantidades utilizadas; Molina (2017) señala altos costos en la preparación del alimento balanceado con la inclusión de espirulina, debido al valor que adquiere la micro alga en polvo. Sin embargo, en este estudio, al añadir nucleótidos a la dieta de truchas arco iris, los costos se incrementan 2.44 % considerándose un valor no representativo, teniendo en cuenta un costo de 4,00 USD el kilogramo de nucleótidos AQUATESHRIMP– Alltech®, el cual no tiene efecto significativo en los costos de producción

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En la intensificación de un sistema productivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de crecimiento con aireación tipo Airlift, a una carga animal de 16 kg/m³ y la inclusión de nucleótidos en la dieta balanceada se evidencio un efecto positivo sobre los parámetros productivos y morfométricos.
- El efecto de la inclusión de nucleótidos en dietas balanceadas para el cultivo intensivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), no tuvo un efecto favorable en la incidencia de mortalidad estando este parámetro comprendido ente 21,59% y 32 %.
- La tasa de crecimiento específico fue mayor a los 10 días del ensayo, en todos los tratamientos, es decir, durante ese tiempo los peces tuvieron un mayor ritmo de crecimiento diario comprendido entre 2,50% a 2,93%.
- Las variables morfométricas y productivas no tuvieron relación sobre las variables hematológicas, sin embargo, mediante el porcentaje de hematocrito (36,33%) y el contenido de glucosa en la sangre (71,81 dL/mL), se puedo determinar niveles altos de estrés en el tratamiento con una densidad de carga animal de 16 Kg/m³ y una dieta balanceada sin la inclusión de nucleótidos.
- La utilización de una densidad de carga de 16 kg/m³ y la adición de nucleótidos a la dieta balanceada, mostró los mejores indicadores financieros, con un VAN de 4,152.14, TIR de 37%, TRI de 2.58 años, ROE de 20.51% y un beneficio-costo de 1,37.

5.2 Recomendaciones

- Utilizar una inclusión de nucleótidos en la dieta balanceada de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) a una densidad de carga animal de 16 Kg/m³ en la etapa de crecimiento del cultivo con un sistema de aireación tipo Airlift.
- Considerando que el efecto de los nucleótidos en las variables productivas no mostró diferencias significativas durante la fase de crecimiento de trucha arco iris, se recomienda evaluar distintas concentraciones de nucleótidos para determinar dosis efectivas para la etapa de engorde de este cultivo.
- Realizar análisis histológicos de tejido hepático y renal de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) al ser expuestos a una dieta con nucleótidos.
- Valorar el efecto de la inclusión de nucleótidos en dietas balanceadas para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de reproducción y su efecto en la calidad de gametos sexuales masculino y femenino.
- Realizar estudios con las mismas condiciones de este ensayo en otras especies acuícolas de interés productivo.

5.3 Bibliografía

Alltech. (2014). Aquate™ Shrimp ficha tecnica protocolo de alimentacion.

Altamirano, L. (2013). *Modelación y simulación con dinámica de sistemas para la gestión de producción integral de truchas (oncorhynchus mykiss) en la corporación San Miguel eirl, Distrito de Kishuara – Andahuaylas*. Universidad Nacional José María Arguedas. Retrieved from [http://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/123456789/200/06-2013-EPIA-Altamirano Echevarria-modelacion y simulacion con dinamica de sistemas para la gestion.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/123456789/200/06-2013-EPIA-Altamirano%20Echevarria-modelacion%20y%20simulacion%20con%20dinamica%20de%20sistemas%20para%20la%20gestion.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Armendaris, N. (2009). *Evaluación del desempeño productivo de una línea genética seleccionada de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss, Walbaum) cultivada en dos sistemas intensivos*. Iztapalapa. Retrieved from <http://148.206.53.84/tesiuami/UAMI15519.pdf>

Auró, A., & Ocampo, L. (1999). Diagnóstico del estrés en peces. *Veterinaria México*, 30(4), 337–344. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42330411>

Bagheri, T., Hedayati, S. A., Yavari, V., Alizade, M., & Farzanfar, A. (2008). *Growth, Survival and Gut Microbial Load of Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss) Fry Given Diet Supplemented with Probiotic during the Two Months of First Feeding*.

Bastardo, H., & Sofia, S. (2003). Crecimiento de truchas todas hembras y de ambos sexos en un criadero venezolano. *Zootecnia Tropical*, 21(1), 17–26. Retrieved from <http://www.bioline.org.br/request?zt03002>

Blanco, M. C. (1995). La Trucha: Cría Industrial. In Mundi-Prensa (Ed.), *La Trucha: Cría*

Industrial (Primera Ed, pp. 69–73). California.

Blanco, M. C. (2002). < La Trucha: Cría Industrial. In R. Editorial (Ed.), *La Trucha: Cría Industrial* (Segunda Ed, pp. 85–88). California.

Blazer. (1991). *Piscine macrophage function and nutritional influences*. (J. A. A. Health, Ed.) (3rd ed.).

Boyacá, M., & Azula, G. (2008). *Revista de biología tropical*.

Burrells, C., Williams, P. ., & Forno, P. . (2001). Dietary nucleotides: a novel supplement in fish feeds. *Aquaculture*, 199(1–2), 159–169. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00577-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00577-4)

Cabrera, L. (2016). *Estudio de factibilidad para la creacion de un aempresa de crianza de trucha arcoiris en la parroquia Urdaneta y su comercializacion en el canton Saraguro provincia de Loja*. Universidad Nacional de Loja . Retrieved from [http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/12647/1/Luz Tania Cabrera González.pdf?fbclid=IwAR1p3OPbqEy21BYJRtl5Rkw1-q_9HN1SRGQjbmVsufSJ1VBCDsJhOaPt2pc](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/12647/1/Luz_Tania_Cabrera_González.pdf?fbclid=IwAR1p3OPbqEy21BYJRtl5Rkw1-q_9HN1SRGQjbmVsufSJ1VBCDsJhOaPt2pc)

Carrión, R., Alvarellos, S., Guzmán, J. M., Martín del Río, M. P., Míguez, J. M., Soengas, J. L., & Mancera, J. M. (2002). Energy Metabolism in Fish Tissues Related to Osmoregulation and Cortisol Action. *Fish Physiology and Biochemistry*, 27(3/4), 179–188. <https://doi.org/10.1023/B:FISH.0000032725.96481.b8>

Cowey, F., Moreno, T., Rodrigues, R., Romo, G., & Vazquez, M. (1983). *Efectos de la transformacion de energia en la alimentacion en estado juvenil de la trucha*. Mexico DF.

Dalmo, R., Ingebrigtsen, K., & Bogwald, J. (1997). Non-specific defenses mechanisms in fish, with particular reference to reticuloendothelial system. In *Non-specific defenses mechanisms in fish, with particular reference to reticuloendothelial system* (pp. 241–273).

de Camargo, A. (2005). Estrés, síndrome general de adaptación o reacción general de alarma stress, general adaptation syndrome or general alarm reaction. *Revista Médico Científica*, 17(2), 78–86. Retrieved from <http://www.revistamedicocientifica.org/uploads/journals/1/articles/103/public/103-370-1-PB.pdf>

de La Oliva, G. (2011). *Manual de buenas prácticas de producción acuícola en el cultivo de trucha arco iris*. Huancayo. Retrieved from <http://www.perucam.com/presen/pdf/19.ManualBuenasPr%E1cticasAcu%EDcolasenelcultivodelatruchaArcoIris.pdf>

de los Santos, E. M. (2017). *Respuestas fisiológicas de peces sometidos a estrés pysical responses of fishes subject to stress*. Universidad de La Laguna. Retrieved from https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/5763/Respuesta_fisiologicas_de_peces_sometidos_a_estres.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2011). InfoStat. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. Retrieved from <http://www.infostat.com.ar/>

Ellis, A. (1981). Stress and the modulation of defence mechanisms in fish. In *Stress and the modulation of defence mechanisms in fish* (pp. 83–102). London.

FAO. (2005). FAO Fisheries & Aquaculture - Programa de información de especies

- acuáticas - *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). Retrieved February 19, 2018, from http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/es
- FAO. (2014). *Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris* (p. 19). Guatemala: FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-bc354s.pdf>
- FAO. (2017). Sistema de Información sobre Alimentos y Recursos Fertilizantes para la Acuicultura. Retrieved February 19, 2018, from <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/rainbow-trout/rainbow-trout-home/es/>
- FAO. (2018). *FIGIS - Fisheries Statistics - Aquaculture*. Retrieved from <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/es>
- Flores, A. F. (2017). *Desempeño productivo del cultivo de Trucha Arcoiris (Oncorhynchus mykiss) bajo dos sistemas de aireación*. Universidad de las Fuerzas Armadas.
- García, I. (1995). Aspectos metodológicos para análisis financiero en la piscicultura. *Revista Universidad de Cordoba*, pp. 53–67.
- González, J., Arreguín, M., & Ramírez, O. (2013). *Evaluación financiera de la producción trucha arco iris (Oncorhynchus Mykiss): Análisis del agronegocio SPR de RL "Pucuateo"*. Pucuateo. Retrieved from https://www.ecorfan.org/handbooks/Handbook_Produccion_Comercializacion_y_Medio_Ambiente_T1V1/Particiones/3.pdf?fbclid=IwAR3I9zGs-XJATx0R2HO9_ZR3cD78G3i_qQzIv_lhEg5ZKziw1NFjjcPndok
- Google Earth, I. (2017). Google Earth PRO. Retrieved from <https://earth.google.com/web/>

Horna, R. (2010). Nucleótidos para mejorar la nutrición.

Huanca, E. U., & Carpio, B. (2017). Niveles de cortisol y glucosa como indicadores de estrés en trucha “Archo iris” (*Oncorhynchus mykiss*), utilizando anestésicos en la alga de Arapa, (051), 234–243.

Janey, Z., Jeney, G., & Maule, A. (1992). Cortisol measurements in fish. In Publicaciones SOS (Ed.), *Cortisol measurements in fish* (pp. 128–145). Fair Haven.

KOI. (2007). Rendimiento de las bombas de aire en el sistema AIRLIFT. Retrieved February 19, 2018, from <http://www.elkoi.es/filtracion/165-iadi-a-las-bombas-de-agua>

Larenas, J. J., Contreras, J., Oyanedel, S., Morales, M. A., & Smith, P. (1997). Efecto de la densidad poblacional y temperatura en truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) inoculadas con *Piscirickettsia salmonis*. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 29(1), 113–119. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X1997000100013>

Leischner, C. (2016). *Efecto del estrés de densidad de cultivo sobre la susceptibilidad a enfermedades infecciosas en peces revisión bibliográfica*. Valdivia - Chile. https://doi.org/10.1163/_q3_SIM_00374

Li, P., Gatlin III T, & Delbert M. (2006). Nucleotide nutrition in fish: Current knowledge and future applications. *Aquaculture*, 251, 141–152. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.01.009>

López Hernández Yaremi. (2015). *Cultivo de Chlorella vulgaris en un fotobiorreactor airlift de tubos concéntricos con capacidad de 17 litros*. Instituto Politecnico Nacional.

Macas, A. Vi. (2015). Utilización de Nucleótidos en nutrición de especies acuícolas.

MAGAP. (2012). Proyecto de MAGAP fortalece la producción de alevines de Trucha. Retrieved from <http://www.agricultura.gob.ec/proyecto-de-magap-fortalece-la-produccion-de-alevines-de-trucha/>

McCarthy, D. H., Stevenson, J. P., & Roberts, M. S. (1975). Some blood parameters of the rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson), 215–219.

Medina, C. (2012). *Efecto de una mezcla de L-aminoácidos en el comportamiento alimenticio y crecimiento de alevines de primera alimentación de trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss)*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso . Retrieved from http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-5500/UCF5740_01.pdf

Molina, J. (2017). *Valoración de aditivos alimenticios para la estimulación del apetito en trucha arco iris (oncorhynchus mykiss) en etapa de engorde*. Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE.”

Morales, G., & Quirós, R. (2007). Desempeño productivo de la trucha arco iris en jaulas bajo diferentes estrategias de alimentación. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, 15, 119–127. Retrieved from www.alpa.org.ve/ojs/index.php

NUCLEOFORCE. (2016). Nucleoforce FishTM: nucleótidos para peces | Bioibérica S.A.U. Retrieved February 19, 2018, from <https://www.bioiberica.com/salud-animal/nutricion-anima/nucleotidos/nucleoforce-fish/#sthash.G7A71861.dpbs>

Olabuenaga, S. E. (2000). Fish immune system. *Fish Immune System*, 64(2), 205–215. https://doi.org/10.1163/_q3_SIM_00374

- ONU. (2017). Población | Naciones Unidas. *Población*. Retrieved from <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>
- Ortiz, J. (2015). *Acuicultura Producción dulce acuícola en el Ecuador I* (p. 32). Ecuador. Retrieved from <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10164/3/Acuicultura.pdf>
- Penagos, G., Barato, P., & Iregui, C. (2008). Sistema inmune y vacunacion de peces. *Acta Biologica - Colombia*, 13(3), 3–26.
- PRO ECUADOR. (2017). *Boletín Mensual de Comercio Exterior*. Quito. Retrieved from <http://portal.uasb.edu.ec/UserFiles/385/File/PRO>
- Ragash, M. (2009). Manual de Crianza de Trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Perú: Municipalidad Distrital Lima. Retrieved from <http://www.gbcbiotech.com/genomicaypesca/documentos/peces/trucha/Manual>
- Rodríguez, H., & Rojas, S. (2014). Efecto de dietas enriquecidas con vitamina e y selenio orgánico en el comportamiento productivo y calidad funcional del filete de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 25(2), 213–225. Retrieved from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172014000200009&lng=es&nrm=iso&tlng=pt
- Ruiz, I., Fernández, A., & De blas, I. (2003). El sistema inmune de los teleósteos (III): Respuesta inmune específica. *Revista AquaTIC*, 33–38.
- Siegel, F. A. (2011). *Evaluación de dietas suplementadas con combinaciones de nucleótidos, microminerales orgánicos (Se y Zn) y vitamina C, mediante desafío con el virus de la Anemia Infecciosa del Salmón del Atlántico (Salmo salar)*. Universidad Austral de Chile.

Retrieved from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/fvs571e/doc/fvs571e.pdf>

Tahmasebi-Kohyani, A., Keyvanshokoh, S., Nematollahi, A., Mahmoudi, N., & Pasha-Zanoosi, H. (2012). Effects of dietary nucleotides supplementation on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) performance and acute stress response. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38(2), 431–440. <https://doi.org/10.1007/s10695-011-9524-x>

Ucros, A. (2009). *Efectos del Glifosato sobre el Desarrollo Embrionario de la Trucha Arcoiris (Onchorhynchus mykiss)*. Pontificia Universidad Javeriana.

Uribe, C. (2009). *Mecanismos inmunologicos en peces: Inmunidad inespecifica y adaptativa e inmunoprofilaxis. Revision Bibliografica*. Universidad Austral de Chile . Retrieved from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/fvu.76m/doc/fvu.76m.pdf>

Zambrano, A. (2016). Pesca y acuicultura en el Ecuador. *El Agro*. Retrieved from <http://www.revistaelagro.com/pesca-y-acuicultura-en-el-ecuador/>