

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**SANGOLQUÍ**

**EFICIENCIA PRODUCTIVA DE TRUCHA ARCOIRIS, BAJO UN SISTEMA  
DE RECIRCULACIÓN DE AGUAS CON DIFERENTES DENSIDADES DE  
CARGA ANIMAL EN LA ZONA DE PAILONES, IASA, ECUADOR**

**DAVID FERNANDO SARMIENTO AGUAS**

**INFORME TÉCNICO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**2011**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**SANGOLQUÍ**

**EFICIENCIA PRODUCTIVA DE TRUCHA ARCOIRIS, BAJO UN SISTEMA  
DE RECIRCULACIÓN DE AGUAS CON DIFERENTES DENSIDADES DE  
CARGA ANIMAL EN LA ZONA DE PAILONES, IASA, ECUADOR**

**INFORME DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROPECUARIO**

**SANGOLQUÍ - ECUADOR**

**2011**

**EFICIENCIA PRODUCTIVA DE TRUCHA ARCOIRIS, BAJO UN SISTEMA  
DE RECIRCULACIÓN DE AGUAS CON DIFERENTES DENSIDADES DE  
CARGA ANIMAL EN LA ZONA DE PAILONES, IASA, ECUADOR**

**DAVID FERNANDO SARMIENTO AGUAS**

**REVISADO Y APROBADO**

.....

**ING: PATRICIA FALCONÍ**

**DIRECTORA DE CARRERA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

.....  
**ING JAKELINE TORRES**  
**DIRECTORA**

.....  
**ING. SOLEDAD AGUIRRE**  
**CODIRECTORA**

.....

**SECRETARÍA ACADÉMICA**

**EFICIENCIA PRODUCTIVA DE TRUCHA ARCOIRIS, BAJO UN SISTEMA  
DE RECIRCULACIÓN DE AGUAS CON DIFERENTES DENSIDADES DE  
CARGA ANIMAL EN LA ZONA DE PAILONES, IASA, ECUADOR**

**DAVID FERNANDO SARMIENTO AGUAS**

**APROBADO POR LOS SEÑORES MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE  
CALIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS.**

	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>FECHA</b>
<b>ING. JAKELINE TORRES DIRECTORA</b>	_____	_____
<b>ING. SOLEDAD AGUIRRE CODIRECTORA</b>	_____	_____

**CERTIFICO QUE ESTAS CALIFICACIONES FUERON PRESENTADAS EN  
ESTA SECRETARÍA.**

**SECRETARÍA ACADÉMICA**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de  
investigación está dedicado a  
mis queridos padres a mis  
hermanos

## **AGRADECIMIENTO**

A la ESPE, su Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y su personal Docente, por los valiosos conocimientos impartidos.

Al Director y Codirector de Proyecto, por sus acertadas recomendaciones para el desarrollo de esta Investigación.

Al proyecto de acuicultura y al personal de investigaciones del laboratorio de acuicultura por el apoyo incondicional para la ejecución de mi proyecto de tesis

## **AUTORÍA**

Las ideas expuestas en el presente trabajo de investigación, así como los resultados, discusión y conclusiones son de exclusiva responsabilidad del autor.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CONTENIDO

<b>I. RESUMEN.....</b>	<b>21</b>
<b>II. SUMMARY.....</b>	<b>22</b>
<b>III. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>23</b>
<b>IV. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>25</b>
2.1 Objetivo General.....	25
2.2 Objetivos Específicos.....	25
HIPOTESIS.....	25
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES TRUCHA ARCO IRIS.....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 ASPECTOS BIOLÓGICOS.....</b>	<b>27</b>
<b>4.2.1 Anatomía Externa.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2.2 Forma.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2.2.1 Línea lateral.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2.2.2 Piel lisa.....</b>	<b>29</b>
<b>4.2.2.3 Dimorfismo sexual.....</b>	<b>29</b>
<b>4.3 ENTORNO AMBIENTAL.....</b>	<b>30</b>
<b>4.4.1 Hábitat.....</b>	<b>30</b>
<b>4.4.2 Distribución.....</b>	<b>30</b>
<b>4.4.3 Calidad de Agua.....</b>	<b>30</b>
<b>4.4 SISTEMAS DE CULTIVO EN ACUACULTURA.....</b>	<b>32</b>
<b>4.4.1 Extensivos.....</b>	<b>33</b>
<b>4.4.2 Semi-Intensivo.....</b>	<b>33</b>



4.4.3	Intensivo.....	33
4.5	RECIRCULACIÓN.....	34
4.5.1	Principio de la Recirculación.....	34
4.5.2	Sistemas de Recirculación de Agua.....	36
4.5.3	Sistema Cerrado de Recirculación de Agua (SCRA).....	37
4.5.4	Procesos del Sistema de Recirculación de Agua.....	39
4.5.4.1	Eliminación de sólidos (heces y pienso).....	39
4.5.4.2	Eliminación de amonio.....	39
4.5.4.3	Biofiltro.....	40
4.5.4.4	Biofiltro de película descendente.....	41
4.5.4.5	Des gasificación.....	42
4.5.4.6	Aporte de oxígeno.....	43
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
5.1	MATERIALES.....	44
5.2	METODOLOGÍA.....	47
5.2.1	Ubicación del Lugar de Investigación.....	47
5.2.1.1	Ubicación Política.....	47
5.2.1.2	Ubicación Geográfica Hda. el Prado.....	47
5.2.1.3	Clasificación Ecológica Hda. el Prado.....	48
5.2.1.4	Localización del experimento.....	48
5.2.2	Tipo de Investigación.....	48
5.2.3	Métodos.....	49
5.2.3.1	Flujo del proceso.....	50
5.2.3.2	Evaluación de los procesos.....	50
5.2.4	Diseño Experimental.....	53

5.2.4.1	Factor a probar .....	54
5.2.4.2	Tratamientos a comparar.....	54
5.2.4.3	Descripción de los tratamientos.....	55
5.2.4.4	Repeticiones.....	55
5.2.4.5	Tipo de diseño.....	56
5.2.4.6	Características de las unidades experimentales.....	57
5.2.5	Análisis Funcional y Pruebas de Significancia.....	57
5.2.6	Descripción del Área de Trabajo.....	58
5.2.7	Croquis del Diseño.....	58
5.2.8	Variables a Medir.....	59
5.2.9	Métodos Específicos de Manejo del Experimento.....	60
5.2.10	Procedimientos y Protocolos.....	61
5.2.10.1	Construcción del sistema de recirculación de agua...	61
5.2.10.2	Identificación del experimento y de tratamientos.....	61
5.2.10.3	Estandarización de protocolos para funcionamiento..	62
5.2.10.4	Producción de bacterias nitrificantes.....	62
5.2.10.5	Obtención de los animales.....	63
5.2.10.6	Introducción de los animales al SCRA.....	63
5.2.10.7	Análisis del agua.....	64
5.2.10.8	Medición de parámetros morfológicos.....	65
5.2.10.9	Recolección de datos.....	65
5.2.10.10	Conversión alimenticia y eficiencia alimenticia.....	67
5.2.10.11	Análisis de comportamiento.....	68
5.2.10.12	Limpieza del sistema.....	68
5.2.10.13	Filtración de sólidos.....	68

5.2.10.14	Bombeo.....	69
5.2.10.15	Retorno del agua.....	69
5.2.11	Análisis Económico.....	69
5.2.11.1	Análisis de rentabilidad.....	70
<b>VI.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>72</b>
6.1	AMONÍACO.....	72
6.2	NITRITOS.....	74
6.3	NITRATOS.....	76
6.4	FOSFATOS.....	78
6.5	OXÍGENO DISUELT.....	80
6.6	pH.....	82
6.7	TEMPERATURA.....	84
6.8	BIOMASA.....	85
6.9	PESO.....	88
6.10	LONGITUD TOTAL.....	91
6.11	LONGITUD PARCIAL.....	93
6.12	ANCHO.....	95
6.13	TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO (TCE%).....	98
6.14	FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA FCA .....	100
6.15	ÍNDICE DE CONDICIÓN CORPORAL .....	103
6.16	MORTALIDAD.....	105
<b>VI.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>107</b>
7.1	PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA.....	108
7.2	PARÁMETROS DE CRECIMIENTO.....	112
7.3	PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN.....	114

<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>118</b>
<b>IX. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>120</b>
<b>X. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>124</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1 Características Externas .....	29
Cuadro 4.2 Parámetros vitales para trucha arco iris .....	31
Cuadro 4.3 Características del sistema Extensivo.....	33
Cuadro 4.4 Características del sistema Semi Intensivo.....	33
Cuadro 4.5 Características del sistema Intensivo.....	33
Cuadro 4.6 Procesos de un sistema de recirculación de Agua.....	37
Cuadro 5.1 Descripción de Materiales de campo.....	43
Cuadro 5.2 Descripción de Insumos del proyecto de recirculación.....	45
Cuadro 5.3. Descripción de Equipos de Campo .....	45
Cuadro 5.4 Descripción de Materiales de Laboratorio.....	46
Cuadro 5.5 Descripción de reactivos de Laboratorio.....	46
Cuadro 5.6 Descripción de Equipos de laboratorio.....	46
Cuadro 5.7 Insumos de oficina.....	47
Cuadro 5.8 Parámetros medibles en el proyecto.....	52
Cuadro 5.9 Factores tomados en cuenta bajo un Sistema de Recirculación de Agua.	54
Cuadro 5.10 Descripción de tratamientos.....	53
Cuadro 5.11 Descripción de las Unidades Experimentales.....	57
Cuadro 5.12. Fuentes de variación del ADEVA y sus respectivos grados de libertad	55
Cuadro 5.13 Variables a medir.....	59
Cuadro 5.14 Cuadro de Toma de datos de Parámetros Morfométricos.....	66
Cuadro 5.15 Cuadro de Toma de datos de Parámetros de Calidad de Agua.....	66
Cuadro 5.16 Costos Fijos.....	70
Cuadro 5.17 Costos Variables.....	70

Cuadro 5.18 Costos de Inversión.....	70
Cuadro 5.19 Total Costos de producción.....	71
Cuadro 5.20 Ingresos brutos.....	71
Cuadro 5.21 Ganancias.....	71
Cuadro 6.1 Comparaciones con respecto a los contenidos de Amoníaco bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un $p>0,005$ .....	73
Cuadro 6.2 Comparaciones con respecto a los contenidos de Nitritos bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un $p>0,005$ .....	75
Cuadro 6.3 Comparaciones con respecto a los contenidos de Nitratos bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un $p>0,005$ .....	77
Cuadro 6.4 Comparaciones con respecto a los contenidos de Fosfatos bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un $p>0,005$ .....	79
Cuadro 6.5 Comparaciones con respecto a los contenidos de Oxígeno Disuelto bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un $p>0,005$ .....	81
Cuadro 6.6 Comparaciones con respecto a los contenidos de pH bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un $p>0,005$ .....	83
Cuadro 6.7 Comparaciones con respecto a los contenidos de Temperatura bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un $p>0,005$ .....	85
Cuadro 6.8 Análisis de Varianza de Biomasa bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un sistema de Recirculación de Agua .....	86
Cuadro 6.9 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Biomasa bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un $p>0,005$ .....	87

Cuadro 6.10 Análisis de Varianza de Peso bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un sistema de Recirculación de Agua .....	88
Cuadro 6.11 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Peso bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un $p>0,005$ .....	89
Cuadro 6.12 Análisis de Varianza de Longitud Total bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un sistema de Recirculación de Agua .....	91
Cuadro 6.13 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Longitud Total bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un $p>0,005$ .....	92
Cuadro 6.14 Análisis de Varianza de Longitud Parcial bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un sistema de Recirculación de Agua .....	94
Cuadro 6.15 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Longitud Parcial bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un $p>0,005$ .....	94
Cuadro 6.16 Análisis de Varianza de Ancho bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un sistema de Recirculación de Agua .....	96
Cuadro 6.17 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Ancho bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un $p>0,005$ .....	96
Cuadro 6.18 Análisis de Varianza de la Tasa de Crecimiento Específico bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un sistema de Recirculación de Agua.	98
Cuadro 6.19 Efecto de las densidades de carga de la Trucha Arco Iris sobre el porcentaje de Tasa de Crecimiento Específico en un sistema de recirculación de agua	99
Cuadro 6.20 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Tasa de Crecimiento Específico bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un $p>0,005$ .....	100
Cuadro 6.21 Análisis de Varianza del Factor de Conversión Alimenticia bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un sistema de recirculación de agua	100

Cuadro 6.22 Efecto de las densidades de carga de la Trucha Arco Iris sobre el Índice de Factor de Conversión Alimenticia en un sistema de recirculación de agua ...	101
Cuadro 6.23 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Factor de Conversión Alimenticia bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un $p > 0,005$ ....	102
Cuadro 6.24 Análisis de Varianza del Índice de Condición Corporal bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un sistema de recirculación de agua...	103
Cuadro 6.25 Efecto de las densidades de carga de la Trucha Arco Iris sobre el Índice de Condición Corporal en un sistema de recirculación de agua .....	104
Cuadro 6.26 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Índice de Condición Corporal bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un $p > 0,005$ .....	105
Cuadro 6.27 Análisis de Varianza de la Mortalidad bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un sistema de recirculación de agua .....	105
Cuadro 6.28 Efecto de las densidades de carga de la Trucha Arco Iris sobre el Porcentaje de Mortalidad en un sistema de recirculación de agua.....	106



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Trucha Arco Iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	28
Figura 4.2 Esquema general de un sistema recirculación.....	35
Figura 4.3 Compuestos presentes en el agua en una piscícola.....	36
Figura 4.4 Esquema de sistema de Recirculación.....	38
Figura 4.5 Biofiltro de película descendente.....	41
Figura 5.1. Vista panorámica del Proyecto de Acuicultura, Pailones, IASA I.....	47
Figura 5.2. Esquema del diseño de SCRA.....	51
Figura 5.3: Esquema de Tratamientos a comparar.....	53
Figura 5.4 Esquema de Tratamientos a comparar.....	54
Figura 5.5 Construcción de Tanques de Producción IASA I.....	55
Figura 5.6 Croquis del Diseño.....	58
Figura 5.7 Flujo de procesos .....	60
Figura 5.8 Identificación del Proyecto y Tratamientos.....	62

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 6.1 Fluctuación del Amoníaco bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	73
Gráfico 6.2 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre el Amoníaco con un coeficiente de determinación de 1.....	74
Gráfico 6.3 Fluctuación de Nitritos bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	75
Gráfico 6.4 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre los Nitritos con un coeficiente de determinación de 0.9.....	76
Gráfico 6.5 Fluctuación de Nitratos bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	77
Gráfico 6.6 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre los Nitratos con un coeficiente de determinación de 0.96.....	78
Gráfico 6.7 Fluctuación de Fosfatos bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	79
Gráfico 6.8 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre los Fosfatos con un coeficiente de determinación de 0.88.....	80
Gráfico 6.9 Fluctuación del Oxígeno Disuelto bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	81
Gráfico 6.10 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre el Oxígeno Disuelto con un coeficiente de determinación de 0.99.....	82
Gráfico 6.11 Fluctuación del pH bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	83

Gráfico 6.12 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre el pH con un coeficiente de determinación de 0.92.....	84
Gráfico 6.13 Fluctuación de la Temperatura bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	85
Gráfico 6.14 Fluctuación de la Biomasa bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	87
Gráfico 6.15 Fluctuación del Peso bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	89
Gráfico 6.16 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre el Peso con un coeficiente de determinación de 0.99.....	90
Gráfico 6.17 Fluctuación de la Longitud Total bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	92
Gráfico 6.18 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre la Longitud Total con un coeficiente de determinación de 0.95.....	93
Gráfico 6.19 Fluctuación de la Longitud Parcial bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	95
Gráfico 6.20 Fluctuación del Ancho bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	97
Gráfico 6.21 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre el Ancho con un coeficiente de determinación de 0.96.....	97
Gráfico 6.22 Evaluación de la TCE bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	99
Gráfico 6.23 Evaluación del FCA bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	101

Gráfico 6.24 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre el Factor de Conversión Alimenticia con un coeficiente de determinación de 0.93...	102
Gráfico 6.25 Evaluación del ICC bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	104
Gráfico 6.26 Evaluación de la Mortalidad bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. ....	106

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Regresión Lineal de Trucha Arco Iris en los 120 días de permanencia en el SCRA y sus coeficientes de determinación.....	133
Anexo 2 Análisis de Varianza de los Factores bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un sistema de recirculación de agua.....	135
Anexo 3 Producto Nitrobacter, cepas de bacterias nitrificantes.....	137
Anexo 4 Preparación de bacterias Nitrificantes.....	137
Anexo 5 Medición de peces previo a la incorporación al SCRA.....	137
Anexo 6 Pesaje de los animales adormitados.....	137
Anexo 7 Inclusión de los peces en el SCRA .....	137
Anexo 8 Fase de Laboratorio, determinación de bacterias en el agua.....	137
Anexo 9 Cámara de flujo laminar e implementos de laboratorio.....	137
Anexo 10 Medidor de pH electrónico.....	137
Anexo 11 Oxímetro y termómetro.....	138
Anexo 12 Limpieza de filtro de sólidos.....	138
Anexo 13 Calidad de agua del T4.....	138
Anexo 14 Animales muertos en el T4.....	138
Anexo 15 Corte Transversal de trucha Arco Iris.....	138
Anexo 16 Pesaje de animales de T4 .....	138
Anexo 17 Medición de animales de T4.....	138
Anexo 18 Vista al microscopio de <i>Aermonas sp.</i> Presentes en el T4.....	138
Anexo 19 Tinción gram para bacterias identificación de bacterias.....	139
Anexo 20 Pruebas bioquímicas de Oxidasa.....	139
Anexo 21 Cultivos en medios diferenciales.....	139

## I. RESUMEN

Se estudió la eficiencia de un sistema de recirculación bajo diferentes densidades de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* (10, 20, 30 y 40 kg por m<sup>3</sup>, dos repeticiones). Se utilizaron 4 estanques circulares de autolimpieza con volumen de 1 m<sup>3</sup> de volumen, con un flujo promedio diario total de agua de 0,3 lt/seg. y aireación constante. Un total de 126 truchas arco iris con peso inicial de  $470 \pm 10$ g fueron introducidas en el sistema y alimentadas con alimento balanceado comercial, que contenía 38% de proteína. La fase de campo duró 120 días continuos, divididos en 8 fases de muestreo de 15 días respectivamente. La temperatura, oxígeno disuelto, pH, nitrógeno amoniacal total (NAT), amoníaco, nitrito, nitrato y fosfatos fueron cada 3 días en dos sitios de monitoreo: estanque de peces repetición 1 y 2. Las características fisicoquímicas del agua y la fluctuación de los parámetros jugaron un importante papel en la eficiencia del tratamiento. La temperatura del agua varió de 11 °C a 13 °C y el oxígeno disuelto de 4.1 a 4,6 mg/l. El NAT varió de 0.2 a 1.14 mg/l. La carga de biomasa está en relación directa con los valores de NAT en los tratamientos, con los valores más bajos para 10 kg, comparado con 20 y 30 kg respectivamente. Los resultados mostraron que la reducción de la carga de biomasa de peces, no cambia aparentemente el equilibrio de la población bacteriana del biofiltro. Además, es posible controlar las variables como el NAT, y la concentración de nitrito, manteniendo una adecuada calidad del agua para la trucha arco iris. El mejor tratamiento en cuanto a biomasa y rentabilidad es el tratamiento 3 con 13,66 Kg

*Palabras clave:* *Oncorhynchus mykiss* sistema de recirculación, desnitrificación, carga de peces, trucha arco iris.

## II. SUMMARY

We studied the efficiency of a recirculating system under different densities of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (10, 20, 30 and 40 kg per m<sup>3</sup>, two repetitions). Used 4 self-cleaning circular tanks with a volume of 1 m<sup>3</sup> volume, with a total average daily flow of water of 0.3 lt / sec. and constant aeration. A total of 126 rainbow trout with initial weight of  $470 \pm 10$ g were introduced into the food system and fed commercial feed that contained 38% protein. The field face lasted for 120 days, divided into 8 phases of sampling 15 days respectively. The temperature, dissolved oxygen, pH, total ammonia nitrogen (NAT), ammonia, nitrite, nitrate and phosphate were every 3 days at two monitoring sites: fishpond repeat 1 and 2. The physicochemical characteristics of water and the fluctuation of the parameters played an important role in the treatment efficiency. The water temperature varied from 11 ° C to 13 ° C and dissolved oxygen from 4.1 to 4.6 mg / l. The NAT ranged from 0.2 to 1.14 mg / l. Biomass load is directly related to the values of NAT in treatment, with lower values for 10 kg, compared with 20 and 30 kg respectively. The results showed that reducing the burden of fish biomass, apparently does not change the balance of the bacterial population of the biofilter. It is also possible to control variables such as NAT, and the concentration of nitrite, maintaining adequate water quality for rainbow trout. The best treatment in terms of biomass and profitability is the treatment of 3 with 13.66 Kg.

Keywords: *Oncorhynchus mykiss* recirculation system, denitrification, loading of fish, rainbow trout.

## I. INTRODUCCIÓN

Hoy la acuicultura a nivel mundial se encuentra en franco crecimiento, según proyecciones de FAO en el año 2015 la producción proveniente de la acuicultura será de 74 millones de Tn. (FAO, 2006). Para lograr la sustentabilidad es necesario intensificar los cultivos, valiéndose de tecnología como sistemas de recirculación de agua (SRA) y tratamiento de la misma, optimizando un recurso tan valioso (CENADAC<sup>1</sup>, 2007).

El uso de sistemas de recirculación de agua para la producción acuícola es cada vez más común. Mejoras en la tecnología, cambios en la estructura de precio y en reglamentaciones ambientales han contribuido al aumento de su uso a nivel industrial. En el fomento actual, los sistemas de recirculación se usan a nivel industrial principalmente para la producción de semilla de peces marinos y anádromos, y la producción de animales de aguas cálidas, como tilapia, bagre africano y anguila, principalmente en regiones de clima templado de Norte América y Europa (Piedrahita, 2009).

La mayoría de estos sistemas, incluyen en sus procesos de producción componentes similares que están basados principalmente en la filtración mecánica, en filtros biológicos, en aireación y oxigenación, así como la desinfección del agua mediante el uso y aplicación de luz ultravioleta o bien de ozono.(Segovia, 2010).

---

<sup>1</sup> CENADAC: Centro Nacional De Desarrollo Acuícola



Los sistemas cerrados de recirculación para la acuicultura son importantes para disminuir los requerimientos de agua, ya que se ha demostrado que se puede ahorrar hasta un 90% de agua, en comparación a los sistemas abiertos tradicionales. Estos sistemas además, presentan otras ventajas, ya que permiten ahorrar energía, maximizar la producción de peces y crustáceos bajo limitaciones de agua y de espacio, minimizar los problemas de los efluentes reduciendo así las descargas de desechos al ambiente, controlar y regular los parámetros de la calidad del agua e incrementar la flexibilidad en la localización de sitios para construir instalaciones para la acuicultura (Segovia, 2010).

Según la FAO las principales ventajas de los sistemas de recirculación de agua son la economía en el empleo de espacio y agua, posibilidad de controlar mejor la calidad del agua, viabilidad de una mayor tasa de siembra, y una más alta tasa de producción. La investigación del proyecto de Recirculación de Agua fue realizada en las instalaciones del área de acuicultura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias IASA I, ubicado en la Hacienda el Prado, Cantón Rumiñahui, Parroquia San Fernando, a una altitud de 2748 m.s.n.m. con una temperatura de 13-14 °C.

## II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1 Objetivo General

Optimizar un sistema de recirculación de aguas para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en la etapa de engorde bajo diferentes densidades de carga animal.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Demostrar que los parámetros de calidad de agua en un sistema de recirculación, son permisibles y aptos para una explotación acuícola.
- Establecer la densidad óptima que mantenga los parámetros morfométricos de productividad para trucha arco iris.
- Determinar que tratamiento resulta más económico en la producción de trucha arco iris.

## III. HIPOTESIS.

La implementación del Sistema Cerrado de Recirculación de Aguas en el cultivo de trucha no requiere de una fuente natural constante de abastecimiento.

#### **IV. REVISIÓN DE LITERATURA**

La producción mundial por acuicultura alcanzó un nuevo record, de 63,0 millones de toneladas en el 2005, con un 5,2 % mayor en peso con respecto al año previo y fue evaluada en US \$78,9 billones. En contraste, la captura total proveniente de las pesquerías naturales disminuyó en cuanto a desembarques en un 1,2% hasta alcanzar los 94,6 millones de toneladas para el 2005, habiendo alcanzado la acuicultura un 40% respecto de ella en el 2005 y duplicando su totalidad en peso desde 1995. La tasa promedio de crecimiento ha sido del 8,7% anual a partir de 1950, comparada con el 2,9 % por año de las capturas pesqueras silvestres durante igual período.

Aproximadamente 31,4 millones de toneladas (49,9%) en el 2005, provino de las aguas marinas, seguido por 27,7 millones producidos en agua dulce (44,1%) y un 6% de aguas salobres (SAGPyA<sup>2</sup>, 2007).

Ecuador debido a la variedad de sus regiones y los diferentes pisos ecológicos de su geografía, presenta un ambiente ideal para la producción de trucha arco iris (SAGPyA<sup>3</sup>, 2007).

La implementación del Sistema Cerrado de Recirculación de Agua en el cultivo de trucha no requiere de una fuente natural constante de abastecimiento.

---

<sup>2</sup> SAGPyA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos

<sup>3</sup> SAGPyA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos

### 4.3 CARACTERISTICAS GENERALES TRUCHA ARCO IRIS.

<b>Reino:</b>	Animal
<b>Phylum:</b>	Chordata
<b>Subphylum:</b>	Vertebrata
<b>Superclase:</b>	Pisces
<b>Clase:</b>	Osteichthyes
<b>Subclase:</b>	Actinopterygii
<b>Orden:</b>	Salmoniformes
<b>Familia:</b>	Salmonidae
<b>Género:</b>	<i>Oncorhynchus</i>
<b>Especie:</b>	<i>mykiss</i>
<b>Nombre científico:</b>	<u><i>Oncorhynchus mykiss</i></u>
<b>Nombre común:</b>	Trucha arco iris

### 4.4 ASPECTOS BIOLÓGICOS

Es un vertebrado de vida acuática, que presenta una forma alargada y que respira por branquias. El pez tiene un cuerpo suave, curvado; su contorno de línea es ligeramente suelto, creando la conocida forma aerodinámica, que le permite deslizarse por el agua con la menor resistencia posible al avance.

El nombre de este pez deriva de la peculiar coloración que posee (figura 1), misma que varía en función del medio, de la talla, del sexo, del tipo de alimentación, y del grado de maduración sexual (Phillips, 2006).



**Figura 4.1 Trucha Arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)**

FUENTE: Manual Básico Para El Cultivo De Trucha Arco Iris,

Phillips V *et al.*

#### **4.2.1 Anatomía Externa**

#### **4.2.2 Forma**

Tiene forma fusiforme con simetría bilateral, comprimido lateralmente, aplanado en el sentido dorso-ventral, alargados, ideal para la natación, presentan apéndices especialmente modificados que son las aletas (Phillips, 2006).

##### **4.2.2.1 Línea lateral**

Esta formada por una hilera que recorre por debajo de la piel a lo largo de los flancos, esta relleno de mucus dentro del cual existen cuerpos glandulares denominados neuromásteos<sup>4</sup>, en cuyo cuerpo existen cilios sensoriales los que van a captar los mensajes del exterior (por medio de vibraciones), la presión, salinidad, Temperatura, etc.

---

<sup>4</sup>Neuromásteos: Receptores de la línea Lateral

#### 4.2.2.2 Piel lisa

Esta lubricada por glándulas que segregan una película de gelatina llamada mucus, que tiene la función de defender su cuerpo contra sustancias tóxicas, impide la fijación de parásitos en el cuerpo, le facilita la natación como consecuencia de una disminución de la resistencia al agua, también lo protege del descamamiento (Phillips, 2006).

#### 4.2.2.3 Dimorfismo sexual

Los reproductores al madurar sexualmente llegan a diferenciarse en las siguientes características:

**Cuadro 4.1 Características Externas**

	<b>MACHO</b>	<b>HEMBRA</b>
Boca y mandíbula	Grande y puntiaguda	Pequeña y redondeada
Dientes	Agudos	No muy agudos
Musculatura	Dura	Suave
Abdomen	Duro	Mas blanda
Poro genital	No prominente	Prominente
Color nupcial	Muy negruzco	Normal
Ancho de cuerpo	Angosta	Ancha
Forma de cuerpo	Delgada	Redondeada

FUENTE: Manual Básico Para El Cultivo De Trucha Arco Iris, Phillips V *et al.*

## **4.4 ENTORNO AMBIENTAL**

### **4.4.1 Hábitat**

El hábitat natural de la trucha son los ríos, lagos y lagunas de aguas frías, limpias y cristalinas; la “trucha arco iris” prefiere las corrientes moderadas y ocupa generalmente los tramos medios de fondos pedregosos y de moderada vegetación. Son peces de agua frías, aunque el grado de tolerancia a la temperatura es amplio, pudiendo subsistir a temperaturas de 25°C durante varios días y a límites inferiores cercanos a la congelación (Figueroa, 2009).

### **4.4.2 Distribución**

En el Ecuador se distribuye en casi todos los ambientes de agua dulce de la sierra, al haberse adaptado a los ríos, lagunas y lagos de las zonas alto andinas; su distribución en los ríos se halla continuamente alterada por su gran movilidad, pues migran de una zona a otra, dependiendo de la estación del año, estado biológico, de las horas del día, del tipo de alimento y épocas de reproducción (Figueroa, 2009).

### **4.4.3 Calidad de Agua**

Es importante conocer la calidad de agua que estamos utilizando en la producción de truchas, ya sea en aguas lótica (ríos) o lénticas (lagos), las características físicas y químicas deben permitir desarrollar la acuicultura en forma sostenible (Figueroa, 2009).

**Cuadro 4.2 Parámetros vitales para trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)**

<b>PARÁMETROS</b>	<b>TRUCHA</b>
Oxígeno disuelto	> 5.0 (mg/l)
Salinidad (ppt)	0 – 35
pH	6.4 - 8.4
Alcalinidad (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	30 – 200
Dióxido de carbono (mg/l)	< 2.0
Calcio (mg/l)	> 50
Zinc (mg/l)	<0.04 a Ph 7.5
Cobre (mg/l)	< 0.006 en aguas blandas < 0.3 e aguas duras
Hierro (mg/l)	< 1.0
Amonio no - ionizado (N-NH <sub>3</sub> ) (mg/l)	< 0.03 constante < 0.05 intermitente
Nitrito (N-NO <sub>2</sub> ) (mg/l)	< 0.55
Nitrógeno Total (mg/l)	< 100% saturación
Sólidos Suspendidos (mg/l)	< 80
Sólidos Disueltos (mg/l)	50 -200
Temperatura (°C)	10 – 22

FUENTE: Principios de los Sistemas de Recirculación en Acuicultura, 2010



#### **4.5 SISTEMAS DE CULTIVO EN ACUACULTURA**

Los sistemas de cultivo pueden ser de diferentes tipos, atendiendo a la densidad de siembra, o sea cantidad de peces por superficie y el alimento a utilizar, determinando el tamaño del lugar de destino.

La Acuicultura posee 3 sistemas tecnológicos principales los que describiremos posteriormente: Sistema extensivo, sistemas semi-intensivo y sistema intensivo (Coto, 2009).

Los sistemas INTENSIVOS en acuicultura son ampliamente conocidos y consisten principalmente en el cultivo de peces con utilización de un alto flujo abierto de agua cuyo objeto abarca dos propósitos: a) proporcionar oxígeno a los peces, elemento indispensable para su vida y bienestar y b) retirar los productos de desechos del metabolismo de los animales, para que no se acumulen en el propio cultivo, ni en sus alrededores (SAGPyA, 2007).

#### 4.4.1 Extensivos

**Cuadro 4.3 Características del Sistema Extensivo**

Características del sistema	
Productividad	Baja
Capacidad	700-900 Kg./ha/año.
Modo de producción	Policultivo
Costo	Bajo
Alimentación	Natural

FUENTE: <http://www.mailxmail.com/autor-magaly-coto-2>

#### 4.4.2 Semi-Intensivo

**Cuadro 4.4 Características del Sistema Semi-Intensivo**

Características del sistema	
Productividad	Media
Capacidad	2 TM/ha/año
Modo de producción	Policultivo
Costo	Medianamente económico
Alimentación	Mixto (Natural/balanceado)

FUENTE: <http://www.mailxmail.com/autor-magaly-coto-2>

#### 4.4.3 Intensivo

**Cuadro 4.7 Características del Sistema Intensivo**

Características del sistema	
Productividad	Alta

Capacidad	mayor a 2 TM/ha/año
Modo de producción	Policultivo
Costo	Alto
Alimentación	Balanceado

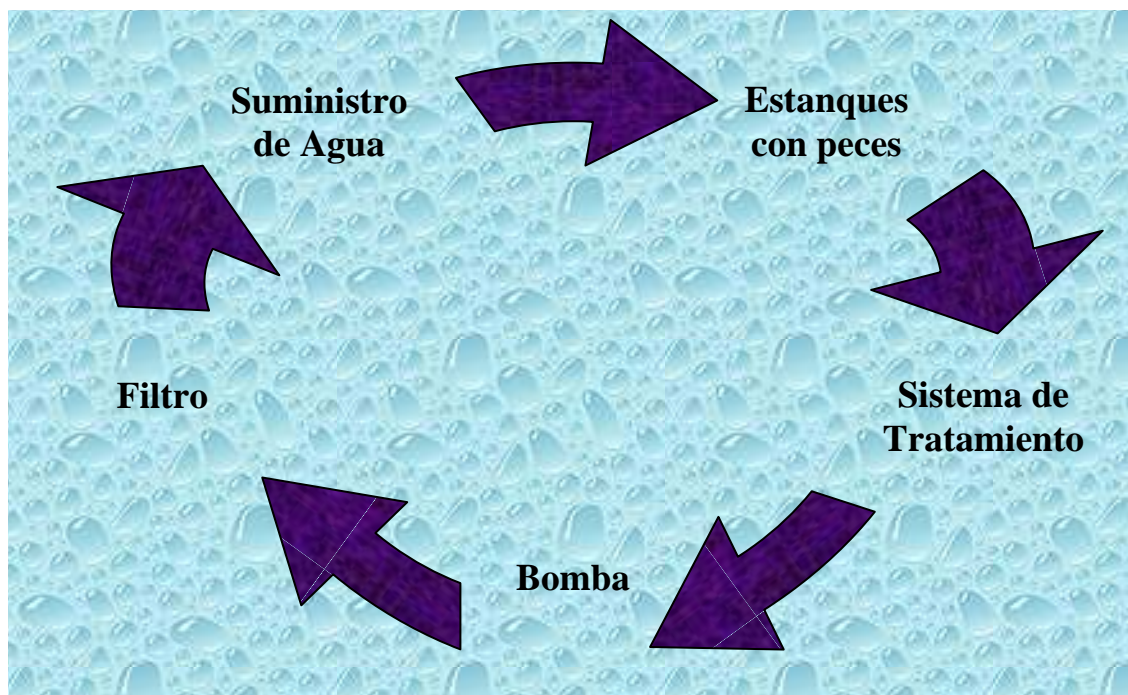
FUENTE: <http://www.mailxmail.com/autor-magaly-coto-2>

## 4.6 RECIRCULACIÓN

La recirculación puede ser definida como “cualquier sistema en donde el agua es usada hasta un punto en el que ya no es adecuada para los peces y necesita ser tratada antes de ser retornada a los mismos”.

### 4.5.1 Principio de la Recirculación

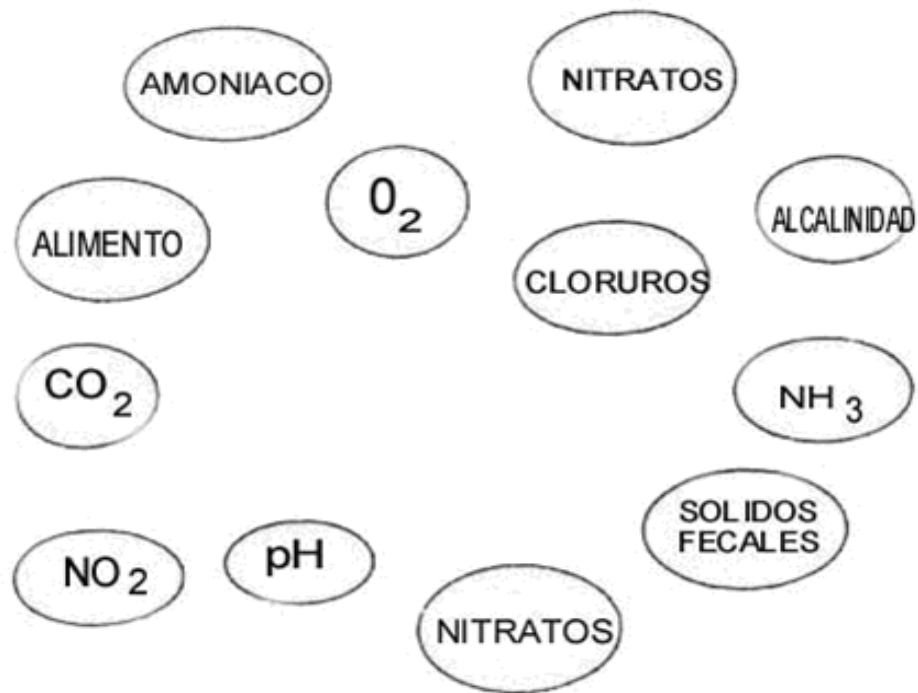
El sistema de recirculación es muy básico para su correcta funcionalidad, comprende del área en la que se encuentran los estanques con peces, luego el sistema de recirculación comprendido por tuberías y canales que llevaran el agua utilizada al sistema de tratamiento para después ser devueltas al suministro de agua que distribuye a los estanques con peces como se lo presenta en la Figura 2, y así continuamente por el periodo que se desee o por el tiempo en que el agua mantenga las condiciones óptimas para la explotación acuícola.



**Figura 4.2 Esquema general de un sistema recirculación**  
FUENTE: David Sarmiento, 2010

En el sistema de tratamiento comprenden varios procesos por los cuales el agua debe pasar. El corazón del sistema es la unidad de tratamiento de agua. A continuación se describen los siguientes procesos a llevar a cabo y además en la Figura 4.3 los compuestos que intervienen en los procesos:

- \* Eliminación de los sólidos de las heces y del pienso no consumido.
- \* Descomposición de los sólidos orgánicos disueltos.
- \* Conversión del amonio (tóxico) en nitratos (nitrificación).
- \* Eliminación del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
- \* Adición de oxígeno (O<sub>2</sub>).



**Figura 4.3** Compuestos presentes en el agua en una piscícola  
FUENTE: David Sarmiento, 2010

En el agua se encuentran elementos y compuestos químicos que son el resultado de explotaciones acuícolas, estos son: Amoniaco, Oxígeno, Anhídrido Carbónico, Nitratos y, Nitritos, Cloruros, etc.

#### **4.5.2 Sistemas de Recirculación de Agua**

En un sistema típico de recirculación, diariamente debe cambiarse una pequeña cantidad de agua, por nueva agua que ingresa al sistema, procediendo así al control de los nitratos (que se descartan), reemplazando el agua que se pierde por evaporación y lavado de los filtros. Las opciones para ello son numerosas y se ejercen por medio de procesos de naturaleza física, química y biológica.

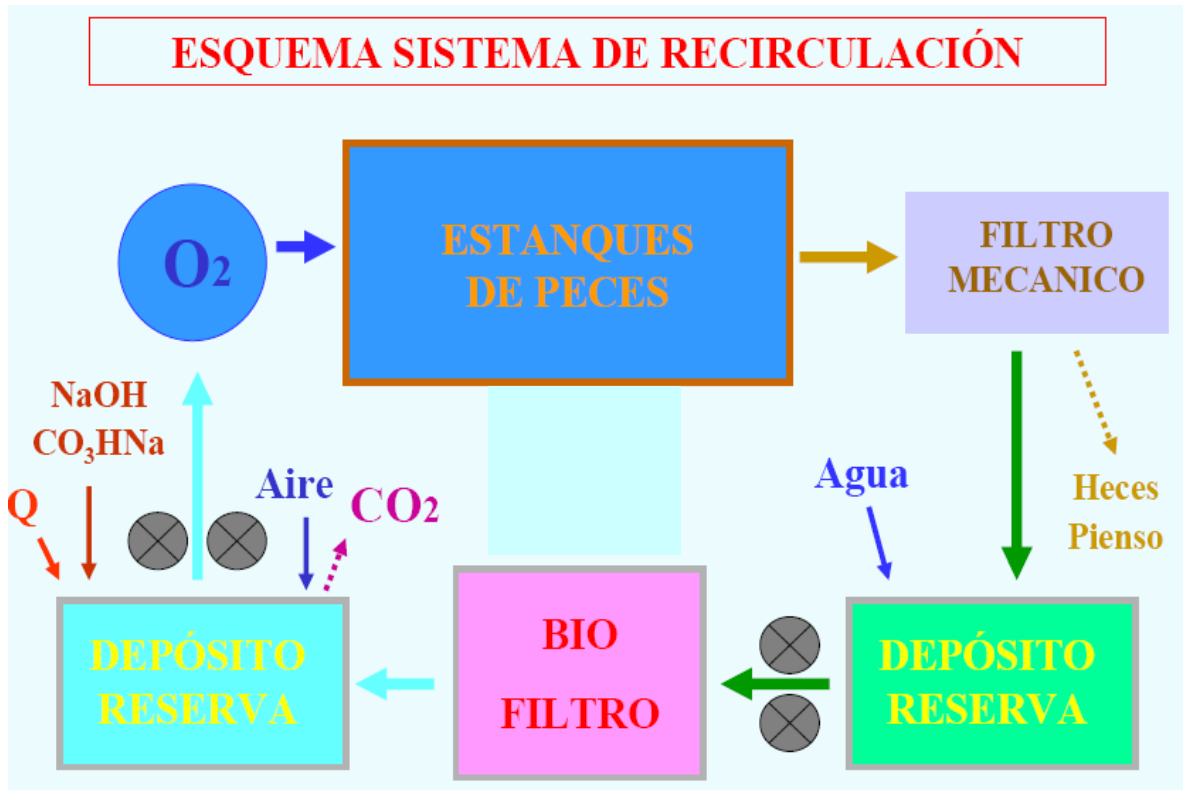
**Cuadro 4.6 Procesos de un Sistema de Recirculación de Agua**

<b>FÍSICOS</b>	<b>QUÍMICOS</b>	<b>BIOLÓGICOS</b>
Sedimentación	Aireación	Nitrificación
Filtración por arena	Inyección de oxígeno puro	
Centrifugación	Control de alcalinidad y dureza del agua. Control del pH	
Control de temperatura	Adsorción de carbono	Desnitrificación
Esterilización por UV	Ozonización	
	Osmosis inversa	
Por medio de pantallas	Degasificación	
	Intercambio de iones	

FUENTE: Segovia Milton, 2010, III Curso Virtual de Recirculación

### **4.5.3 Sistema Cerrado de Recirculación de Agua (SCRA)**

Este sistema consiste en que el agua pase por los estanques de peces, el agua se vuelve a utilizar eliminándose sólo una pequeña cantidad; por lo tanto la ventaja está clara: se consigue un ahorro de agua.



**Figura 4.4 Esquema de sistema de Recirculación**

FUENTE: Jover M. "SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN EN ACUICULTURA CONTINENTAL", Expo Zaragoza 2008.

Los principales problemas de un sistema de recirculación cerrado son:

- Inversión inicial.
- Complejidad.
- Efectos crónicos subletales por exposición a amonio y dióxido de carbono.
- Mayor dificultad para obtener financiamiento.
- Filtración ineficiente.

#### **4.5.4 Procesos del Sistema de Recirculación de Agua**

Los peces producen desechos que degradan la calidad del agua en la que se los cultiva. Los principales desechos que ejercen un efecto negativo sobre esta calidad son: amoníaco, anhídrido carbónico, materia fecal y otros provenientes del metabolismo de los animales, además de los desperdicios del alimento ofrecido.

La materia orgánica (heces) también se degrada, produciendo una cantidad apreciable de amoníaco, nitritos y nitratos. En sistemas cerrados, sin recirculación, el efecto de estas sustancias hace disminuir el pH del agua, consume todo el oxígeno disuelto existente, aumenta la turbidez y convierte al agua en un medio inhóspito para la vida de los peces.(Jover, 2008).

##### **4.5.4.1 Eliminación de sólidos (heces y pienso)**

Cuando se hace mención a la “clarificación primaria”, el término se refiere a la remoción de sólidos, que puede cumplirse mediante uno o varios procesos (colocación de filtros, sedimentación o filtración granular media). Es importante retirar los sólidos suspendidos, antes de proceder al filtrado biológico, que actúa como “corazón” del sistema (Segovia, 2010).

##### **4.5.4.2 Eliminación de amonio**

El Oxígeno disuelto, Temperatura, NAT (Nitrógeno Amoniacal Total), Nitritos, Nitratos, pH, CO<sub>2</sub>, Dureza, Alcalinidad, Relación Carbono/Nitrógeno y Salinidad son



factores que actúan uno en correlación con el otro por lo que cualquier cambio que se realice en uno variará el resultado de los demás (Parada, 2007).

Para eliminación de Amonio hay que tomar en cuenta primero la cantidad de sólidos que deja pasar el filtro de sólidos, ya que siempre existen sólidos suspendidos en el agua. Este va a ser el primer factor con el que se va a trabajar, ya que es relativo el contenido amoniaco con el contenido de sólidos, al igual que disminuye el pH. El Amoniac (NH<sub>3</sub>) es la forma mas tóxica en la que se manifiesta el Nitrógeno y en los peces se puede producir metamoglobunemia<sup>5</sup> (Segovia 2010)

La utilización de biofiltros de nitrificación para eliminar el Amoniac se justifica en el hecho que los peces toleran cientos de veces más NO<sub>3</sub><sup>6</sup> que NO<sub>2</sub><sup>7</sup>, y decenas de miles de veces más que NH<sub>3</sub><sup>8</sup>. Por esta razón, la conversión del NAT a NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, detoxifica el agua, y ésta puede retenerse en el sistema hasta acumular mayores niveles del Nitrógeno excretado (Parada, 2007).

#### **4.5.4.3 Biofiltro.**

Cumple la función de oxidar el amonio de alta toxicidad a NO<sub>3</sub> de muy baja toxicidad, mediante la acción de bacterias.

---

<sup>5</sup> Metamoglobunemia: Trastorno sanguíneo en el cual el cuerpo no puede reutilizar la hemoglobina después de que ésta se daña.

<sup>6</sup> NO<sub>3</sub>: Nitrato

<sup>7</sup> NO<sub>2</sub>: Nitrito

<sup>8</sup> NH<sub>3</sub>: Amonio

Algunas de las condiciones necesarias para obtener un buen funcionamiento del biofiltro es:

- Proporcionar suficiente superficie para colonizar.
- Asegurar que el agua a tratar se distribuye homogéneamente en el relleno y no se generan canalizaciones.
- Seleccionar un buen sistema para la eliminación de sólidos suspendidos antes de pasar el agua por el biofiltro.
- Asegurar que no existan limitantes ambientales/nutricionales para el desarrollo de las bacterias nitrificantes.
- Eliminar los sólidos suspendidos y el alimento no ingerido lo mas tempranamente posible minimizando la lixiviación de nutrientes orgánicos disueltos.
- Seleccionar un buen alimento, balanceado y que genere heces firmes.
- Minimizar las pérdidas de alimento (Parada, 2007).

#### **4.5.4.4 Biofiltro de película descendente**

Consiste en un compartimiento empacado con un relleno de soporte que puede ser plástico, cerámico, o simplemente piedras. El agua a tratar se distribuye en la superficie superior del relleno. El agua cae por gravedad generando una película sobre el material de relleno en el cual crecerán las bacterias. El sistema no es inundado lo cual permite realizar en forma simultánea intercambio de gases con el aire (Parada 2007).



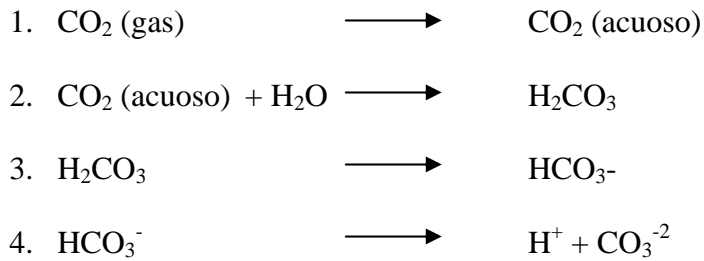
**Figura 4.5 Biofiltro de película descendente**  
FUENTE: SERA CIA. Ltda.

#### **4.5.4.5 Des gasificación**

La des gasificación es un proceso muy complejo ya que existen muchos factores importantes y como ya aclaramos antes todos estos se encuentran relacionados entre si, en esta etapa de la recirculación lo mas importante es controlar la cantidad de Dióxido de Carbono (gas) presente en el agua.

El método mas eficiente utilizado para eliminar este gas es la aireación ya sea por remolinos, cascadas, etc.(Segovia, 2010).

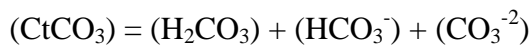
Este gas es el causante de la acumulación de carbono en el medio por lo que al estar en presencia del Oxígeno va a formar Acido Carbónico ( $H_2CO_3$ ), esto va a afectar la alcalinidad del agua y por ende el pH bajará. Aquí la importancia de eliminar gases y evitar que el pH disminuya, y la amortiguación del agua se mantenga en equilibrio.



$\text{H}_2\text{CO}_3$ : Acido Carbónico

Total Carbonato

$\text{HCO}_3^-$ : Ion Bicarbonato



$\text{CO}_3^{-2}$ : Ion Carbonato

(Segovia 2010)

#### **4.5.4.6 Aporte de oxígeno**

La disponibilidad de oxígeno influye directamente en el desarrollo de los peces. Su control es una de las claves del éxito de la acuicultura. El oxígeno permite aumentar el rendimiento de producción. (Parada 2007).

Para cubrir las necesidades fisiológicas básicas (mantenimiento, movimiento) y para garantizar su crecimiento, el pez utiliza la energía obtenida por la oxidación de los alimentos (gracias al oxígeno disuelto en el agua).

La disponibilidad de oxígeno permite:

- Aprovechar mejor los alimentos (mejor índice de transformación).
- Mejorar el crecimiento de los peces y aumentar la resistencia ante los agentes patógenos(Parada, 2007).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 MATERIALES

Los materiales que se utilizaron para el proyecto de recirculación son económicos y de fácil acceso, que brindan excelentes condiciones para el desarrollo de los peces, estos materiales se describen en el Cuadro 5.1:

**Cuadro 5.1. Descripción de Materiales de Campo**

MATERIALES	CANT	CARACTERÍSTICAS
Tanques	4	Tanques de Polietileno cilíndricos con capacidad de 0.5 m <sup>3</sup>
Tanques	4	Tanques de Polietileno cilíndricos rectangulares de 120 lts.
Tubería agua	9m	Tubería plástica de 3/4 pulgadas de diámetro marca (plastigama).
Tubería aire	6m 4m	Tubería plástica de 1 pulgada de diámetro marca (plastigama) . Tubería plástica de 1/2 pulgada de diámetro marca (plastigama).
Tinas	4	Tinas plásticas con capacidad de 40 lts.
Switchers	2	Switchers de luz de 110 w.
Cable	25m	Cable de Luz (Sucre) No 10.
Fundas sello hermético	50	Fundas Ziploc.
Piedra Pómez	2 Kg.	Piedra pómez aplanada.
Piedras difusoras	8	Piedras esféricas para proporcionar Oxígeno.
Bandejas	2	Bandejas de plástico.
Botas de caucho	1	Par de Botas de Caucho impermeables.
Cepillos	2	Cepillos plásticos de mano.
Filtro de Sólidos	3	Filtros marca PURIAQUA para la retención de los sólidos que se escapan del biofiltros.

Escobas	1	Escoba plástica para limpieza.
Guantes de caucho	1	Par de guantes de caucho impermeables.
Cuaderno de Campo	1	Carpeta con hojas cuadrículadas para toma de datos.
Mangueras	6 m	Manguera plástica de 7mm para oxígeno.
Truchas arco iris (unids)	126	Peces de 425 g de media con una desviación Estándar de 10 g.

**Cuadro 5.2 Descripción de Insumos del Proyecto de Recirculación**

INSUMOS	CANT	CARACTERÍSTICAS
Balanceado de truchas N° 5	86,72 Kg	Línea BIOMIX, 5mm de diámetro, con carotenos sintéticos y vitaminas disponibles, 44% proteína y 14% lípidos.
Esencia de clavo de olor	5 ml	Frasco de esencia de clavo de olor de 5 ml (eugenol).
Sal	30 Kg.	Sal en grano (NaCl).
Jabón de yodo	500 ml	Jabón para la desinfección de piscinas e instrumentos.

**Cuadro 5.3. Descripción de Equipos de Campo**

EQUIPOS	CANT	CARACTERÍSTICAS
Bombas	3	TENKO de 0.5 HP, caudal 0.3 l/s, succiona el agua de un tanque de reserva y la devuelve al tanque de producción.
Oxímetro	1	YSI Incorporated (550 DO), mide la cantidad de Oxígeno disuelto en el agua.
Medidor de pH	1	Waterproof pH & EC, mide la alcalinidad o acidez .
Blower	1	0.5 caballos de fuerza, incorpora el oxígeno en el sistema de recirculación.
Temporizador	1	GLOBER, boyas de nivel encargadas de reponer el agua del sistema de recirculación.

Balanza	1	Balanza electrónica de 5 Kg.
Balanza	1	Balanza analítica METTLER PM100.
Termómetro	1	Termómetro manal de Mercurio.

**Cuadro 5.4 Descripción de Materiales de Laboratorio**

<b>MATERIALES</b>	<b>CANT</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Mechero	1	Mechero de alcohol.
Asa de platino	1	Asa de platino.
Cajas petri	20	Cajas bipetri plásticas.
Frascos de vidrio (250 ml)	1	Frascos de vidrio.
Vaso de vidrio	2	Vasos de precipitación de vidrio (60 ml).

**Cuadro 5.5 Descripción de Reactivos de Laboratorio**

<b>MATERIALES</b>	<b>CANT</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Yodo de Gram	5ml	Yodo de Gram. Laboratórios Nobalto.
Violeta de genciana	5ml	Violeta de genciana, Laboratórios Nobalto.
Safranina	5ml	Safranina, Laboratórios Nobalto.
Alcohol cetona	5ml	Alcohol cetona, Laboratórios Nobalto.
Alcohol potable	100ml	Alcohol metílico al 70%.

**Cuadro 5.6. Descripción de Equipos de Laboratorio**

<b>EQUIPOS</b>	<b>CANT</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Incubadora	1	Cámara Incubadora Marca “memmert” .
Autoclave	1	Estufa Marca “Ecocell”.
Microscopio	1	Microscopio electrónico Marca OLYMPUS

**Cuadro 5.7 Insumos de Oficina**

<b>EQUIPOS</b>	<b>CANT</b>
Cámara fotográfica digital SONY Cybershot 7,2 MP.	1
Calculadora.	1
CD-R y CD-RW	5
Esferos, Lápices, Marcadores	5
Hojas de papel bond	500
Impresora	1
Libreta de apuntes	1
Libros de consulta	5

## **5.2 METODOLOGÍA.**

### **5.2.1 Ubicación del Lugar de Investigación**

#### **5.2.2.1 Ubicación Política**

El área de estudio se encuentra ubicada en la provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, Parroquia San Fernando, Hacienda El Prado (IASA I).

#### **5.2.2.2 Ubicación Geográfica Hda. el Prado**

Longitud: 78° 24' 44''  
Latitud: 0° 23' 20'' (S)  
Altitud: 2748 m.s.n.m



### **5.2.2.3 Clasificación Ecológica Hda. el Prado**

La Hda. El Prado se encuentra en el piso altitudinal Montano Bajo, Región latitudinal Templada, zona de vida Bosque Húmedo, Clasificación Bioclimática Húmedo – Templado, Provincia de Humedad Húmedo, temperatura 13.89 °C (promedio anual), precipitación anual 1285 mm/año, y humedad relativa promedio 69.03 % (promedio anual).

### **5.2.2.4 Localización del experimento.**

La fase experimental del proyecto de investigación de tesis se llevó a cabo en el Proyecto de Acuicultura, Sector Pailones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias IASA I, ubicado en la provincia de Pichincha Cantón Sangolquí en el Sector de San Fernando a 12 Km. De la Parroquia Selva Alegre.



**Figura 5.1. Vista panorámica del Proyecto de Acuicultura, Pailones, IASA I**

### **5.2.2 Tipo de Investigación**

Esta investigación se la ha realizado de manera explicativa para así poder entender todos aquellos fenómenos que se suscitaron dentro del desarrollo de la tesis desde su construcción, pasando por todos los procesos de acoplamiento, recolección de datos y análisis de los mismos a través de herramientas estadísticas y un diseño experimental completamente al azar.

### **5.2.3 Métodos**

Para llegar al diseño del sistema de recirculación se realizó una recopilación bibliográfica, sobre temas puntuales que ayudaron al buen desenvolvimiento del proyecto de tesis. Con estos datos se determinó las características del ciclo de tratamiento de aguas residuales, los cuales eliminaron la contaminación indicada según los parámetros obtenidos.

Este sistema de tratamiento consistió en un sistema de filtración, unidad biológica, sistema de desgasificación, oxigenación, y desinfección.

El caudal que se utilizó para el proyecto es de 0.3 l/s, con un recambio total de agua en una hora, en cada tanque se inyectó 6 mg/l. de aire, por medio de un compresor (Blower) de 0,5 caballos de fuerza, que suministro el aire a todo el sistema.

### **5.2.3.3 Flujo del proceso**

La elaboración del Sistema de Recirculación de Agua se realizó en 4 tanques de 1m<sup>3</sup>, estos tanques se encontraron adecuados con sistemas de tubería y eléctrico correspondientes. Las bacterias que se utilizaron para la desnitrificación y limpieza del sistema fueron *Nitrosomonas sp.* y *Nitrobacter sp.* Las bacterias fueron reproducidas en el laboratorio y luego insertadas en el sistema.

La introducción de los peces se la realizó previo a una clasificación de parámetros morfométricos y fenotípicos rescatando las características más homogéneas para luego introducirlos en los respectivos tanques según las densidades correspondientes.

La toma de datos fue diaria según el cronograma de actividades que se detalla mas adelante, para luego realizar la recopilación de estos y la presentación de los resultados.

### **5.2.3.4 Evaluación de los procesos**

El sistema de recirculación de agua estuvo ubicado en el Sector de Pailones de la Carrera Ciencias Agropecuarias IASA I - ESPE, Sangolquí, Ecuador. Se encontró conformado de 6 estaciones de muestreo y dos que estuvieron con el sistema tradicional (Testigo).

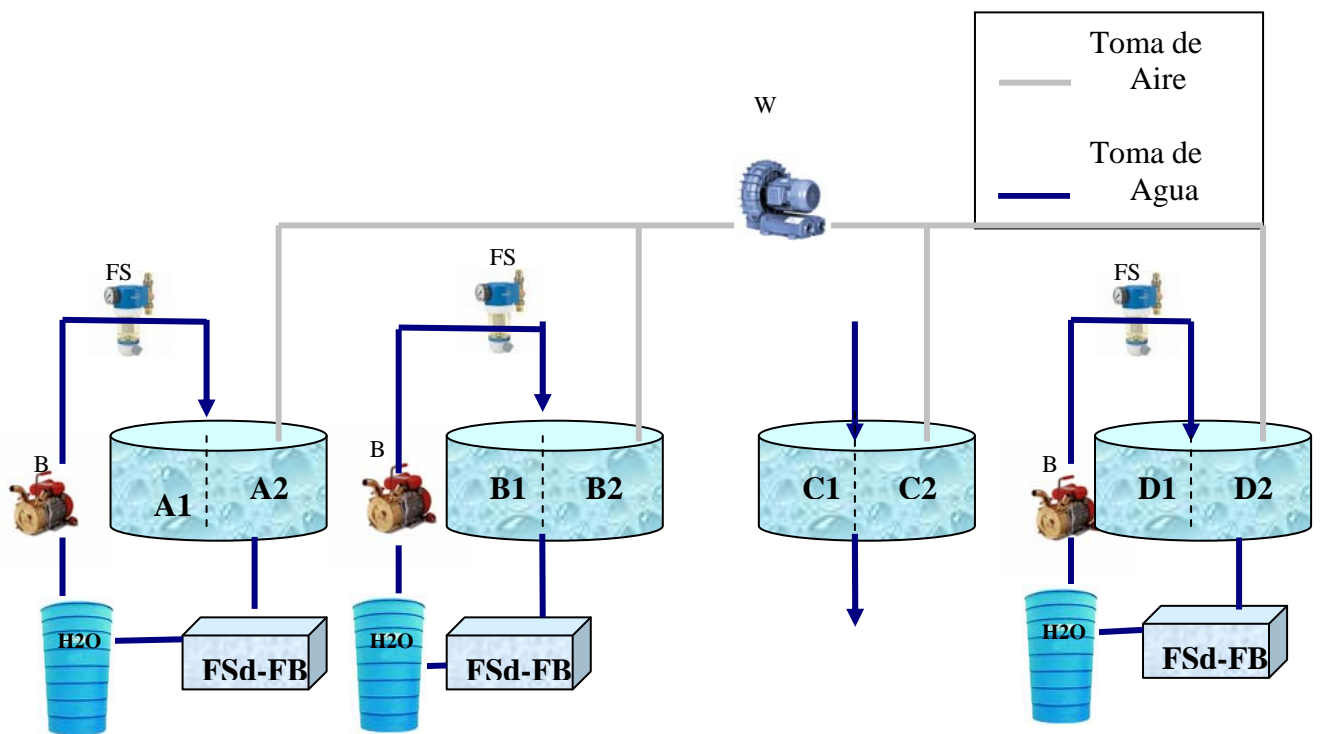


Figura 5.2. Esquema del diseño de SCRA

Esquema del sistema cerrado utilizado en este trabajo. Sin escala. A = 20 Kg., B = 30 Kg., C = 10Kg., D = 40 Kg., FSd = Filtro de Sedimentación de Sólidos, FB = Filtro Biológico, FS = Filtro de Sólidos, H2O = Tanque de reposo de Agua, B = Bombas 0,5 HP, W = Blower.

Los organismos utilizados son truchas (*Oncorhynchus mykiss*) de 430g. y se los llevó a un peso comercial de 800 g, ubicados en 4 estanques de  $1\text{m}^3$ , en densidades de  $10\text{Kg}/\text{m}^3$  (14 unidades),  $20\text{ Kg.}/\text{m}^3$  (26 unidades),  $30\text{ Kg}/\text{m}^3$  (18 unidades) y  $40\text{ Kg}/\text{m}^3$  (50 unidades). Respectivamente distribuidos.

La elaboración del biofiltro fue previa a la construcción del SCRA, primero se reprodujo colonias de bacterias nitrificantes para posteriormente ser utilizadas en un biofiltro de película descendente que consiste en un compartimiento empacado con

un relleno de soporte, piedra pómez. El agua a tratar se distribuye en la superficie superior del relleno. El agua cae por gravedad generando una película sobre el material de relleno en el cual crecieron las bacterias. El sistema permite realizar en forma simultánea intercambio de gases con el aire.

La construcción del sistema estuvo ubicada bajo techo en condiciones controladas para realizar una mejor toma de los datos que se encuentran en el cuadro 5.8:

**Cuadro 5.8. Parámetros medibles en el proyecto**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>FRECUENCIA</b>
OD <sup>9</sup>	1 vez/ día
NH <sub>3</sub>	Cada 3 días
NO <sub>2</sub>	Cada 3 días
NO <sub>3</sub>	Cada 3 días
pH	1 vez/día
TEMPERATURA	1 vez/día
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	Cada 3 días

La evaluación de los tratamientos se realizó llevando un seguimiento diario de la mortalidad, así como también un análisis quincenal de los parámetros morfométricos como son longitudes (Long. total, Long. parcial, ancho) y peso.

Se llevó un registro quincenal del peso de los peces por medio de una balanza electrónica de precisión con el fin de ser lo mas exactos en las mediciones, estos datos de peso ayudaron a proporcionar las dietas exactas de alimento suministrado durante el periodo del experimento.

---

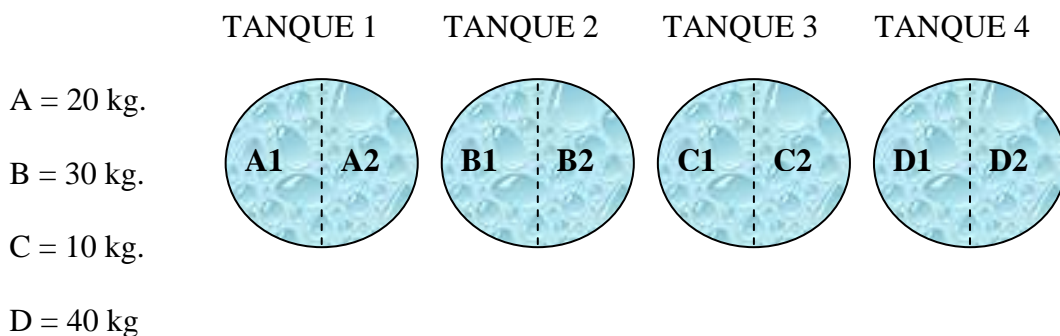
<sup>9</sup> OD: Oxígeno Disuelto

Los peces fueron alimentados con balanceado comercial, con un contenido de 44% proteína y 14% lípidos, este alimento fue administrado en tres raciones iguales en las siguientes horas 9:00 h – 12:00h y 16:00h.

### 5.2.5 Diseño Experimental

La toma de datos de calidad de agua, se lo realizó diariamente durante 2 meses las 24 horas, hasta observar el comportamiento del sistema en la noche y después cada 6 horas desde las 07:00 h hasta las 22:00 h, en los estanques y cada tres días en los filtros.

Se ubicó las diferentes densidades en 4 tanques. Estos tanques fueron expuestos a experimentación por un tiempo, 4 meses aproximadamente o hasta que los animales lleguen a un peso promedio de 800g.



**Figura 5.3:** Esquema de Tratamientos a comparar

### 5.2.4.1 Factor a probar

Densidades que se evaluarán en el sector de Pailones, 2010:

**Cuadro 5.9 Factores tomados en cuenta bajo un Sistema de Recirculación de Agua**

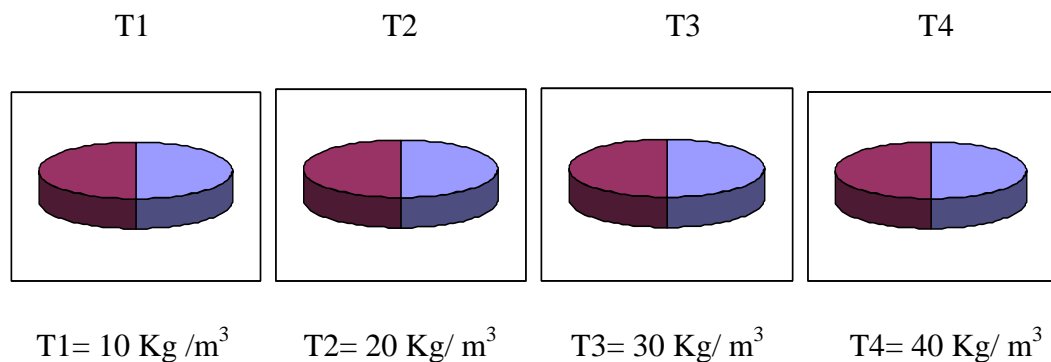
FACTOR	R1	R2
D1 S	20 Kg.	20 Kg.
D2 S	30 Kg.	30 Kg.
D3 S	40 Kg.	40 Kg.
C	10 Kg.	10 Kg.

**D1**= Densidad de 20 kg/m<sup>3</sup>. **D2**= Densidad de 30 kg/m<sup>3</sup>. **D3**= Densidad de 40 kg/m<sup>3</sup>. **C** = Control de 10 kg/m<sup>3</sup> **S**= Sustrato Piedra pómez

Numero Total de Animales 126 unidades

### 5.2.4.2 Tratamientos a comparar

Cada una de las densidades colocadas en los tanques respectivos, con biofiltro de sustrato (piedra pómez)



**Figura 5.4** Esquema de Tratamientos a comparar

### 5.2.4.3 Descripción de los tratamientos

**Cuadro 5.10. Descripción de tratamientos**

N°	NOMENCLATURA	DENSIDAD Kg/m <sup>3</sup>
T1	T1R1	10
T2	T1R2	10
T3	T2R1	20
T4	T2R2	20
T5	T3R1	30
T6	T3R2	30
T7	T4R1	40
T8	T4R2	40



**Figura 5.5 Construcción de Tanques de Producción IASA I**

### 5.2.4.4 Repeticiones

Se realizó 2 repeticiones en cada tratamiento para obtener resultados representativos que ayuden a la parte estadística y así obtener resultados de significancia.



#### 5.2.4.5 Tipo de diseño

Para este proyecto se aplicó un diseño experimental completamente al azar con dos repeticiones.

Factor: Densidades

El modelo matemático a utilizarse será el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + e_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = variable aleatoria

$\mu$  = media general

$B_i$  = efecto del i-ésimo bloque

$T_j$  = efecto del j-ésimo tratamiento

$e_{ijk}$  = error experimental

#### 5.2.4.6 Características de las unidades experimentales

Las unidades experimentales establecidas en el proyecto de tesis están representados por truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) a los cuales se les aplicaron los tratamientos antes mencionados.

Número de unidades experimentales :	126 truchas arco iris c/u de 426,95gr.
Desviación Estándar :	+/- 10gr.
Longitud Total :	31 cm.
Longitud Parcial :	28 cm.
Ancho :	7 cm.
Forma de la UE <sup>10</sup> :	Cuerpo de forma curva

**Cuadro 5.11. Descripción de las Unidades Experimentales**

	Tratamientos	Nomenclatura	# Animales
Densidad 10 Kg/m <sup>3</sup>	T1	T1R1	7
	T2	T1R2	7
Densidad 20 Kg/m <sup>3</sup>	T3	T2R1	13
	T4	T2R2	13
Densidad 30 Kg/m <sup>3</sup>	T5	T3R1	18
	T6	T3R1	18
Densidad 40 Kg/m <sup>3</sup>	T7	T4R1	25
	T8	T4R1	25

**Cuadro 5.12. Fuentes de variación del ADEVA<sup>11</sup> y sus respectivos grados de libertad**

Fuente de Variación	Grados de libertad
TOTAL	5
TRATAMIENTOS	2
REPETICIONES	1
ERROR EXPERIMENTAL	2

### **5.2.11 Análisis Funcional y Pruebas de Significancia**

Para el cálculo del error experimental se ayudó del Coeficiente de Variación (% CV).

El coeficiente de Variación (%CV) indica la variabilidad entre los tratamientos y

<sup>10</sup> Unidad Experimental

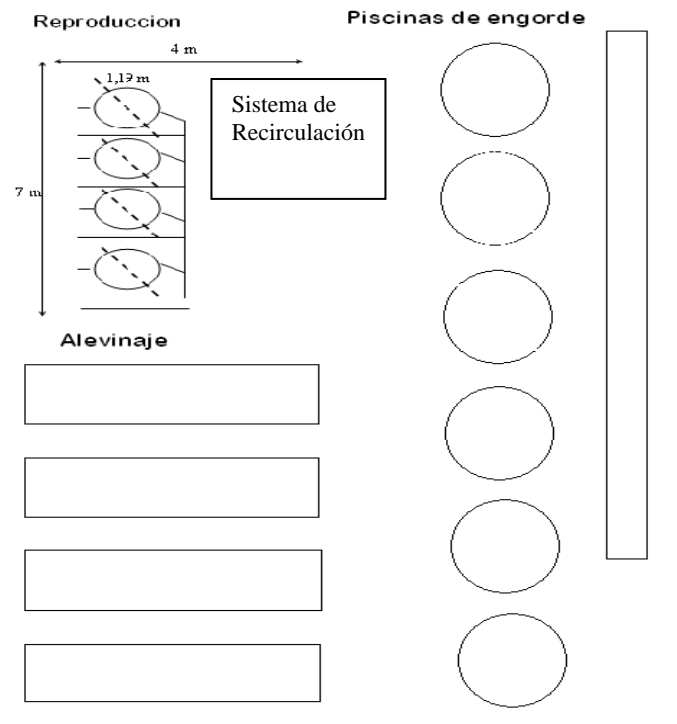
<sup>11</sup> ADEVA: Análisis de Varianza

repeticiones y de esta manera se identifica cuales son los mejores tratamientos mediante las prueba de comparaciones de Duncan<sup>12</sup> al 1% y 5%.

### 5.2.12 Descripción del Área de Trabajo

Área total del ensayo	:	28 m <sup>2</sup>
Largo	:	7 m
Ancho	:	4m
Forma del ensayo	:	Rectangular

### 5.2.13 Croquis del Diseño



**Figura 5.6** Croquis del Diseño

<sup>12</sup> Duncan: Comparación estadística para las medias de los tratamientos

Finalmente todos los datos recogidos en el periodo de realización del proyecto fueron tabulados y así se determinó la mejor condición de optimización del sistema.

### 5.2.14 Variables a Medir

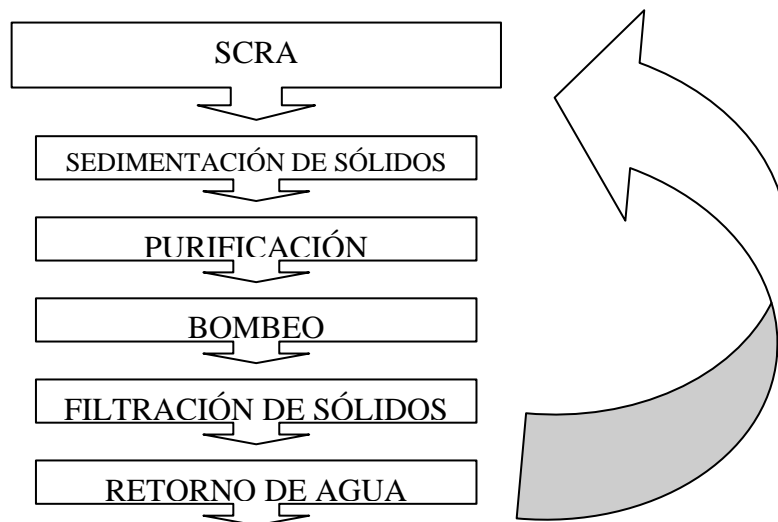
**Cuadro 5.13 Variables a medir**

<b>Variables agua</b>	<b>Factor a determinar</b>	<b>Detalle</b>
NAT	ppm de Nitrógeno Amoniacal	Pastillas Palintest Photometer Nitricol, Nitrate
Fosfatos	ppm de Fosfatos	Pastillas Palintest Photometer Phosphate
CO <sub>2</sub>	ppm de Dióxido de Carbono	Mediante Estequiometría por disociación del ácido carbónico.
O <sub>2</sub>	Ppm	Medición de Oxígeno contenido en el agua, mediante el Equipo YSL Incorporated.
pH	Acides o alcalinidad del Agua	Por medio del pH-metro electrónico, Waterproof
<b>Variables animales</b>	<b>Factor a determinar</b>	<b>Detalle</b>
Biomasa	Kg. de carne obtenidos	Medición de parámetros morfométricos a la población cada 10 días con la ayuda de: balanza electrónica y regla de medición. Verificar la escritura.
Lt	Longitud total	
Lp	Longitud Parcial	
At	Altura total	
M%	Tasa de Mortalidad	El cálculo se lo realizará mediante la fórmula $TM = 5,7/(N-0,81)$ donde: TM = Tasa de Mortalidad, N= Edad en meses.
TCE %	Tasa de crecimiento	$TCE = (L_n W_{xf} - L_n W_{xi}) / t(\text{días}) * 100$ W <sub>xf</sub> = peso(g), W <sub>xi</sub> = peso inicial (g), t= días de crianza L <sub>n</sub> = logaritmo natural
FCA	Conversión	FCA = Total de alimento ingerido/Biomasa

	Alimenticia	$ganada + ((W_{xf} + W_{xi}/2) * \text{animales muertos})$
ICC %	Índice de Condición Corporal	$ICC = (P/Lt^3) * 100$ donde: P = peso corporal (g), Lt = longitud total (cm)
P(g)	Peso	Para el cálculo del peso en un determinado tiempo se utilizará la fórmula $P_n = P - 1(1 + TN/CT)$ donde: Pn = Peso, P-1 = Peso en el período precedente, TN = % alimentación CT = Coeficiente de Transformación

### 5.2.15 Métodos Específicos de Manejo del Experimento

Estas actividades se llevaron a cabo de acuerdo con el siguiente flujo de procesos:



**Figura 5.7** Flujo de procesos

## **5.2.16 Procedimientos y Protocolos**

### **5.2.10.16 Construcción del sistema de recirculación de agua**

En un área de 28 m<sup>2</sup>, se instaló los sistemas de recirculación de agua para cada tratamiento, de una manera homogénea para evitar variables en el comportamiento de las Unidades Experimentales. Se construyó previamente las bases de apoyo para los tanques, fabricadas de madera de eucalipto resistente al agua. Los tubos PVC fueron cortados y armados en el sitio. El sistema eléctrico se constituyó en un circuito cerrado de electricidad, compuesto por 2 breakers, uno para las bombas de agua y otro para el blower, además en cada tratamiento se contó con 2 filtros para agua.

### **5.2.10.17 Identificación del experimento y de tratamientos**

La identificación del proyecto se la realizó según la nomenclatura ya expuesta anteriormente para tratamientos previo a un sorteo de tratamientos. Se utilizó carteles emplastados que fueron pegados en los respectivos tanques identificando los tratamientos, las densidades y la cantidad de animales que se encuentran las dimensiones de los letreros son 21cm x 30cm.

En la parte superior de manera visible se colocó un cartel impreso el título de la tesis de dimensiones 90 cm x 21 cm.



**Figura 5.8 Identificación del Proyecto y Tratamientos**

**5.2.10.18 Estandarización de protocolos para el funcionamiento**

Previo a el ingreso de los animales se realizó la estandarización de protocolos para su buen funcionamiento, dentro de esto estuvo el recambio de agua que tiene que ser mínimo del 100% / hora por lo que se tubo que regular la salida de agua y probar el sistema antes de la entrada de los animales por 24 horas. El buen funcionamiento de las boyas de nivel para que la activación de las bombas de agua sea precisa y la incorporación de Oxígeno mediante el blower.

**5.2.10.19 Producción de bacterias nitrificantes.**

La producción de bacterias Nitrificantes se la realizó en laboratorio, el objetivo de esta es la descomposición del amonio producido, en compuestos no tóxicos para

trucha arco iris. Se obtuvo los protocolos de producción de bacterias con la ayuda de un compuesto concentrado de *Nitrosomonas sp.* y *Nitrobacter sp.* utilizado en camaroneras. Las recomendaciones de fábrica fueron de 5ml de producto con 1 ml de melaza, 500 ml de agua y dejar reposar por 4 días hasta que se desarrollen las colonias de bacterias, luego aplicar en el biofiltros del sistema. La dosis formulada es para los 3 tanques de tratamientos.

#### **5.2.10.20 Obtención de los animales**

Los peces fueron obtenidos del proyecto de acuicultura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias IASA-ESPE y clasificados en un principio con un clasificador flotante de peces con barras laterales según su porte.

Luego de ser separados los animales se los anestesió con una solución de esencia de clavo de olor al 5% para pesarlos y medirlos.

Se pesó los animales con la ayuda de una balanza electrónica y se los midió con una tabla de medición, los pesos iniciales de los animales tuvieron una media de 426,95 g con una desviación estándar de + - 10 g. Obteniendo animales lo mas homogéneos y así poder tener datos lo mas exactos.

#### **5.2.10.21 Introducción de los animales al SCRA.**

Una vez clasificados se realizó una desinfección de los animales en agua sal a un 40% de concentración, con el fin de eliminar los hongos que pueden traer los peces,



luego se procedió a colocar los peces en los tanques de manera al azar en las cantidades correspondientes.

<b>Tratamientos</b>	<b>R1/R2</b>
T3 = 40 Kg/m <sup>3</sup>	25/25 peces
T1 = 20 Kg/m <sup>3</sup>	13/13 peces
C = 10 Kg/m <sup>3</sup>	7/7 peces
T2 = 30 Kg/m <sup>3</sup>	18/18 peces

#### **5.2.10.22 Análisis del agua**

Se realizaron análisis diarios de temperatura, pH, Oxígeno disuelto, y cada 3 días de NAT, Nitritos, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos. Para la toma de datos de temperatura se mantuvo un termómetro en los tanques, el pH fue medido por medio de un pH-metro, que además proporcionaba la cantidad de sólidos disueltos. El Oxígeno disuelto fue medido con el Oxímetro.

El resto de análisis se realizó mediante un espectrofotómetro portátil y con kits para análisis de Amoníaco (Amoniac), Nitritos (Nitricol), Nitratos (Nitratest) y Fosfatos (Phosphatest). Para estos análisis se recogió la cantidad de agua de 5 ml en tubos de vidrio y se colocó la o las pastillas necesarias según el análisis, se trituró y se dejó por 10 min., luego se colocó el espectrofotómetro en la longitud de onda según el análisis que se vaya a hacer, cada análisis tiene su propia longitud de onda, se encendió con un tubo que contiene agua destilada y se colocó la muestra con la pastilla disuelta; se dio lectura al porcentaje que da en la pantalla y según la tabla de cada kit

se de análisis de agua se recogió el dato de cantidad de Amoníaco, Nitrito, Nitrato o Fosfatos manifestado en unidades de mg/ lt.

#### **5.2.10.23 Medición de parámetros morfológicos**

Cada 15 días se realizó mediciones morfológicas de los animales de cada tratamiento para ver su crecimiento dentro del SCR.

Para verificar el crecimiento de los animales dentro del SCR, se precedió a recoger los animales de cada repetición, luego se los anestesió para ser pesados y medidos.

Finalmente los animales fueron desinfectados en una solución de sal al 40% antes de volver a ser incorporados al sistema SCR.

#### **5.2.10.24 Recolección de datos**

Todos estos datos fueron recogidos en un libro de campo para luego ser ingresados al programa Excel. EL libro de campo contiene hojas cuadriculadas de cada análisis en las que se recogieron los datos de cada tratamiento y cada repetición.

El formato para la toma de datos en las hojas fue:

**Cuadro 5.14 Cuadro de Toma de datos de Parámetros Morfométricos**  
**PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS**

FECHA				
# Animales				
T1/R1	PESO	LT	LP	A
1				
2				
3				
T1/R2				
1				
2				
3				
T2/R1				
1				
2				
3				
T2/R2				
1				
2				
3				
T3/R1				
1				
2				
3				
T3/R2				
1				
2				
3				

**Cuadro 5.15 Cuadro de Toma de datos de Parámetros de Calidad de Agua**

PARÁMETROS CALIDAD DE AGUA				
MES				
pH				
Día	T1	T2	T3	T4
1				
2				
3				
MES				
TEMPERATURA				
Día	T1	T2	T3	T4
1				
2				
3				

MES				
OXÍGENO DISUELTO				
Día	T1	T2	T3	T4
1				
4				
7				
MES				
AMONIO				
Día	T1	T2	T3	T4
1				
4				
7				
MES				
NITRITOS				
Día	T1	T2	T3	T4
1				
4				
7				
MES				
NITRATOS				
Día	T1	T2	T3	T4
1				
4				
7				
MES				
FOSFATOS				
Día	T1	T2	T3	T4
1				
4				
7				

#### 5.2.10.25 Conversión alimenticia y eficiencia alimenticia

Los datos de peso y longitud de los peces así como la cantidad de alimento fueron utilizados para el cálculo de la conversión alimenticia indicando la relación existente entre la cantidad de balanceado suministrado y el aumento de peso corporal. El resultado se expresa en un factor de conversión. La eficacia del alimento se expresa en porcentaje y es representado por el inverso del factor.

FC = Cantidad de alimento suministrado/ Aumento de peso corporal

#### **5.2.10.26 Análisis de comportamiento**

Con el fin de optimizar el Sistema Cerrado de Recirculación de Agua se incrementó la durabilidad de los animales en el sistema, se empezó con 12 días y se fue aumentando cada mes 1 día, terminando con la optimización de este sistema en las condiciones de Pailones a 2748 m.s.n.m. y una temperatura de 13-14°C de 15 días en condiciones óptimas para la crianza de trucha arco iris.

#### **5.2.10.27 Limpieza del sistema**

Este proceso permite eliminar la mayor cantidad de sólidos producidos por los desechos de los peces. Consiste en provocar una decantación por la diferencia de densidad entre los dos componentes (sólidos por heces y agua), luego este es sacado por succión y después pasa por 2 filtros mas, los cuales son limpiados diariamente.

#### **5.2.10.28 Filtración de sólidos:**

La filtración de Sólidos es importante para impedir que partículas menores retornen al sistema, se contó con un primer filtro de agua que contiene un cilíndrico de papel y un segundo un filtro de tela de 5  $\mu\text{m}$  de entrada. Se realizó una limpieza diaria de todos los filtros.

#### **5.2.10.29 Bombeo**

Este proceso constó de una Bomba de 0,5 HP de fuerza que absorbió el agua del filtro y la llevó de retorno a su estanque de producción.

#### **5.2.10.30 Retorno del agua**

Finalmente el resultado será agua de buena calidad apta para la producción de cultivo de trucha arco iris.

### **5.2.11 Análisis Económico**

El análisis económico se realizó siguiendo la metodología de análisis de presupuesto parcial según Perrín *et al.* (1981), para lo cual se tomó la producción de cada uno de los tratamientos en estudio, obteniendo de esta manera el beneficio bruto; por otro lado se obtuvieron todos los costos variables de los tratamientos en estudio, y de la diferencia de los beneficios brutos menos los costos variables se obtuvo el beneficio neto.

Colocando los beneficios netos en orden decreciente acompañando de sus costos variables, se procedió a realizar el análisis de dominancia, donde el tratamiento dominante es aquel que a igual o menor beneficio neto presenta un mayor costo variable. Con este análisis se determinó los tratamientos no dominados. Con los tratamientos no dominados se procedió a realizar el análisis marginal, obteniendo las

tasas de retorno marginal, las cuales nos permiten determinar las mejores opciones económicas.

### 5.2.11.1 Análisis de rentabilidad

La rentabilidad de la presente inversión proviene del registro y análisis de todos los gastos efectuados e ingresos posibles. A continuación se define todos los costos fijos y variables del proyecto.

**Cuadro 5.16 Costos Fijos**

Costos fijos	T1	T2	T3
Alimento	9,1	19,83	27,38
Sal en grano	10	10	10
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 19,10</b>	<b>\$ 29,83</b>	<b>\$ 37,38</b>

**Cuadro 5.17 Costos Variables**

Costos variables	T1	T2	T3
Electricidad	8	15	15
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 15,00</b>	<b>\$ 15,00</b>	<b>\$ 15,00</b>

**Cuadro 5.18 Costos de Inversión**

Inversión	T1	T2	T3
Bombas 0,5 HP	35	35	35
Tubería	33	33	33
Manguera para aire	5	5	5
Filtro para sólidos	25	25	25
Tanques 120 lts.	20	20	20
Tinas de 50 lts	15	15	15
Cable de Luz Sucre #10	7	7	7
Swichers	3	3	3
Niveles de Agua	10	10	10
Bases de madera	20	20	20
	<b>\$ 173,00</b>	<b>\$ 173,00</b>	<b>\$ 173,00</b>

**Cuadro 5.19 Total Costos de producción**

<b>Total costos de producción</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Gastos mano de obra</b>	10	17	17
<b>Costos fijos</b>	19,10	29,83	37,38
<b>Costos Variable</b>	8	15	15
<b>TOTAL COSTOS &amp; GASTOS</b>	<b>\$ 37,10</b>	<b>\$ 61,83</b>	<b>\$ 69,38</b>
<b>Total/Kg</b>	<b>\$ 3,71</b>	<b>\$ 3,09</b>	<b>\$ 2,31</b>

**Cuadro 5.20 Ingresos brutos**

<b>Ingresos brutos</b>	<b>Kg.-5% viseras</b>	<b>\$/Kg.</b>	<b>total \$</b>
<b>T1</b>	10,64	3,5	\$ 37,24
<b>T2</b>	19,76	3,5	\$ 69,16
<b>T3</b>	27,36	3,5	\$ 95,76

**Cuadro 5.21 Ganancias**

<b>Tratamientos</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Gastos</b>	<b>Ganancias</b>
<b>T1</b>	\$ 37,24	\$ 37,1	\$ 0,14
<b>T2</b>	\$ 69,16	\$ 61,83	\$ 7,33
<b>T3</b>	\$ 95,76	\$ 69,38	\$ 26,38



## VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el proyecto de investigación se descartó el tratamiento 4, los valores obtenidos en los parámetros de calidad de agua llegaron a niveles tóxicos hasta el día 40 y al día 56 los animales murieron en las condiciones de IASA-PAILONES, más del 50% por lo que el diseño experimental completamente al azar nos permitió suprimir el tratamiento con la densidad de 40 Kg. /m<sup>3</sup>.

El análisis de varianza de los parámetros de calidad de agua (amoníaco, nitritos, nitratos, fosfatos, oxígeno disuelto, pH, temperatura) no pudo ser determinado ya que como la toma de datos se realizó en un mismo tanque dividido en la mitad con una malla, los datos no varían y el coeficiente de variación es 0, esto quiere decir que no existe variación y el cuadrado medio del error es 0 (Anexo 1)

### 6.7 AMONÍACO

La producción de amoníaco fue la primera limitante que se observó en la permanencia de las unidades experimentales bajo un sistema de recirculación de agua.

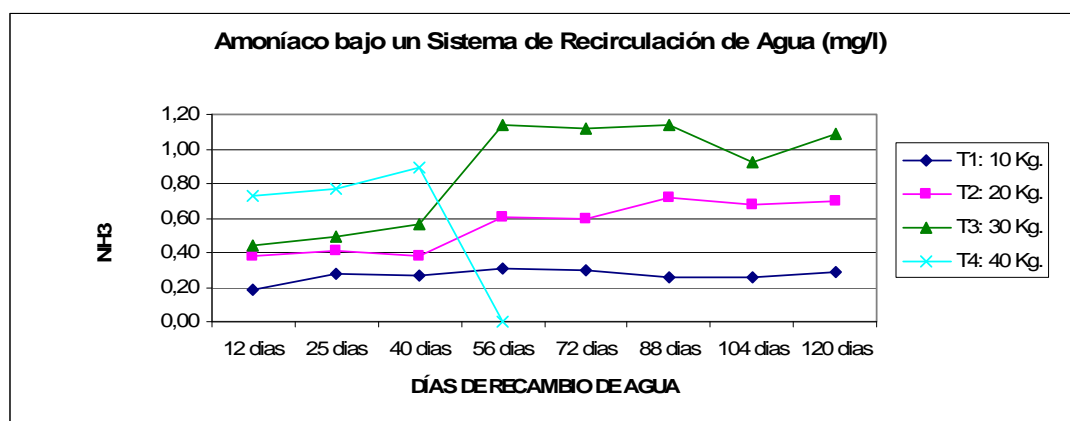
De acuerdo al gráfico 6.1 el incremento más fuerte de amoníaco se obtuvo en el tratamiento 3. Los tratamientos 1, 2 y 3 se mantuvieron en los parámetros óptimos de amoníaco para el desarrollo de las unidades experimentales, los valores más altos fueron apreciados en el tratamiento 3 ya que por su densidad de carga los desechos

son mayores. Se apreció también (Cuadro 6.1) las diferencias significativas entre los tratamientos durante los 120 días de duración del proyecto de tesis, esto se debe a que las diferentes densidades hacen que la producción de amoníaco sea mayor en cada tratamiento.

**Cuadro 6.1 Comparaciones con respecto a los contenidos de Amoníaco bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un  $p > 0,005$ . Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

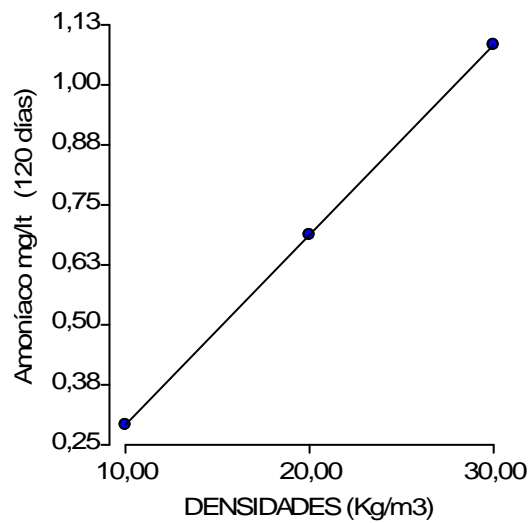
**EVALUACIÓN DEL AMONÍACO mg/l**

Densidades	12 días	25 días	40 días	56 días	72 días	88 días	104 días	120 días
<b>T1 10 Kg.</b>	0,18 a	0,28 a	0,27 a	0,3 a	0,30 a	0,26 a	0,26 a	0,29 a
<b>T2 20 Kg.</b>	0,38 b	0,42 b	0,38 b	0,61 b	0,60 b	0,71 b	0,67 b	0,69 b
<b>T3 30 Kg.</b>	0,44 c	0,50 c	0,57 c	1,14 c	1,12 c	1,13 c	0,92 c	1,09 c



**Gráfico 6.1 Fluctuación del Amoníaco bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

La regresión lineal en el gráfico 6.2 relaciona al amoníaco con las diferentes densidades propuestas, se observa que la relación es directa, esto quiere decir que a mayor densidad de carga mayor será la cantidad de Amoníaco disuelto den el agua



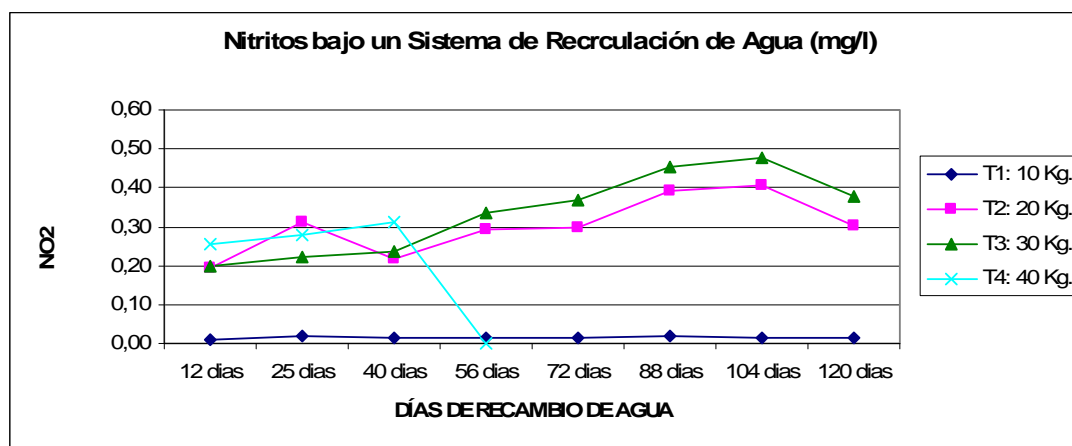
**Gráfico 6.2 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre el Amoníaco con un coeficiente de determinación de 1.**

## 6.8 NITRITOS

Como resultado de la nitrificación se obtuvo los nitritos. Se observó que los valores de amoníaco son relativos a la obtención de nitritos (grafico 6.3). A medida que se incrementó la densidad de la trucha arco iris aumentó el contenido de nitritos en cada uno de las evaluaciones establecidas. Esto nos indica además que las bacterias nitrificantes cumplieron el papel de descomposición dentro del sistema y que los protocolos utilizados para su reproducción fueron estandarizados. Los datos son relativamente diferentes como se aprecia en el cuadro 6.2, estadísticamente existieron diferencias significativas.

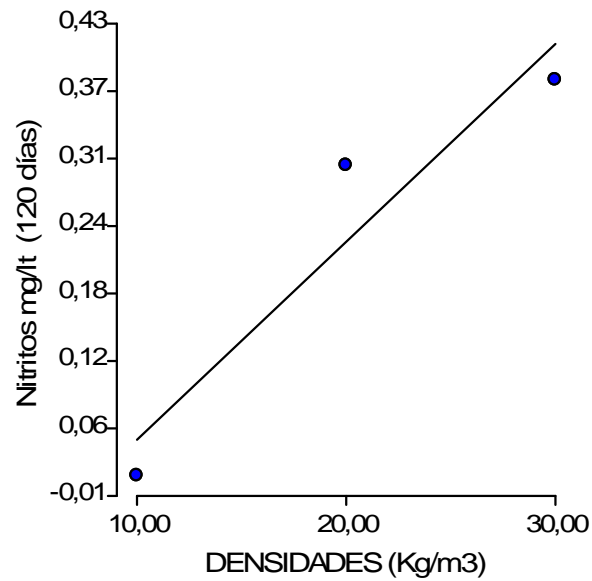
**Cuadro 6.2 Comparaciones con respecto a los contenidos de Nitritos bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un  $p>0,005$ . Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

EVALUACIÓN DE NITRITOS mg/l								
Densidades	12días	25días	40días	56días	72días	88días	104 días	120días
T1 10 Kg.	0,01 a	0,02 a	0,02 a	0,01 a	0,01 a	0,02 a	0,01 a	0,01 a
T2 20 Kg.	0,19 b	0,22 b	0,22 b	0,29 b	0,30 b	0,39 b	0,41 b	0,30 b
T3 30 Kg.	0,20 c	0,31 c	0,24 c	0,34 c	0,37 c	0,45 c	0,48 c	0,38 c



**Gráfico 6.3 Fluctuación de Nitritos bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

En el gráfico 6,4 presenta la relación directa que existe entre la densidad y la cantidad en mg/l de Nitritos disueltos en el agua, a mayor densidad mayor cantidad de Nitritos.



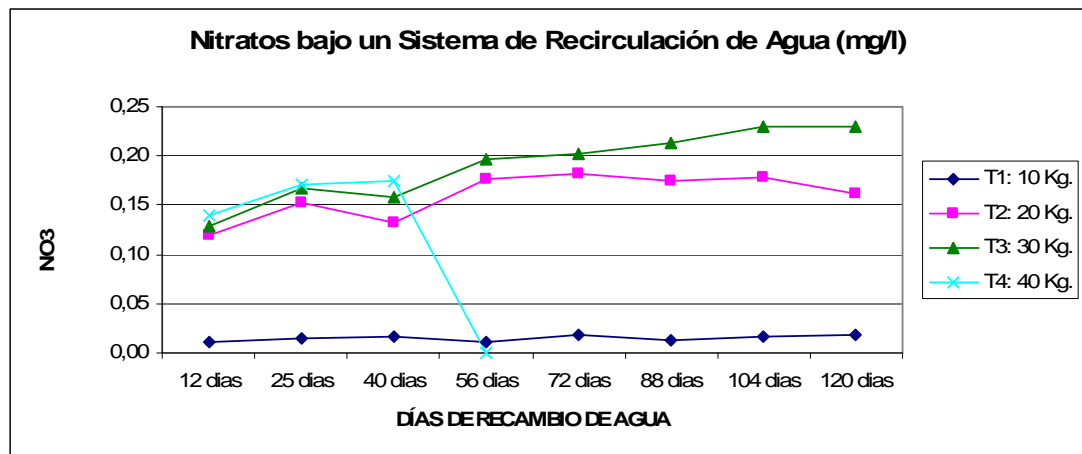
**Gráfico 6.4 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre los Nitritos con un coeficiente de determinación de 0.9.**

## 6.9 NITRATOS

Al final como resultado de la nitrificación del amoníaco se obtiene como producto final los nitratos que no son nocivos para la producción de trucha, a menos de que sus valores sean demasiado altos, en el cuadro 6.3 se observa que los valores de los nitratos fueron bajos y estos son relativos según la densidad de carga de cada tratamiento, las diferencias estadísticas presentadas fueron el resultado de la diferencia de las cargas animales. El tratamiento 1 tuvo los valores más bajos ya que este es un sistema abierto, tradicional que sirvió para comparar y observar la viabilidad del proyecto (Gráfico 6.5).

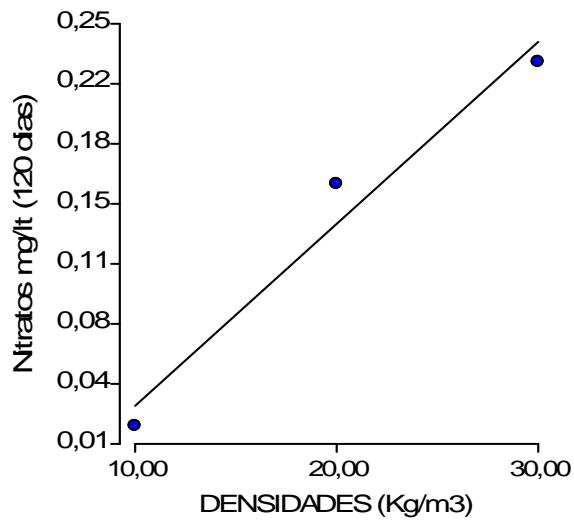
**Cuadro 6.3 Comparaciones con respecto a los contenidos de Nitratos bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un  $p > 0,005$ . Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

EVALUACIÓN DE NITRATOS mg/l								
Densidades	12 días	25 días	40 días	56 días	72 días	88 días	104 días	120 días
T1 10 Kg.	0,01 a	0,01 a	0,02 a	0,01 a	0,02 a	0,01 a	0,02 a	0,02 a
T2 20 Kg.	0,12 b	0,15 b	0,13 b	0,18 b	0,18 b	0,18 b	0,18 b	0,16 b
T3 30 Kg.	0,13 c	0,17 c	0,16 c	0,20 c	0,20 c	0,21 c	0,23 c	0,23 c



**Gráfico 6.5 Fluctuación de Nitratos bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

La relación de los nitratos en un período de 120 días fue directa con respecto a las densidades de carga de cada tratamiento, en el gráfico 6.6 se observa que a mayor densidad de carga mayor es la cantidad de Nitratos disueltos en el agua.



**Gráfico 6.6 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre los Nitratos con un coeficiente de determinación de 0.96.**

## 6.10 FOSFATOS

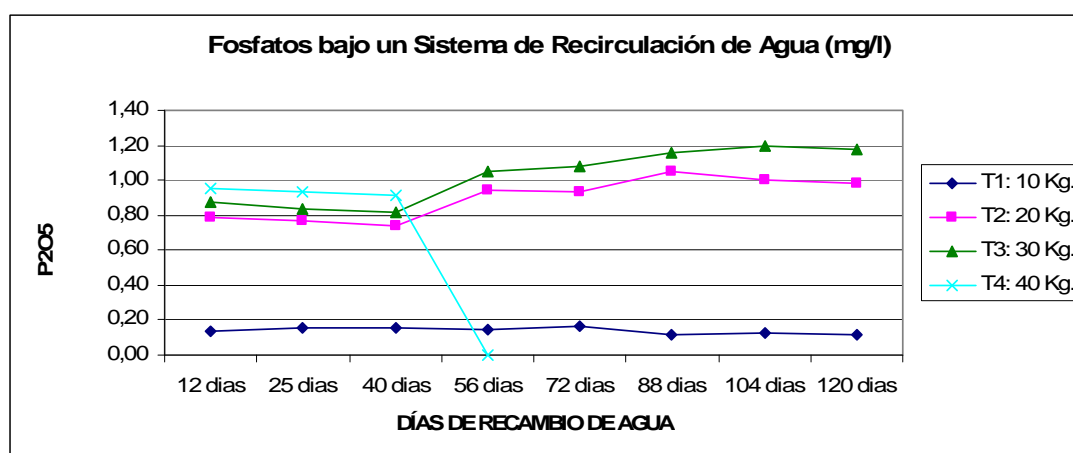
El fósforo en el agua se manifiesta en  $P_2O_5$  (fosfato) que viene a ser el resultado de los subproductos producidos en el sistema de recirculación; estos fueron obtenidos en la descomposición del alimento no consumido y además en la acumulación de sólidos como las heces. El gráfico 6.7 muestra el comportamiento del fosfato en el agua en períodos de agua aproximados de 15 días, se puede observar que según se va aumentando el número de días de recambio de agua los fosfatos aumentan. En el cuadro 6.4 se puede analizar que en el día 56 los datos aumentan de manera brusca y luego se llega a la estandarización de días de recambio. Al realizar la comparación estadística según Duncan se observa las diferencias entre los tratamientos, esto se debe a que la cantidad de fósforo y por ende de sólidos producidos en el sistema de recirculación de agua se acumula según el tratamiento, debido su carga animal.

El tratamiento 4 como se observó al día 56 tiene un valor de 0 ya que por las condiciones y el diseño del sistema no se pudo garantizar la calidad de agua para los animales y estos murieron por lo que fue descartado el tratamiento (Gráfico 6.7).

**Cuadro 6.4 Comparaciones con respecto a los contenidos de Fosfatos bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un  $p > 0,005$ . Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

**EVALUACIÓN DE FÓSFORO mg/l**

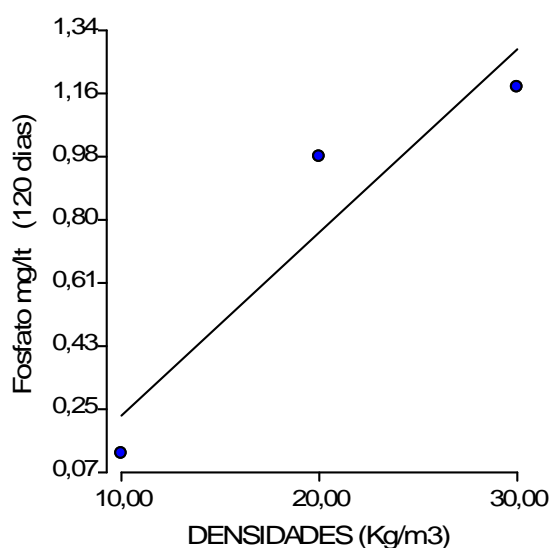
Densidades	12días	25días	40días	56días	72días	88días	104 días	120 días
T1 10 Kg.	0,13 a	0,16 a	0,16 a	0,15 a	0,,16 a	0,12 a	0,13 a	0,12 a
T2 20 Kg.	0,79 b	0,77 b	0,74 b	0,94 b	0,94 b	1,05 b	1,01 b	0,98 b
T3 30 Kg.	0,88 c	0,84 c	0,82 c	1,05 c	1,08 c	1,16 c	1,20 c	1,18 c



**Gráfico 6.7 Fluctuación de Fosfatos bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

Al realizar la regresión lineal el comportamiento del fósforo con respecto a las diferentes cargas de densidades se observa (gráfico 6.8) que la relación es directa, esto quiere decir que según va aumentando la carga animal aumenta la cantidad de fosfatos disueltos y por ende de desechos en el sistema de recirculación de agua en un período de 120 días.





**Gráfico 6.8 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre los Fosfatos con un coeficiente de determinación de 0.88.**

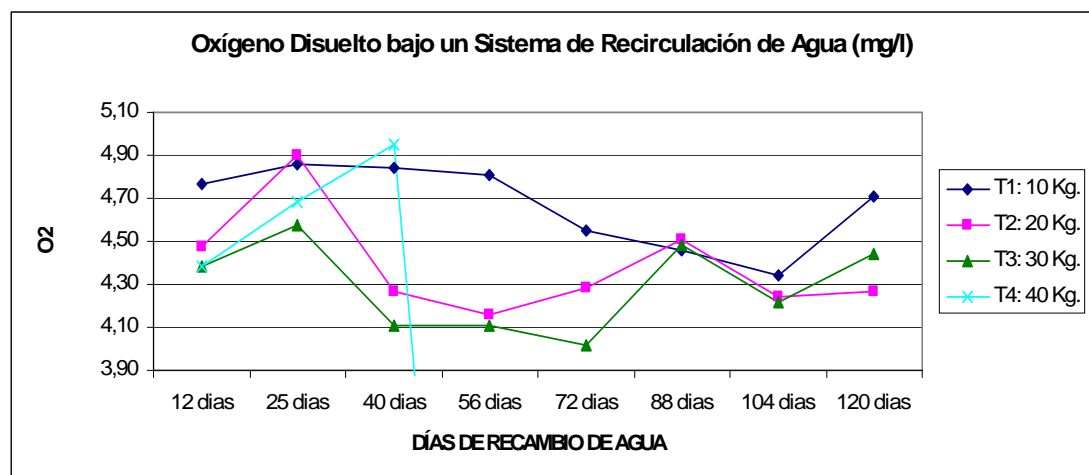
### 6.11 OXÍGENO DISUELTO

Los datos registrados (cuadro 6,5) del Oxígeno disuelto fueron tomados diariamente mediante un equipo electrónico especializado (Oxímetro), se presentó los promedios de acuerdo a los recambios de agua realizados, los datos además fueron estadísticamente diferentes para cada tratamiento, según la demanda de cada tratamiento fue decayendo respectivamente el oxígeno la disminución más representativa de oxígeno fue en la densidad de 30 Kg. /m<sup>3</sup>. Como se observa en el gráfico 6.9 existió una gran variabilidad en el comportamiento del oxígeno, este fue suministrado por medio de un motor de oxigenación y distribuido en el agua con piedras difusoras, el promedio de este fue de 4,39 mg/lt, este se encontró dentro de los rangos de producción para trucha arco iris. El oxígeno en el sistema fue decayendo según los días de recambio de agua, esto se debió a que el contenido de sólidos disueltos y desechos no van relacionados con la solvencia del oxígeno, es

decir que la molécula de oxígeno no se pudo disolver de una manera óptima si la sustancia en la que se encontró tuvo altos contenidos de grasas.

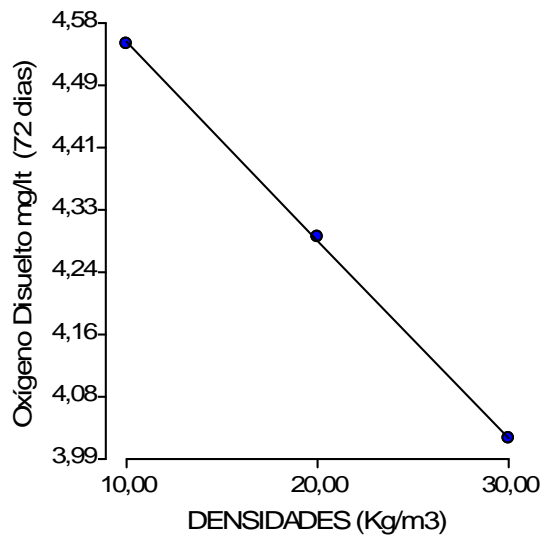
**Cuadro 6.5 Comparaciones con respecto a los contenidos de Oxígeno Disuelto bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un  $p > 0,005$ . Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

EVALUACIÓN DE OXÍGENO mg/l								
Densidades	12 días	25 días	40 días	56 días	72 días	88 días	104 días	120 días
T1 10 Kg.	4,39 a	4,58 a	4,11 a	4,11a	4,02 a	4,45 a	4,22 a	4,27 a
T2 20 Kg.	4,48 b	4,86 b	4,27 b	4,16 b	4,29 b	4,49 b	4,24 b	4,44 b
T3 30 Kg.	4,76 c	4,90 c	4,84 c	4,81 c	4,55 c	4,51 c	4,34 c	4,71 c



**Gráfico 6.9 Fluctuación del Oxígeno Disuelto bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

En el gráfico 6.10 se observa la relación inversa que existió entre el oxígeno disuelto en el agua y la densidad de cada tratamiento, esto se debe a que se proporcionó la misma cantidad de oxígeno a las 3 cargas animales y el consumo de la densidad de 30 Kg. /m<sup>3</sup> exige mayor cantidad de oxígeno disuelto en el agua.



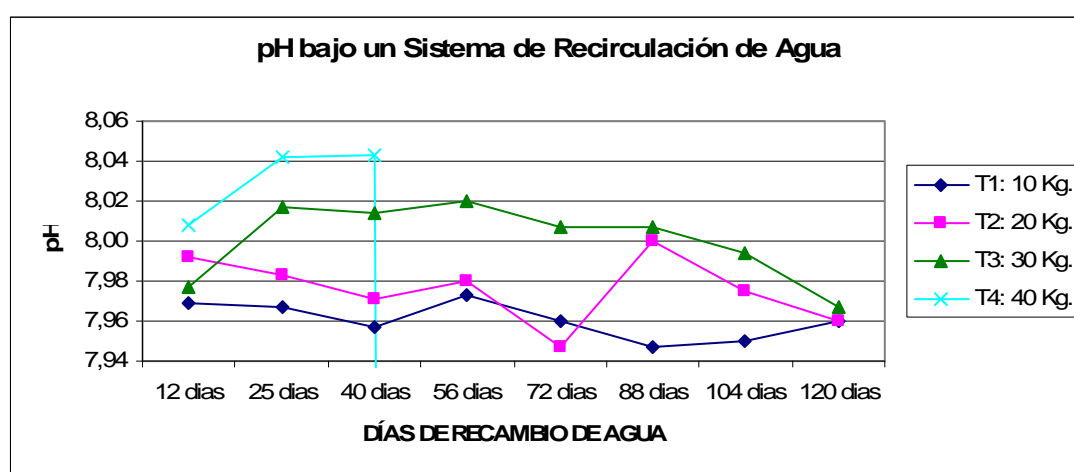
**Gráfico 6.10 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre el Oxígeno Disuelto con un coeficiente de determinación de 0.99.**

## 6.12 pH

El pH indica la cantidad de radicales de Hidrógeno libres en la manera de acidez o basicidad. En el sistema de recirculación de agua el pH no presentó mayor inconveniente, ya que el pH no varió mucho y se mantuvo en la media promedio de 7,98 óptima para los sistemas de recirculación de agua (Cuadro 6.6). Como se observa (gráfico 6.11) las diferencias no son mayores por lo que los protocolos para la recirculación fueron regulados y estandarizados a los 15 días. El mejor tratamiento con sistema de recirculación de agua fue el tratamiento 2 con un promedio de pH de 7,96 y estadísticamente los tratamientos fueron significativamente diferentes.

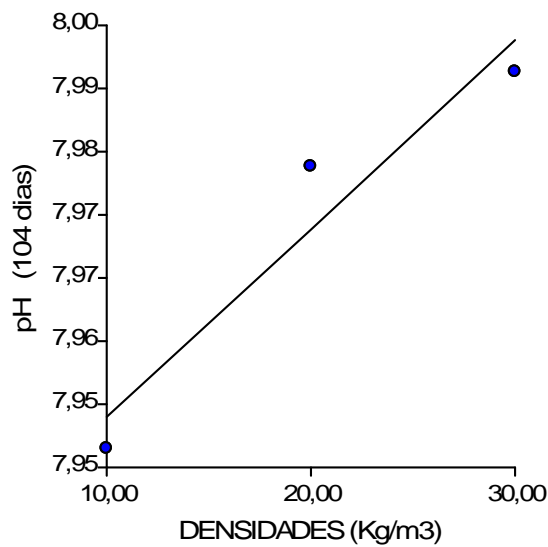
**Cuadro 6.6 Comparaciones con respecto a los contenidos de pH bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un  $p > 0,005$ . Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

EVALUACIÓN pH								
Densidades	12 días	25 días	40 días	56 días	72 días	88 días	104 días	120 días
T1 10 Kg.	7,97 a	7,97 a	7,96 a	7,97 a	7,95 a	7,95 a	7,95 a	7,96 a
T2 20 Kg.	7,98 b	7,98 b	7,97 b	7,98 b	7,96 b	8,00 b	7,98 b	7,96 a
T3 30 Kg.	7,99 c	8,02 c	8,01 c	8,02 c	8,01 c	8,01 c	7,99 c	7,97 b



**Gráfico 6.11 Fluctuación del pH bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

La relación que existe entre el pH y las densidades fue directamente proporcional, a mayor densidad de carga, existe un incremento del pH, como se observa en el gráfico 6.12, el mayor coeficiente de determinación fue observado en el día 104 por lo que se graficó este período.



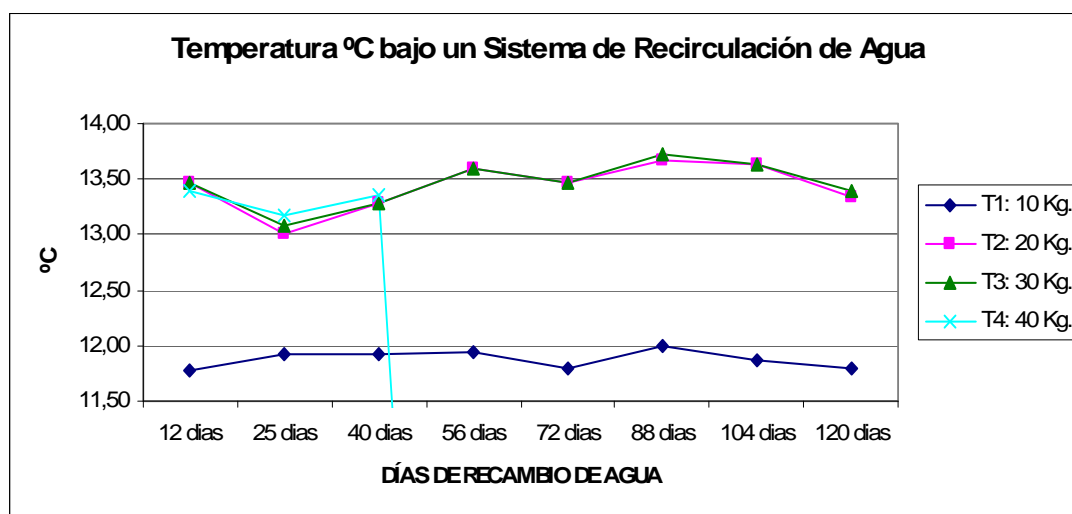
**Gráfico 6.12 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre el pH con un coeficiente de determinación de 0.92.**

## 6.7 TEMPERATURA

La temperatura del agua fue un factor muy importante para la producción de trucha arco iris ya que de esta dependió el desarrollo de los animales. En el cuadro 6.7 se observa que los cambios de temperatura son leves al igual que la diferencia estadística entre tratamientos, en el tratamiento 1 la temperatura se muestra más constante y en el tratamiento 2 y 3 la temperatura fue similar. El aumento de la temperatura en los tratamientos 2 y 3 se debe a que el sistema de recirculación de agua hace que la temperatura exterior ayude a termo regular el agua y se pueda subir los 2 °C mas que el promedio del tratamiento 1, además el tratamiento 3 muestra las temperaturas más altas por lo que se puede afirmar que; la densidad de carga influye en la temperatura del sistema de recirculación. Las diferentes reacciones químicas en la nitrificación y la producción de fosfatos desprenden energía, esta se manifiesta en calor por lo que se justifica el aumento de temperatura. (Gráfico 6.13).

**Cuadro 6.7 Comparaciones con respecto a los contenidos de Temperatura bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un  $p>0,005$ . Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

EVALUACIÓN DE TEMPERATURA °C								
Densidades	12 días	25 días	40 días	56 días	72 días	88 días	104 días	120 días
T1 10 Kg.	11,77 a	11,92 a	11,93 a	11,93 a	11,80 a	12,00 a	11,88 a	11,80 a
T2 20 Kg.	13,46 b	13,00 b	13,29 b	13,60 b	13,47 b	13,67 b	13,63 b	13,33 b
T3 30 Kg.	13,46 b	13,08 c	13,29 b	13,60 b	13,47 b	13,73 c	13,63 b	13,40 c



**Gráfico 6.13 Fluctuación de la Temperatura bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

### 6.17 BIOMASA

La biomasa es un factor productivo muy importante para justificar la inversión de la investigación de tesis ya que se pudo probar la hipótesis de que el mejor tratamiento en parámetros productivos es el tratamiento 3. Se realizó el análisis de varianza (Cuadro 6.8), y se pudo apreciar que en todos los períodos de tiempo existió una diferencia estadística entre tratamientos y el coeficiente de variación es bajo, no

supera el 0,88% por lo que se puede decir que este sistema no influyó en el crecimiento de los animales a una densidad máxima de 30 Kg. /m<sup>3</sup>.

**Cuadro 6.8 Análisis de Varianza de Biomasa bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

EVALUACIÓN DE BIOMASA (gr)					
FUENTES DE VARIACIÓN	gl	15 días	30 días	45 días	60 días
<b>TOTAL</b>					
<b>TRATAMI</b>	2	13658476,17**	17391761,17**	19347735,5**	23266410,16**
<b>ERROR</b>	3	1224,33	161,66	214,16	6,16
<b>X (gr)</b>		3377,5	3708,5	4224	4541
<b>CV (%)</b>		0,5812	0,1897	0,1974	0,0308
	gl	75 días	90 días	105 días	120 días
<b>TOTAL</b>					
<b>TRATAMI</b>	2	27201240,09**	30723516,46**	32092318,88**	32392001,5**
<b>ERROR</b>	3	234,31	122,64	2720,28	7495,83
<b>X (gr)</b>		4861,5	5129	5419,5	5630,03
<b>CV (%)</b>		0,1766	0,1208	0,5462	0,8825

La evaluación de la biomasa demostró datos productivos significativos para la investigación del proyecto, ya que a pesar de que las densidades de carga son distintas las variaciones de peso individual de los animales no variaron mucho. La mejor biomasa identificada fue la del tratamiento 4 pero este decayó y fue eliminado pasado los 45 días. El tratamiento 3 fue el que mayor biomasa resistió bajo un sistema de recirculación de agua llegando a los 13,65 Kg/m<sup>3</sup> (Cuadro 6.9). Como se observa en el gráfico 6.14 el progreso de los tratamientos en 120 días de investigación, se demostró que los crecimientos son logarítmicos y mantienen una relación entre tratamientos.

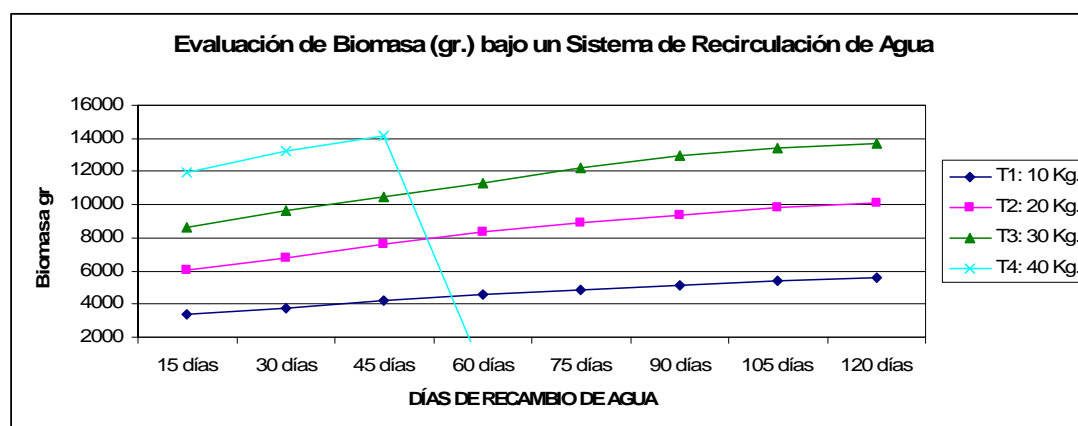
**Cuadro 6.9 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Biomasa bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un  $p > 0,005$ . Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

**EVALUACIÓN DE BIOMASA gr.**

Densidades	15 días	30 días	45 días	60 días
<b>T1 10 Kg.</b>	3377,5 a	3708,5 a	4224,0 a	4541,0 a
<b>T2 20 Kg.</b>	6081,5 b	6797,5 b	7578,5 b	8323,0 b
<b>T3 30 Kg.</b>	8603,0 c	9604,0 c	10438,5 c	11348,5 c

**EVALUACIÓN DE BIOMASA gr.**

Densidades	75 días	90 días	105 días	120 días
<b>T1 10 Kg.</b>	4861,5 a	5129,0 a	5419,5 a	5630,0 a
<b>T2 20 Kg.</b>	8914,7 b	9411,2 b	9806,7 b	10144,2 b
<b>T3 30 Kg.</b>	12224,8 c	12956,2 c	13418,5 c	13658,1 c



**Gráfico 6.14 Fluctuación de la Biomasa bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**



## 6.18 PESO

Es necesario conocer el peso de los animales para saber si estos fueron sometidos a algún tipo de estrés o si fueron perjudicados en su calidad de vida. En el análisis de variación del peso en el cuadro 6.10 se observa comportamientos de diferencias significativas hasta el día 45 y en el día 60 no se encontró significancia, es decir que los tratamientos no sobresalieron en este período y los animales crecieron en igualdad de tratamientos. Esto se debe a que la trucha arco iris tienen un comportamiento de crecimiento hasta los 500 gr, luego de este peso estabiliza su metabolismo lo reduce y su crecimiento es mas lento ya que no transforma su alimento solo en carne sino también se prepara para una vida reproductiva. El coeficiente de variación es bajo no sobrepasa en 0,7% por lo que no se observa una diferencia de datos tomados en campo.

**Cuadro 6.10 Análisis de Varianza de Peso bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

### EVALUACIÓN DEL PESO (gr)

FUENTES DE VARIACIÓN	gl	15días	30días	45días	60 días	75días	90días	105días	120 días
<b>TOTAL</b>									
<b>TRATAMIE</b>	2	113,08*	58,600*	327,52*	166,71ns	118,5**	87,07**	433,13**	1036,32**
<b>ERROR</b>	3	4,21	3,27	1,11	0,122	2,01	1,55	13,44	30,18
<b>X (gr)</b>		482,5	529,79	603,43	648,72	694,5	732,72	774,22	804,29
<b>CV (%)</b>		0,4314	0,3425	0,179	0,0544	0,2069	0,172	0,4837	0,7033

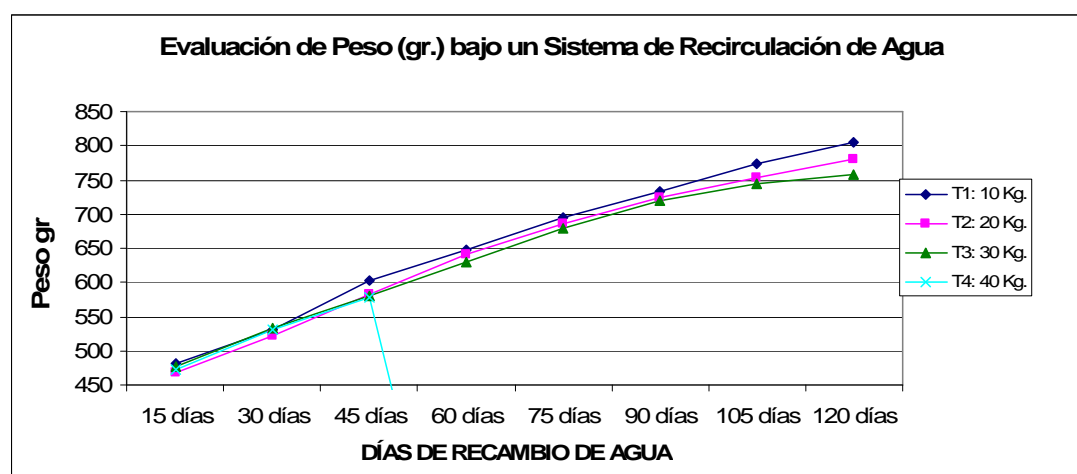
Los promedios de peso que se observan (gráfico 6.15) fueron creciendo de manera exponencial, estos datos fueron tomados cada 15 días por un período de 4 meses, se nota claramente que el tratamiento 1 supera a los otros tratamientos. Tomando en cuenta la biomasa producida por cada tratamiento se ve un óptimo aprovechamiento

en el tratamiento 3 con la densidad de 30 Kg./m<sup>3</sup> por lo que se afirma la hipótesis de que el sistema de recirculación de agua es óptimo para esta densidad. La variación de pesos entre tratamientos no presenta una gran significancia matemática como se observa en el Cuadro 6.11.

**Cuadro 6.11 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Peso bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un  $p > 0,005$ . Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

**EVALUACIÓN DEL PESO (gr)**

Densidades	15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días	120 días
<b>T1 10 Kg.</b>	482,50 b	529,79 b	603,43 c	648,72 c	694,50 c	732,72 c	774,22 b	804,29 c
<b>T2 20 Kg.</b>	467,81 a	522,89 a	582,96 a	640,23 b	685,75 b	723,95 b	754,37 a	780,33 b
<b>T3 30 Kg.</b>	477,95 b	533,56 b	579,89 a	630,47 a	679,16 a	719,79 a	745,47 a	758,79 a

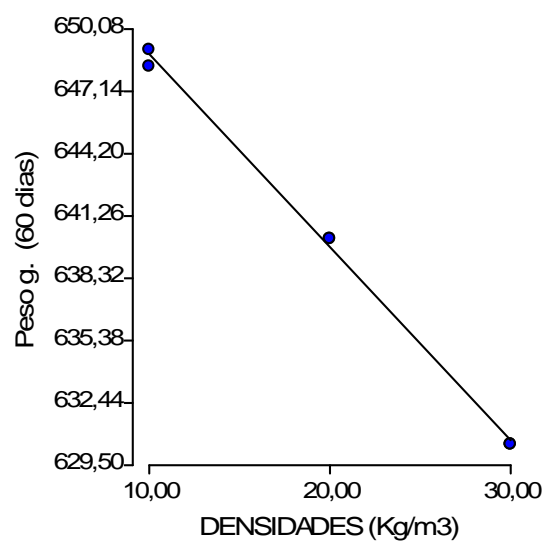


**Gráfico 6.15 Fluctuación del Peso bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

Al realizar las comparaciones estadísticas se puede analizar en el Cuadro 6.11 la diferencia entre tratamientos excepto en los días 45 y 105 en que los tratamientos presentan una semejanza estadística, esta semejanza indica que en el tratamiento 2 según las curvas de proyección en estos días hubo algún tipo de dificultad. En el día

88 el suministro de Oxígeno fue deficiente ya que existió una decaída de este hasta el día 104 lo que tiene relación con el desarrollo y el peso de los animales.

La relación de las diferentes cargas animales con el peso influye inversamente proporcional, como se observa en el gráfico 6.16, las medias de los pesos de cada tratamiento son menores mientras aumenta la carga animal, esto se debe al espacio limitado que afectó el desarrollo de los animales.



**Gráfico 6.16 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre el Peso con un coeficiente de determinación de 0.99.**

### 6.19 LONGITUD TOTAL

La longitud de la trucha arco iris junto con el peso dieron el índice de condición corporal que será analizado más adelante. Este factor fue importante para observar el desarrollo del animal en el sistema de recirculación de agua. En el análisis de variación del cuadro 6.12 se observa que no existen diferencias estadísticas, menos en el período del día 60 al día 90, en este último la diferencia fue alta

estadísticamente; como se ha mencionado anteriormente este comportamiento se debe a que los animales en este peso cruzan por etapas de crecimiento críticas hablando productivamente, el coeficiente de variación entre tratamientos es bajo por lo que los datos al momento de la evaluación no fueron sesgados.

**Cuadro 6.12 Análisis de Varianza de Longitud Total bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

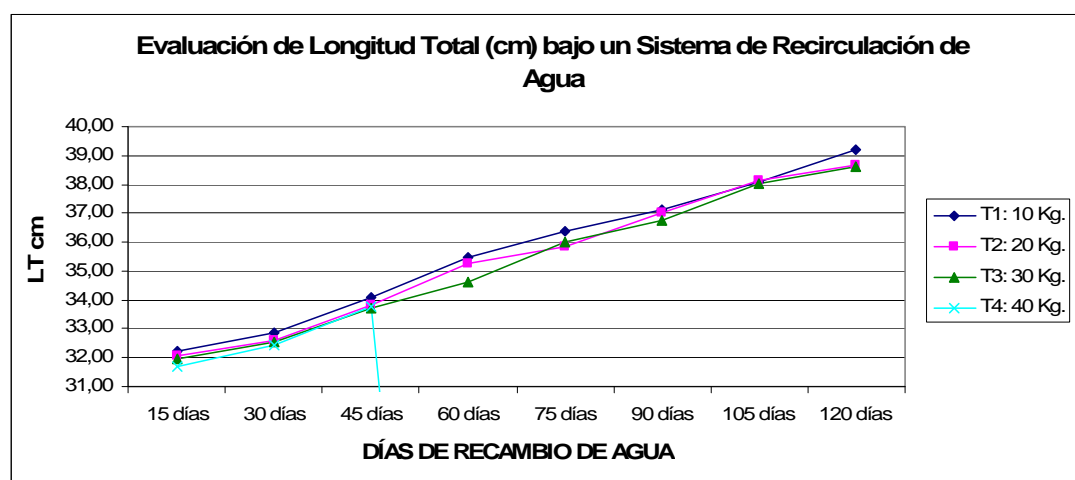
**EVALUACIÓN DE LA LONGITUD TOTAL (cm)**

FUENTES DE VARIACIÓN	gl	15 días	30 días	45 días	60días	75días	90 días	105días	120días
<b>TOTAL</b>									
<b>TRATAMIE</b>	2	0,030 ns	0,062 ns	0,0712ns	0,4269*	0,1465*	0,0698**	0,0051ns	0,2138ns
<b>ERROR</b>	3	0,0081	0,0199	0,0118	0,0366	0,0099	0,0011	0,0055	0,0256
<b>X (cm)</b>		32,22	32,86	34,07	35,5	36,36	37,14	38,07	39,22
<b>CV (%)</b>		0,2805	0,432	0,3212	0,5446	0,2764	0,0883	0,1954	0,4122

La longitud total en los animales ayuda a entender si el sistema y las densidades no afectan en la simetría del animal y la relación de condición corporal que debe mantenerse. En el Cuadro 6.13 se observa el crecimiento del animal en los 120 días, se aprecia que en el día 45 se tiene un crecimiento agresivo y de ahí se regula a aproximadamente 1 cm. cada 15 días (Grafico 6.17). Este crecimiento se puede relacionar a que en esta etapa de los 15 días se estandarizó el número de días de recambio de agua y los protocolos de producción de bacterias nitrificantes por lo que los niveles de estrés a partir de estos días fueron menores que al inicio del proyecto de tesis.

**Cuadro 6.13 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Longitud Total bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un  $p>0,005$ . Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

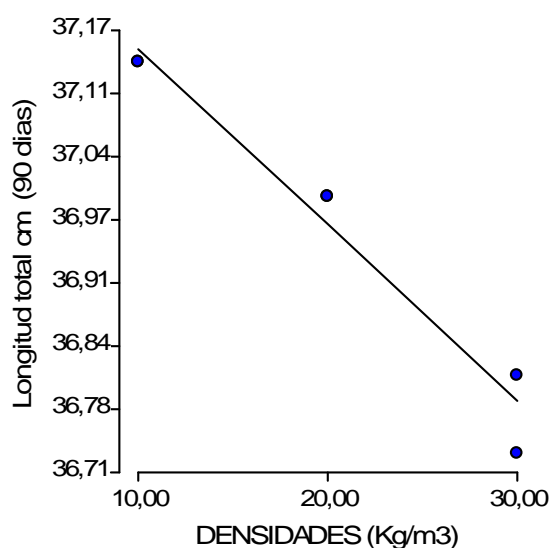
EVALUACIÓN DE LA LONGITUD TOTAL (cm)								
Densidades	15días	30días	45 días	60días	75días	90días	105días	120días
T1 10 Kg.	32,22 a	32,86 a	34,07 b	35,50 b	36,36 b	37,14 c	38,07 a	39,22 b
T2 20 Kg.	32,08 a	32,58 a	33,85 ab	35,27 b	35,83 a	37,00 b	38,13 a	38,69 a
T3 30 Kg.	31,97 a	32,53 a	33,70 a	34,61 a	36,00 a	36,77 a	38,03 a	38,62 a



**Gráfico 6.17 Fluctuación de la Longitud Total bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

Al parecer el comportamiento del crecimiento longitudinal de la trucha arco iris es variable esto puede ser por la genética de los animales o por las condiciones exógenas de la zona ya que en el período de los 45 días las temperaturas exteriores fueron bajas de aproximadamente 8 grados en las noches por lo que puede ser un factor que influye en el desarrollo de los animales.

La longitud total al igual que todos los parámetros morfométricos lleva una relación inversa con respecto a las densidades, esto quiere decir que a mayor densidad de carga animal menor será la longitud total del animal (gráfico 6.18),



**Gráfico 6.18 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre la Longitud Total con un coeficiente de determinación de 0.95.**

### 6.11 LONGITUD PARCIAL

La longitud parcial fue relativa a la longitud total ya que tienen una relación directamente proporcional, las mediciones fueron de 2 cm menos que el largo total de los animales por lo que las evaluaciones tienen los mismos resultados que los análisis del factor longitud total.

El análisis de varianza del Cuadro 6.14 refleja los mismos valores que en el análisis del Cuadro 6.12. Si estos valores cambiaran sería un factor indicador de sobre densidades en el sistema expresado en deformidades de colas.

**Cuadro 6.14 Análisis de Varianza de Longitud Parcial bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

**EVALUACIÓN DE LA LONGITUD PARCIAL (cm)**

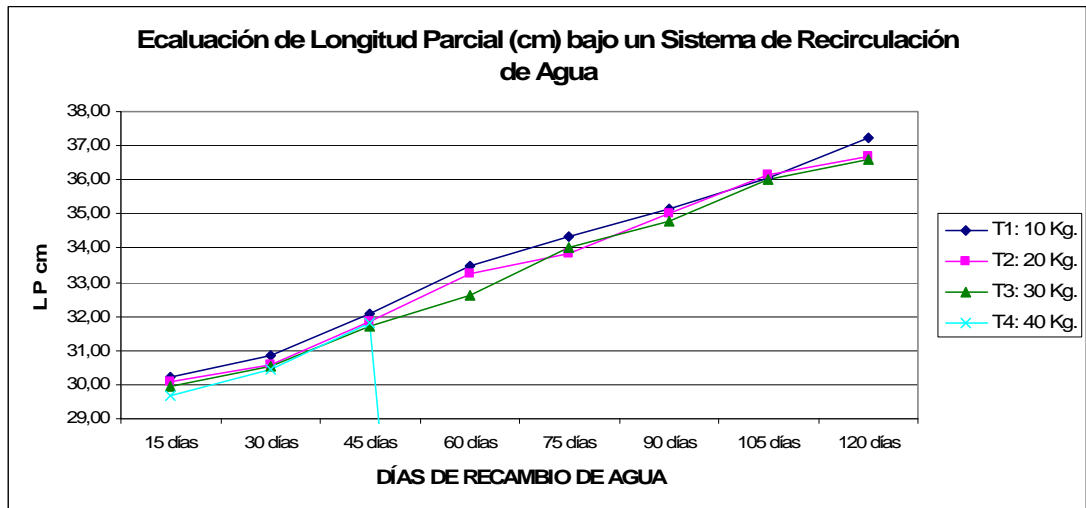
FUENTES DE VARIACIÓN	gl	15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días	120 días
<b>TOTAL</b>									
<b>TRATAMIENTO</b>	2	0,0302ns	0,0625ns	0,0712ns	0,426*	0,1465*	0,0698*	0,005ns	0,2138ns
<b>ERROR</b>	3	0,0081	0,0199	0,0118	0,0366	0,0099	0,0011	0,0055	0,0256
<b>X (cm)</b>		30,22	30,86	32,07	33,5	34,36	35,14	36,07	37,22
<b>CV (%)</b>		0,2991	0,4602	0,3413	0,5775	0,2926	0,0934	0,2062	0,4346

En el Cuadro 6.15 se observa las medias de tamaños de longitudes parciales, la mayor es en el tratamiento 1 con 37,21 cm, como se observa en el Gráfico 6.19 este tratamiento siempre estuvo despuntado el grupo, en el día 60 se observó cierta variación por parte del tratamiento 3, como se ha ido aclarando esto se debe al desarrollo natural de la trucha arco iris.

**Cuadro 6.15 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Longitud Parcial bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un  $p > 0,005$ . Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

**EVALUACIÓN DE LA LONGITUD PARCIAL (cm)**

Densidades	15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días	120 días
<b>T1 10 Kg.</b>	30,22 a	30,86 a	32,07 b	33,50 b	34,36 b	35,14 c	36,07 a	37,22 b
<b>T2 20 Kg.</b>	30,08 a	30,58 a	31,85 ab	33,27 b	34,00 a	35,00 b	36,13 a	36,29 a
<b>T3 30 Kg.</b>	29,97 a	30,53 a	31,70 a	32,61 a	33,83 a	34,77 a	36,03 a	36,62 a



**Gráfico 6.19 Fluctuación de la Longitud Parcial bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

## 6.12 ANCHO

Este es un factor vital para observar el buen desarrollo de los animales en los diferentes tratamientos ya que por causa de sobre población, estos suelen cambiar su ancho volviéndose mas alargados. En el Cuadro 6.16 se observa que los animales hasta el día 75 crecieron de manera similar estadísticamente, quiere decir que el sistema no influyó en la morfología de los animales. A partir del día 90 se observa significancia de diferencia entre tratamientos, esto se debe a que los pesos incrementaron y el sistema al parecer empezó a influir en los tratamientos.



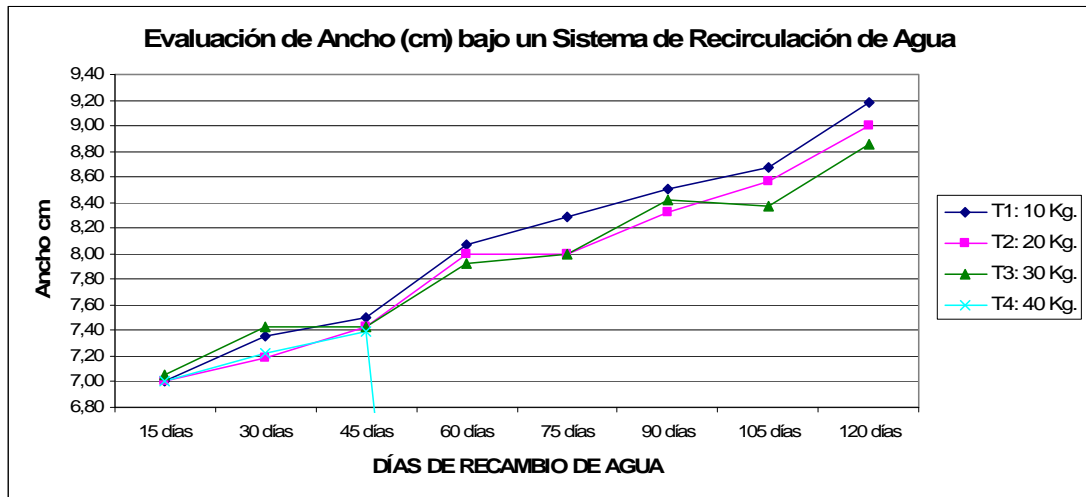
**Cuadro 6.16 Análisis de Varianza de Ancho bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

		ANCHO (cm)							
FUENTES DE VARIACIÓN	gl	15días	30días	45días	60días	75días	90días	105días	12 días
TOTAL									
TRATAMIENT	2	0,0024sd	0,0301ns	0,0038ns	0,0098ns	0,0561sd	0,0154*	0,0461**	0,0514**
ERROR	3	0	0,0152	0,0011	0,0011	0	0,0009	0,0013	0,001
X (cm)		7	7,36	7,5	8,07	8,29	8,5	8,68	9,18
CV (%)		0	1,6803	0,4519	0,4082	0	0,3532	0,4141	0,3451

El ancho tuvo un crecimiento peculiar en comparación con los otros factores, (Gráfico 6.20) en el día 45 tuvo un crecimiento brusco hasta el día 60 y como se observa los valores del Cuadro 6.17, desde el día 90 se empezó a diferenciar los tratamientos despuntando el tratamiento 1 con 9,18 cm promedio con 0,32 cm mas de diferencia que el tratamiento 3.

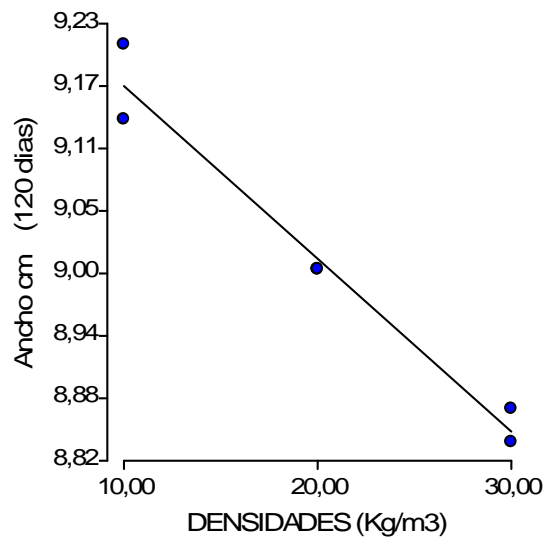
**Cuadro 6.17 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Ancho bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un  $p > 0,005$ . Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

		ANCHO (cm)							
Densidades		15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días	120días
T1 10 Kg.		7,00 a	7,36 a	7,50 a	8,07 b	8,29 b	8,50 b	8,68 b	9,18 c
T2 20 Kg.		7,00 a	7,19 a	7,42 a	8,00 ab	8,00 a	8,33 a	8,57 b	9,00 b
T3 30 Kg.		7,06 b	7,43 a	7,43 a	7,93 a	8,00 a	8,42 b	8,38 a	8,86 a



**Gráfico 6.20 Fluctuación del Ancho bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

El ancho de los animales también se ve afectado por la carga animal dentro del sistema de recirculación de agua, su relación es inversa como se puede apreciar en el gráfico 6.21, a mayor densidad de carga menor será su ancho.



**Gráfico 6.21 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre el Ancho con un coeficiente de determinación de 0.96.**

### 6.13 TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO (TCE%)

Es un factor que demuestra en valor de porcentaje el crecimiento exponencial de los animales expuestos a los diferentes tratamientos. En el análisis de varianza que se realiza en el Cuadro 6.18, se ratificó “Que entre los tratamientos el crecimiento fue igual estadísticamente, y no existieron diferencias significativas”. El coeficiente de variación fue del 4,76%, esto quiere decir que los datos no fueron sesgados y fueron lo más homogéneos, este porcentaje es aceptable a nivel de campo.

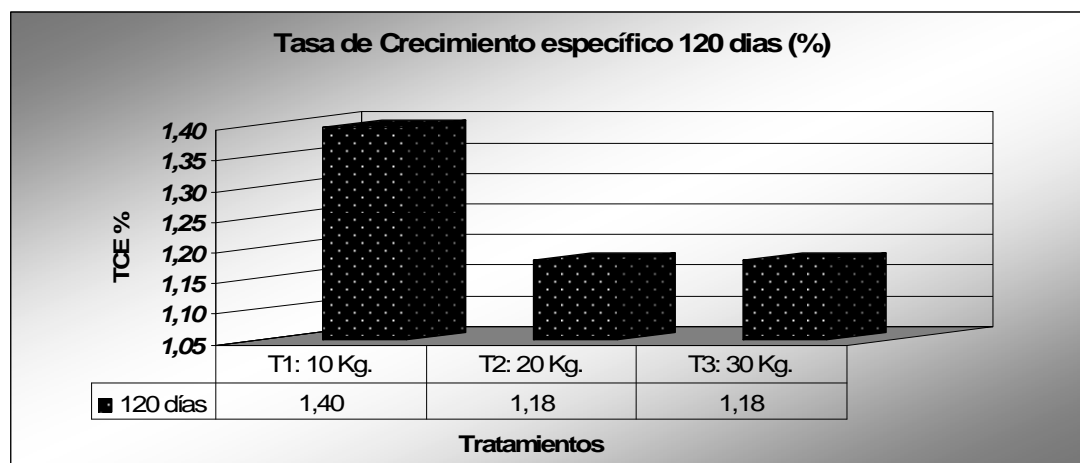
**Cuadro 6.18 Análisis de Varianza de la Tasa de Crecimiento Específico bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua, Pailones, IASA-ESPE 2010-2011.**

<b>FUENTES DE VARIACIÓN</b>	<b>gl</b>	<b>TCE %</b>
<b>TOTAL</b>		
<b>TRATAMIENTO</b>	2	0,0308 ns
<b>ERROR</b>	3	0,0035
<b>X (%)</b>		1,4
<b>CV (%)</b>		4,7602

Los resultados de las medias en el período de 120 días no tuvieron diferencias en los tratamientos 1 y 2 con 1,18%, el mayor crecimiento fue registrado en el tratamiento 1 con una media de 1,4 %. La tasa de crecimiento específico fue positiva (cuadro 6.19)

**Cuadro 6.19 Efecto de las densidades de carga de la Trucha Arco Iris sobre el porcentaje de Tasa de Crecimiento Específico en un Sistema de Recirculación de Agua, Pailones, IASA-ESPE 2010-2011.**

%TCE	
Tratamiento	No. Días
<b>Densidades</b>	<b>120 días</b>
<b>T1: 10 Kg.</b>	1,40
<b>T2: 20 Kg.</b>	1,18
<b>T3: 30 Kg.</b>	1,18



**Gráfico 6.22 Evaluación de la TCE bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

En las comparaciones estadísticas que se observa en el cuadro 6.20 se determinó la diferencia del tratamiento 1 con respecto a los otros 2 tratamientos, expresados con diferente letra y la semejanza estadística entre los tratamientos 2 y 3.

**Cuadro 6.20 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Tasa de Crecimiento Específico bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un  $p>0,005$ , Pailones, IASA-ESPE 2010-2011.**

Densidades	TCE%
T1 10 Kg.	1,40 b
T2 20 Kg.	1,18 a
T3 30 Kg.	1,18 a

#### **6.14 FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA FCA**

Factor que tiene que ver con la relación del alimento dado vs. el peso del animal, es decir cuanto de alimento se ha transformado en carne expresado en un valor. De acuerdo a los resultados obtenidos el factor de conversión alimenticia fue alto y existieron diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación es de 1,7 aceptable en una fase de campo (Cuadro 6.21).

**Cuadro 6.21 Análisis de Varianza del Factor de Conversión Alimenticia bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua, Pailones, IASA-ESPE 2010-2011.**

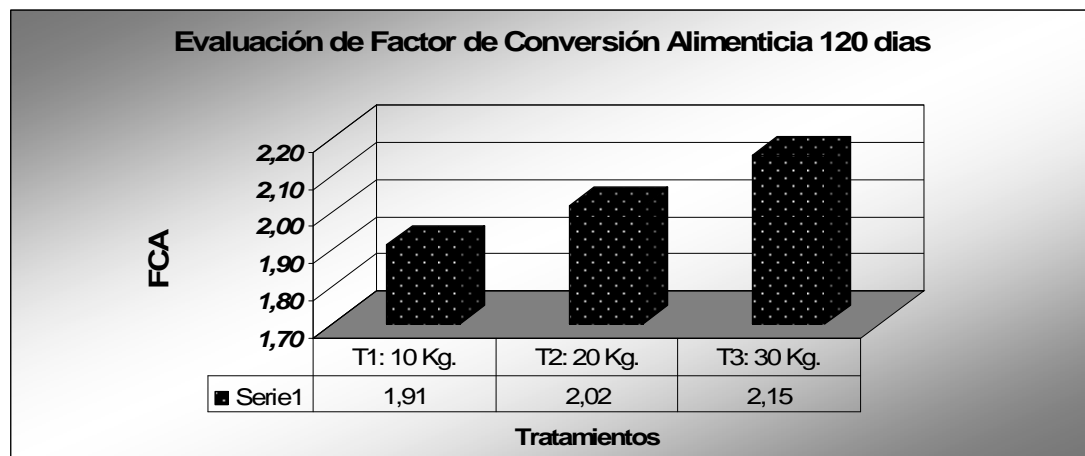
FUENTES DE VARIACIÓN	gl	FCA
TOTAL		
TRATAMIENTO	2	0,0277 *
ERROR	3	0,0013
X		1,92
CV (%)		1,7662

En este proyecto de investigación se tuvo una dificultad y esta fue la genética de los animales, ya que tanto en el sistema abierto como el sistema de recirculación de agua cerrado tuvieron un alto valor de FCA. En el Cuadro 6.22 se aprecia un FCA de 1,91 en el tratamiento 1. En los tratamientos 1 y 2 se tiene un mayor valor, esto quiere

decir que el sistema de recirculación de agua si influye en este factor ya que de alguna manera el espacio limitado hace que se estresen un poco los animales y su FCA aumente como se observa en el Gráfico 6.23.

**Cuadro 6.22 Efecto de las densidades de carga de la Trucha Arco Iris sobre el Índice de Factor de Conversión Alimenticia en un sistema de recirculación de agua, Pailones, IASA-ESPE 2010-2011.**

FCA	
Tratamientos	No. días
<b>Densidades</b>	<b>120 días</b>
<b>T1: 10 Kg.</b>	1,91
<b>T2: 20 Kg.</b>	2,02
<b>T3: 30 Kg.</b>	2,15



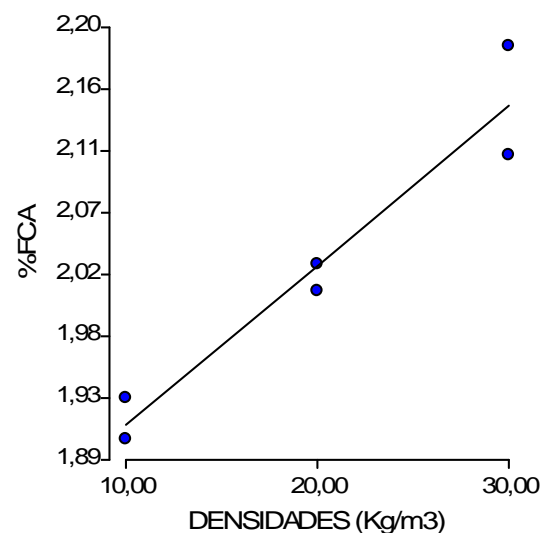
**Gráfico 6.23 Evaluación del FCA bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

En las comparaciones estadísticas de tratamientos no se encontraron diferencias entre los tratamientos 1 y 2 expresados con las mismas letras, el tratamiento 3 difirió de los otros tratamientos con una media mayor. (Cuadro 6.23)

**Cuadro 6.23 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Factor de Conversión Alimenticia bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un  $p>0,005$ , Pailones, IASA-ESPE 2010-2011.**

Densidades	FCA
T1 10 Kg.	1,92 a
T2 20 Kg.	2,02 a
T3 30 Kg.	2,15 b

El factor de conversión alimenticia va aumentando mientras las densidades de carga son mayores. Esto se debe a que el estrés que se genera con poblaciones mayores, se manifestó en la producción de carne y para suprimir este fenómeno hubo que realizar dietas periódicas para cada una de las densidades según los requerimientos del animal (gráfico 6.24)



**Gráfico 6.24 Regresión Lineal de las diferentes densidades de Trucha Arco Iris sobre el Factor de Conversión Alimenticia con un coeficiente de determinación de 0.93.**

## 6.15 ÍNDICE DE CONDICIÓN CORPORAL

El Índice de Condición Corporal nos indica el confort de los animales y la calidad de animales en una producción acuícola. Es la relación de la longitud total con el peso del animal. De acuerdo a los resultados obtenidos este se mantuvo dentro de los parámetros comerciales en todos los tratamientos con una media de 1,34. No existió estadísticamente (cuadro 6.24) significancia de diferencias entre tratamientos y su Coeficiente de variación de bajo (0,68%).

**Cuadro 6.24 Análisis de Varianza del Índice de Condición Corporal bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua, Pailones, IASA-ESPE 2010-2011.**

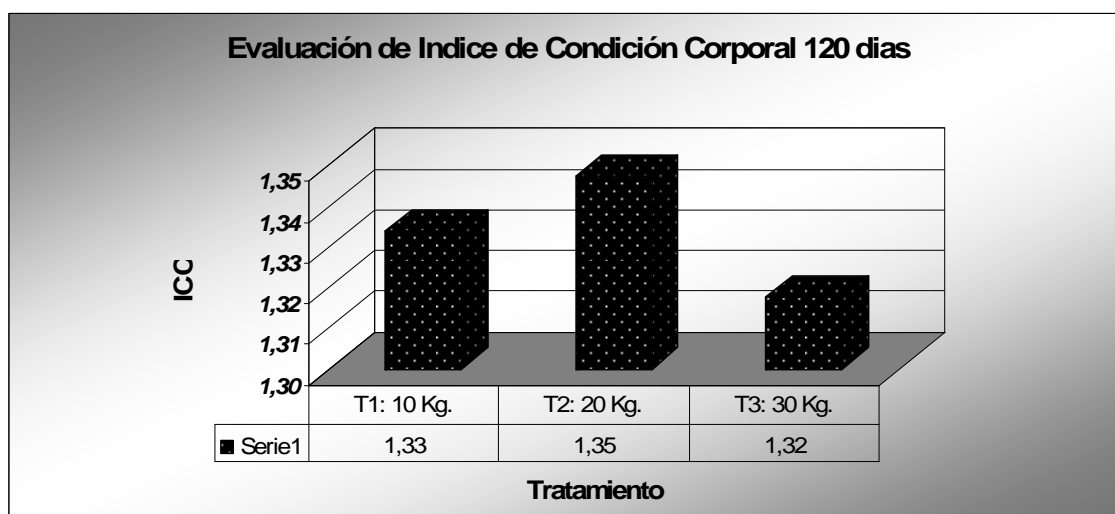
FUENTES DE VARIACIÓN	gl	ICC
TOTAL		
TRATAMIENTO	2	0,0005 ns
ERROR	3	0,0001
X		1,34
CV (%)		0,6838

En el cuadro 6.25 se observa las medias de los tratamientos, el tratamiento 2 fue el que mas ICC obtuvo (1,35), los tratamientos 1 y 3 fueron los que tienen un mejor ICC con 1,33 y 1,32 respectivamente. En el gráfico 6.25 se observa las diferencias entre los tratamientos.



**Cuadro 6.25 Efecto de las densidades de carga de la Trucha Arco Iris sobre el Índice de Condición Corporal en un sistema de recirculación de agua Pailones, IASA-ESPE 2010-2011.**

ICC	
Tratamientos	No. Días
<b>Densidades</b>	<b>120 días</b>
<b>T1: 10 Kg.</b>	1,33
<b>T2: 20 Kg.</b>	1,35
<b>T3: 30 Kg.</b>	1,32



**Gráfico 6.25 Evaluación del ICC bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011.**

En las comparaciones estadísticas según Duncan se puede observar en el cuadro 6.26 que el tratamiento 1 es semejante a los tratamientos 1 y 3; y que los tratamientos 2 y 3 son diferentes estadísticamente ya que sus medias están representadas con letras diferentes.

**Cuadro 6.26 Comparaciones con respecto a las evaluaciones de Índice de Condición Corporal bajo diferentes densidades de Trucha Arco Iris con un  $p > 0,005$ , Pailones, IASA-ESPE 2010-2011.**

Densidades	ICC
T1 10 Kg.	1,34 ab
T2 20 Kg.	1,35 b
T3 30 Kg.	1,32 a

### 6.16 MORTALIDAD

En el cuadro 6.27 se observa que en el análisis de varianza no existió diferencias estadísticas entre los tratamientos, la media es de 8,46% de mortalidad entre los tratamientos y su coeficiente de variación de de 45,57%, existió una gran variación entre los valores de los tratamientos.

**Cuadro 6.27 Análisis de Varianza de la Mortalidad bajo 4 densidades de carga de Trucha Arco Iris bajo un sistema de recirculación de agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

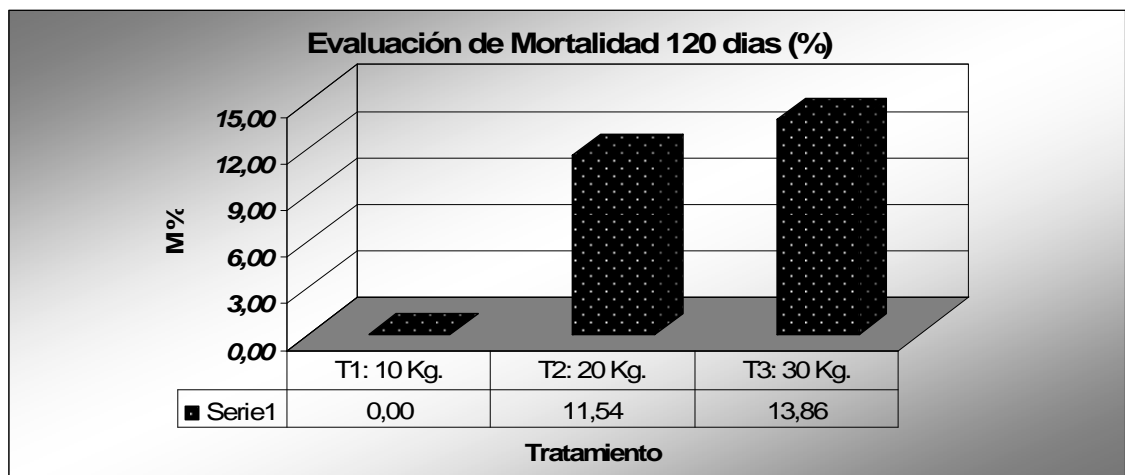
FUENTES DE VARIACIÓN	gl	M%
TOTAL		
TRATAMIENTO	2	110,1332 ns
ERROR	3	14,87
X (%)		8,46
CV (%)		45,5775

Se pudo analizar en el cuadro 6.28 las medias de mortalidad de los tratamientos en un período de 120 días. El tratamiento 1 tuvo 0 animales muertos, el tratamiento 2 tuvo 11,54% de mortalidad del total de animales de ese tratamiento (3/26 animales), el tratamiento 3 con una mortalidad de 13,86% (5/36 animales). El tratamiento 4 fue

descartado ya que su mortalidad a los 45 días fue de 76% (38/50 animales), según el diseño experimental completamente al azar nos afirma que cualquier tratamiento cuya mortalidad exceda el 50 % es descartado.

**Cuadro 6.28 Efecto de las densidades de carga de la Trucha Arco Iris sobre el Porcentaje de Mortalidad en un sistema de recirculación de agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

%M	
Tratamientos	No. Días
<b>Densidades</b>	<b>120 días</b>
<b>T1: 10 Kg.</b>	0,00
<b>T2: 20 Kg.</b>	11,54
<b>T3: 30 Kg.</b>	13,88
<b>T4: 40 Kg.</b>	76



**Gráfico 6.26 Evaluación de la Mortalidad bajo 4 densidades de carga de trucha Arco Iris bajo un Sistema de Recirculación de Agua. Pailones, IASA-ESPE 2010-2011**

## IX. DISCUSIÓN

Al desarrollar este proyecto, se demostró que es posible ejecutar un proyecto de recirculación de agua y optimizar las densidades tradicionales de producción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Con el sistema de recirculación de agua es posible alcanzar un rendimiento de 24 Kg./m<sup>3</sup>. de trucha arco iris (Arredondo, 2007).

Los parámetros comerciales en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) presentaron resultados positivos. El sistema de recirculación puede ser una alternativa que permita una mayor producción, según lo menciona Martínez, 1997, una de las soluciones que se ha encontrado para aumentar la producción y para disminuir la mala calidad de agua es el reuso de la misma.

Los análisis morfológicos de la trucha arco iris brindan resultados alentadores en todos los parámetros de bienestar animal a pesar que existieron condiciones bajas en ciertos puntos críticos, el crecimiento en peso sigue un patrón diferente que describe una curva sigmoidea. En las primeras etapas de acoplamiento del pez el incremento de peso es muy lento (Castro, 2004).

La velocidad de crecimiento de *O. mykiss* se encuentra influenciada por varios factores, entre los más destacados se encuentran la concentración de oxígeno, mayor a 5mg/lt. para satisfacer su actividad metabólica, además se influye la temperatura 13,5 °C, el alimento suministrado y el tamaño del pez (genética) (Blanco, 1994).

En el presente proyecto de tesis estos parámetros se mantuvieron en los estándares de producción, un problema que se tuvo, es el de la genética de los animales ya que el lote de animales de donde se adquirió los animales fueron de deficiente crecimiento.

## **9.1 PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA**

Las concentraciones de las variables tomadas en cuenta para la producción de trucha arco iris bajo un sistema de recirculación de agua estuvieron dentro de los límites de producción acuícola. Estos resultados se corroboran con resultados obtenidos en otras investigaciones con sistemas de recirculación de agua (Scotti, 1998).

Dentro de los estándares de amoníaco los datos obtenidos dentro del sistema de recirculación de agua fueron optimistas con un valor máximo en el día 56 de 1,14 mg/lt. Como lo manifiesta el autor Casas (2008), los niveles de aceptación son de 0,6 a 2,0 mg/lt., pasado de estos límites su nivel es tóxico, esto ocurre usualmente en sistemas intensivos por el alto consumo de alimento, por lo que es indispensable una reformulación de las dietas alimenticias. Estos datos concuerdan con lo reportado por Masser *et al.*, (1999), quien describe que ocurre un aumento en los niveles de amonio durante el periodo de maduración del agua en un biofiltro. Por lo tanto, los niveles de amonio aumentan progresivamente debido a la actividad bacteriana durante las primeras semanas para luego estabilizarse al cabo de 15 a 20 días. Según Durborow (1997), el continuo recambio de agua contribuye a estabilizar los niveles de Nitrógeno Amoniacal Total, evitando estrés fisiológico por parte de los peces. A esto se le suma que los niveles de pH presentados en los tres ensayos permitieron que los

valores de amonio no ionizado se mantuvieran por debajo de rangos nocivos para la especie (Ebeling *et al.*, 1995).

Los niveles de nitrito (NO<sub>2</sub>) disuelto en los tratamientos 2 y 3 se encontraron alrededor de 0.3 mg/lt. Estos valores según Blanco, (1995) son aceptables y se encuentran dentro del rango fisiológico adecuado para el cultivo de *O. mykiss*. Los valores de NO<sub>2</sub> se mantuvieron constantes lo que sugiere que el diseño, manejo y mantenimiento del biofiltro en parte contribuyeron a mantener niveles bajos de NO<sub>2</sub> dentro del SRA (Losordo *et al.*, 1992).

Los nitritos pueden ser estresantes para el pez, a concentraciones como 0,1 ppm. Valores de 0,5 ppm pueden llegar a causar que la sangre del pez se vuelva de color marrón como resultado de la transformación de la hemoglobina en metamoglobina (Casas, 2008). En el período de 120 días el punto más crítico fue a los 104 días con un valor de 0,41 mg/lt. que fue corregido e inmediatamente bajado a una media de 0,34 mg/lt. Al final de la investigación los animales no manifestaron cambios en el aspecto de su sangre ni conformación corporal.

Otro aspecto que contribuyó al mantenimiento de los niveles de NO<sub>2</sub> fue la aplicación inicial durante la fase de maduración del biofiltro del complemento bacteriano (Nitratest 10 ml /m<sup>3</sup>.) utilizado en el estudio. Según Masser *et al.*, (1999) la aplicación de complementos bacterianos ayuda a la rápida reactivación del biofiltro y contribuye al desarrollo de una población saludable de bacterias nitrificantes con la capacidad de remover el nitrito bajo tasas normales de alimentación.

Los nitratos son el producto final de la nitrificación y el menos tóxico de los metabolitos nitrogenados. Se ha reportado en sistemas de recirculación valores hasta de 200 mg/lt. son toleradas de buena manera por los peces o sólo cuando la exposición es prolongada puede llegar a causar daños en el sistema inmunológico aumentando su vulnerabilidad ante cualquier ataque de enfermedades (Dávila, 2004).

Esto nos ayuda a observar que los nitritos se encuentran en niveles aptos para la producción de trucha arco iris, sus valores fueron de 0,12 el mínimo hasta 0,23 el valor máximo.

El fósforo es un indicador de las buenas prácticas dentro del sistema de recirculación de agua ya que valores altos de fósforo dentro del sistema manifiesta exceso de sólidos, mala eliminación de heces, exceso de alimento e incluso es el causante en valores altos de estrés en el animal. La sanidad del medio en el que se encuentran los peces está indicada por la cantidad de fósforo disuelto en el agua. Valores mayores a 1,20 mg/lt. son tóxicos y pueden provocar que el sistema decaiga y la muerte de todos los animales. Por lo que cuando se llega a valores tan altos es recomendable hacer un cambio inmediato del agua.

Entre los gases disueltos en el agua el oxígeno esta entre los más importantes y uno de los principales factores limitantes para una vida acuática, ya que para los procesos de conversión de alimento en energía o biomasa, la mayoría de los organismos vivos necesitan respirar oxígeno. La disminución de la disponibilidad de oxígeno disuelto ocasiona reducción de los procesos vitales, afectando la eficiencia productiva de la

trucha arco iris, ya que la ganancia de peso y el consumo de alimento decrecen con la disminución del oxígeno en el agua (González y Heredia, 1998). Los valores de índice de conversión alimenticio el cual está definido como la relación entre el peso de alimento suministrado y el convertido en tejido del pez, son más altos en estanques con altas concentraciones de oxígeno entre 4 y 7 mg/lt., la trucha requiere de oxígeno para poder obtener energía a partir del alimento.

El pH es un gran indicador de una buena calidad de agua dentro de un sistema de recirculación de agua. Los valores expresados en el proyecto de investigación permanecieron dentro de los parámetros 7,95-8,02 pH. Según se incrementan los días de permanencia en el sistema de recirculación el pH aumenta, al sobrepasarse estos rangos, puede ser estresante o letal para los animales, es importante el control del pH ya que este, está vinculado con las reacciones de amoníaco y nitritos e influye también en la toxicidad de metales como el cobre, cadmio, zinc y aluminio (SAGPyA. 2007). Según estudios realizados en sistemas de recirculación de agua en trucha arco iris (Dávila, 2004) la profundidad dentro del estanque y la cantidad de luz también influyen en el pH.

Al observar los datos que se presenta en cada uno de los tres tratamientos, existe una ligera tendencia en el aumento del pH a través de los muestreos realizados. Esto se explica debido a la actividad vitrificante o de oxidación de los compuestos nitrogenados en forma de amonio a nitrito realizada por el biofiltro (Losordo *et al.*, 1992). Sin embargo, Chiodo, (1998) y Stevenson, (1999); aseguran que estos rangos son adecuados para el buen mantenimiento de poblaciones de *O. mykiss*.



## 9.2 PARÁMETROS DE CRECIMIENTO

Los individuos de los Tratamientos 1, 2 y 3, mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), esto se esperaba ya que todos los individuos fueron mantenidos bajo diferentes condiciones de densidad, ración de alimento, y calidad del agua.

Otra posibilidad en menor medida que influyó en la diferencia del peso entre grupos fue la semilla de origen, según Blanco 1994, Smith *et al.*, (1988) citados por Bastardo & Sofía (2003) y Hepher ,(1993) el crecimiento de truchas criadas bajo condiciones ambientales similares a menudo varia por factores tales como el tipo de alimento, frecuencia de alimentación, densidad de siembra, oxígeno disuelto y entre estos factores, también está dada la línea de origen del pez. A nivel de muestreos el tratamiento 1 obtuvo incrementos totales finales promedio en peso mayores a 3 g/día, es importante señalar que durante la ejecución del ensayo el tratamiento 4 presentó un cuadro infeccioso en los peces por parte de bacterias *Aeromonas sp.*, durante el tercer período de muestreo realizado y provocó la mortalidad de mas del 50% del total del tratamiento por lo que a nivel estadístico se eliminó este tratamiento. Para impedir la contaminación cruzada entre tratamientos a estos organismos se les realizó un tratamiento con cloruro de sodio que consistió en baños de una solución al 40 % de NaCl con agua madurada y aireación suplementaria por periodos de 8 segundos en un volumen de agua 40 lt. y luego eran devueltos al SRA, esto se afirma con los tratamientos que recomienda Floyd,(1995) para prevenir el ataque de hongos.

Los organismos obtuvieron incrementos en peso parecidos en comparación con otros estudios como en Ceballos & Velázquez (1988), donde organismos de *O. mykiss*, sometidos a una densidad de siembra de 20Kg/m<sup>3</sup>. durante un periodo de 84 días y con un peso inicial de 300 g. alcanzaron un peso final de 550 g. en sistemas de cultivo en estanques de concreto; Gurzeda & Perdomo 1976, Rey 1977 citados por Zambrano, (1991) reportan ganancias de peso diarias de 2-3 g. en un periodo de cultivo de 56 días en sistemas de cultivo en jaulas.

Las curvas de crecimiento para el incremento en peso en los tratamientos 1,2 y 3, muestran un comportamiento de rápido incremento durante el periodo de cultivo. En comparación con una curva de crecimiento teórica para peso propuesta por Blanco (1994), se afirma que en 4 meses y medio los organismos alcanzan un peso promedio de 800 g.

La longitud total mostró incrementos finales superiores a 38 cm. en todos los tratamientos evaluados. A nivel de muestreo todos los animales del tratamiento 1 no mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) y obtuvo valores de longitud similares, en los tratamientos 2 y 3 tampoco se observan mayores diferencias estadísticas. Al momento de realizar las comparaciones estadísticas se manifestaron con la misma letra la mayoría de los valores ( $p < 0.05$ ), esto nos indica que no afecta la densidad de carga hasta 30 Kg. /m<sup>3</sup>. en el crecimiento del animal. Las curvas de crecimiento para la longitud total mostraron coeficientes de determinación ligeramente superiores para cada uno de los tratamientos en el orden de T1 el mayor T2 y T3.

La longitud parcial fue prácticamente la misma que la longitud total disminuida 2 cm., estadísticamente tiene los mismos valores que la longitud total ( $p < 0.05$ ) y el ancho sigue un patrón de crecimiento de los 7 cm hasta los 9,18 cm, hacia el final del periodo de mantenimiento.

En función de las correlaciones peso-longitud total, se determinó que existe una alta asociación entre estos dos parámetros para los tres tratamientos evaluados siendo superiores a 0.89.

### **9.3 PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN**

Según los resultados obtenidos para el incremento en biomasa bruta, en los tres tratamientos realizados se obtuvieron incrementos por encima de los 529 g/día/Kg. en un periodo de cultivo de 120 días calendario. El tratamiento 3 fue el que obtuvo los mayores incrementos de biomasa total final (13658,13 g.). El tratamiento 2 obtuvo un total de biomasa final de 10144,29 g. y el tratamiento 1 de 5630,03 g. Se superó lo que según Merino (2005), se afirma que las biomásas máximas aconsejadas son de alrededor de 8-10 Kg./m<sup>3</sup>. las cuales son densidades bajas en comparación la densidad mayor obtenida en este experimento (30 Kg./ m<sup>3</sup>. o 36 peces/m<sup>3</sup>.); inclusive es mayor en comparación con sistemas de cultivo tradicionales: 9.67 Kg./m<sup>3</sup>. y 12 peces/m<sup>3</sup>. (Amézquita 1982, Gurzeda & Perdomo 1976 citados por Zambrano, 1991); en sistemas de jaula 15 Kg/m<sup>3</sup>. (Amaya 1988, citado por Zambrano, 1991); 15-18 Kg/m<sup>3</sup>. (Rosado & Erazo, 2001) para estanques y 15-30 Kg./m<sup>3</sup>. (Cold, 1991) para sistemas en canales.

Si tenemos en cuenta los valores mantenidos en los sistemas utilizados se podría aumentar en un factor de 5 Kg., mas la densidad de organismos para el mismo volumen de agua implementado, lo cual permitiría virtualmente mantener individuos de *O. mykiss* hasta el peso de 1 Kg., disminuyendo el costo de producción en términos de implementación de tanques, bombas y energía eléctrica. En sistemas de cultivo en canales en Colombia el flujo de agua generalmente utilizado para producción de trucha arco iris es de entre 5-70 lt/min (Merino, 2005), 65.32 lt/min. (López *et al.*, 2007) ,es decir que un periodo de 120 días y con un flujo constante de entrada y de salida de agua de solo 18 lt/min. el sistema de recirculación estaría por encima de los caudales mantenidos en otros sistemas de recirculación con agua como los utilizados por Szyper *et al.*, (2005) en donde se mantienen caudales de 3-9 lt/min. pero dentro de los caudales como los mantenidos en Al-Hafedh *et al.*, (2003) donde se utilizó un flujo de 40 lt/min.

Según FAO, (2009) el inadecuado uso de los recursos hídricos de los ecosistemas de agua dulce como lo son el drenaje, el relleno y la extracción de agua para actividades agropecuarias e industriales está contribuyendo a la fragmentación y perdida de los hábitats acuáticos, además de contribuir con la desaparición de la diversidad ecológica y al cambio en la composición de especies. Otro proceso de problemática ambiental es la eutrofización originada en los sistemas de producción acuícola convencional, esta es producida por varios factores entre los que figuran las grandes cantidades de alimento introducidas, las bajas tasas de asimilación de alimento y a los inadecuados tratamientos de los efluentes esto genera problemas de productividad, calidad de agua y enfermedades (Vásquez, 2007).

Con referencia a la ganancia en peso de los tres tratamientos el tratamiento 1 tuvo la mayor ganancia de peso promedio individual mientras que en los tratamientos 2 y 3 no se mostró ganancia mayor a 2,7 g/día. Los incrementos son menores en comparación a otros trabajos Avalos *et al.*, (2002). Esto justificamos con la genética proporcionada para el proyecto de tesis.

Con respecto a la Tasa de Crecimiento Específica, TCE, los valores expresados en porcentaje/día son mayores a 1,18 en todos los tratamientos. Los valores de TCE presentados son inferiores a valores obtenidos por otros autores en sistemas de jaula y de canales 3.35% (Morales, 2004), 1.76% (Alvarado, 1999), 1.70% (Bastardo & Sofía, 2003) correspondientes a estadios de desarrollo posteriores (juveniles). El estadio de desarrollo y el peso inicial de los individuos probablemente impidieron la obtención de tasas de crecimiento específicas elevadas, conjuntamente con los rangos de temperatura (13 °C) mantenidos en el sistema de recirculación con agua evaluado en el ensayo (Merino, 2005; Blanco, 1994).

El factor de Conversión Alimenticia presentó valores en un rango de 1,91 a 2,15, siendo el tratamiento 1 el que tuvo el menor FCA (1.91). Estos valores son superiores a otros valores obtenidos en otros sistemas tales como cultivos en jaulas flotantes (FCA= 0.95-1.07) (Morales & Quirós, 2007). El FCA aumentó en los tratamientos 2 y 3, obtuvieron mayores incrementos (2,02 y 2,15) para T2 y T3 correspondientemente. Estos resultados son mayores a los obtenidos en sistemas de jaulas y de cubetas 1.08, (Alvarado, 1998), 1.34 (Morales & Quirós, 2007) y 1.1 (Bastardo & Sofía, 2003). Según Cain & Garling, (1993) los valores obtenidos en

este experimento representan peces que están convirtiendo inadecuadamente el alimento consumido en biomasa bruta.

La mortalidad en el tratamiento 1 fue de 0 ya que este tratamiento contaba con el sistema abierto o tradicional, los otros tratamientos T2 y T3 tuvieron mortalidades de 11,54% y 13,88% respectivamente. La sobrevivencia es inferior a otros estudios (97.17%), a una densidad inicial de 50 peces/m<sup>3</sup>. (Alvarado, 1999), 85% en Cevallos & Velázquez, (1988) en sistemas de cubetas de concreto a una densidad de 12.152 peces/m<sup>3</sup>. y con un volumen total de 7.2 m<sup>3</sup>, sin embargo la sobrevivencia de los tratamientos 1,2 y 3 no fue dependiente de factores patológicos, calidad del agua ni del alimento suministrado en todas las demás repeticiones, sino fue debido a factores de diseño del sistema ya que cuando había cortes de luz estos tenían deficiencia de oxígeno y de suministro de agua hasta que se conecte el generador de luz.

## X. CONCLUSIONES

- El sistema de recirculación con agua (SRA) no presentó fallas en su desempeño a nivel de sostenimiento constante del flujo de agua, del volumen total del sistema, funcionamiento del biofiltro y remoción de materiales suspendidos en el agua además reduce el consumo de agua ocupando tan solo el 0,27% ( $8 \text{ m}^3$ ) del agua total que se ocuparía con un recambio del 100% ( $2880 \text{ m}^3$  en 120 días).
- Los parámetros de calidad de agua (oxígeno disuelto, amonio, nitrito, nitrato, fósforo, pH, temperatura) en este ensayo se mantuvieron en todo momento dentro de los rangos aceptables para el cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).
- El sistema de recirculación de agua en las condiciones de el sector de Pailones-IASA I, permitirá la engorda de animales hasta 800g a una densidad de  $30 \text{ Kg./m}^3$  en  $1 \text{ m}^3$ , en un tiempo aproximado de 4 meses manteniendo los parámetros morfométricos y de comercialización.
- Según el análisis económico el tratamiento 3 con una densidad de  $30 \text{ Kg./m}^3$  es el más rentable ya que los costos de energía son los mismos que el de los otros tratamientos solamente el costo de alimentación es el que varía.

- Los sistemas de recirculación de agua son una alternativa para la producción intensiva de peces, ya que permite elevar las densidades unas 3 veces por encima de las densidades normales manejadas en el proyecto de acuicultura de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA I, tal como se evidenció en este ensayo.



## IX. RECOMENDACIONES

- Realizar nuevos estudios que determinen una mayor densidad entre 30 y 40 Kg./m<sup>3</sup>, que permitan encontrar la mejor densidad para optimizar el recurso agua, a escala industrial y optimizando protocolos, así poder ayudar a criaderos de esta especie en el Ecuador.
- Es importante realizar estudios en los que se puedan manejar la mejor densidad propuesta en este estudio, aplicando diferentes cargas de oxígeno disuelto para optimizar la calidad de agua.
- Con referencia al factor de conversión alimenticia los altos valores se debe a la genética de los animales por lo que se recomienda realizar estudios priorizando las líneas genéticas de animales, que sean de buena calidad y si es posible con animales certificados.
- Una práctica que podría significativamente aumentar los valores de peso promedio para el mismo periodo de cultivo es el racionamiento del alimento suministrado, se podría conservar el 10% de alimento como porcentaje de peso húmedo promedio individual por el numero de peces, pero se podría dividir esa ración en 8 porciones iguales así el alimento podría ser adecuadamente aprovechado por los individuos, lo que permitiría obtener mejores factores de conversión y tasas de crecimiento específico mayores.

- Realizar este proyecto por un período de tiempo mayor o hasta alcanzar el kilogramo de peso vivo para observar el comportamiento de los animales en el sistema.
- Mejorar los protocolos de biofiltros ya que estos son indispensables para la mayor permanencia de los animales en el sistema, utilizando otros estratos para la reproducción de las bacterias nitrificantes y calentadores de agua en los biofiltros ya que la acción de las bacterias a 13 °C se limita a un 25% de eficiencia.
- Los estudios próximos deben tener en cuenta que el insumo de electricidad debe ser permanente y caso contrario se debe adquirir un generador eléctrico que pueda abastecer al Sistema de Recirculación de Agua evitando los cortes de energía.

### III.BIBLIOGRAFÍA

Al-Hafedh, Y.; Alam A.; Alam M. 2003. Performance of plastic biofilter media with different configuration in a water recirculation system for the culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Natural Resources and Environment Research Institute, King Abdulaziz City for Science and Technology. Aquacultural Engineering pp 139-154.

Alvarado, H. 1998. Efecto de diferentes concentraciones de calcio sobre el desarrollo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en condiciones de cultivo.

Alvarado H. 1999. Crecimiento y sobrevivencia de la trucha arco iris cultivada en diferentes tipos de estanques y densidades. Centro de Investigaciones del Estado del Táchira, Venezuela. pp 121-129.

Arredondo F, Barriga I, 2007, (*Oncorhynchus mykiss*) Trucha arcoiris Experiencias, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Iztapalapa, México 09340 D.F

Aguilera H; Noriega P. 1985. La Trucha y su Cultivo. FONDEPESCA, Secretaría de Pesca. pp. 60.

Ávalos P.; Regalado F.; Rubín V. 2002. Evaluación de una tabla de alimentación para truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) mediante tasas de racionamiento. Primer Congreso Nacional de Acuicultura. pp. 1-9.

Bastardo H. & B, Sofía. 2003. Crecimiento de truchas todas hembras y de ambos sexos en un criadero venezolano. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Investigaciones Agrícolas del estado Mérida, Campo Experimental Truchícola La Mucuy. Mérida, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, pp.17-26.

Blanco, M. C. 1994. La trucha. Cría industrial. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid, España. pp. 488.

Borges M.; Silva P.; Moreira L.; Soares R. 2005, Integration of consumer-targeted microalgal production with marine fish effluent biofiltration – a strategy for mariculture sustainability. Departamento de Zoologia-Antropologia, Faculdade de Ciencias do Porto, Praca Gomes Teixeira, Portugal.

Cain K &. Garling D. 1993. Trout culture in the North Central Region. Department of Fisheries and Wildlife, Michigan State University, East Lansing, pp. 1-8.

Casas D. 2008, Sistema de Recirculación de Agua para La cría intensiva de Cachama Blanca (*Piractus brachypomus*), Universidad Centroccidental Lizandro Alvarado, Cabudare, Venezuela, pp. 18-21

Cevallos M. & Velasquez M. 1988. Perfiles de la alimentación de peces y crustáceos en los centros y unidades de producción acuícola en México. Secretaría de pesca Dirección General de Acuicultura. FAO. Pachuca, Hidalgo. México. pp. 1 -10.

Chiodo, L. M. 1998. Cultivo de truchas en lagunas. Ediciones Calipso. Argentina.

Durborow, R. M.; Croaby, D. M.; Brunson, M. W. 1997. AMMONIA IN FISH PONDS. Southern Regional Aquaculture Center, United States Department of Agriculture, Cooperative States Research, Education, and Extension Service pp. 1-2.

Ebeling, J.; Jensen, G.; Losordo, T.; Masser, M.; McMullen, J.; Pfeiffer, L; Rakocy, J.; Sette, M. 1995. Model aquaculture recirculation system (MARS). Department of Agricultural Education and Studies Iowa State University. pp. 1-14.

FAO. 2001. Aquaculture Development. 1. Good Aquaculture Feed Manufacturing Practice. FAO Technical Guide for Responsible Fisheries No. 5, Suppl. pp.1. 47.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT), Shetty H, Bowers A, Pagán, Pillay T, Shang Y, Schmidt U. 2008, Programa para la Formación de Acuicultores en el Centro Regional Latinoamericano, pp. 3.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT), 2009, Programa para la Formación de Acuicultores en el Centro Regional Latinoamericano.

Floyd R, 1995. The use of salt in aquaculture. Department of Large Animal Clinical Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural sciences, University of Florida pp 86: 1-3.

Hepher B. 1993. Nutrición de peces comerciales en estanques. Editorial Limusa. Lima, Perú.

Idrovo J *et al*, 2008, I CONGRESO DE ACUACULTURA EN AGUAS CONTINENTALES ESPE-2008, Escuela Superior Politécnica Del Ejército, Editorial ESPE, Ecuador, Sangolquí, pp. 6,8,

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos),2000, Sector Pesquero, pp. 12-13

Jover M. 2008, SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN EN ACUICULTURA CONTINENTAL, Expo Zaragoza, Universidad Politécnica de Zaragoza, Zaragoza – España pp. 1-3

López, F.; López, M.; Reyes, J. 2007. Viabilidad de una truchifactoría como alternativa de producción sostenible en la zona del Páramo de Letras, Caldas y Tolima, Colombia. *vet. zootec*, pp. 30-42.

Losordo, T. M.; Masser, P. M.; Rackocy, J. E. 1992. An overview of critical considerations. Recirculating aquaculture tank production systems. Southern Regional Aquaculture Center pp. 1-7.

Masser, M. P.; Rackocy, J. T. M. Losordo. 1999. Recirculating aquaculture tank. Production systems. Management of recirculating systems. Southern Regional Aquaculture Center pp. 1-12.

Martínez R., 1997, CYTED, SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA PARA CRÍA DE ALEVÍN DE TRUCHA ARCOIRIS (*Oncorhynchus mykiss*) Y CARPA COMÚN (*Cyprinus carpio*), UAEM, México, pp. 1-3

Merino M. 2005. El cultivo de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural, INCODER. pp. 1-6.

Morales C. 1991 Acuicultura marina animal, Ediciones Mundi-Prensa. 3ª Edición. Madrid. España. pp. 522-567.

Morales, G & Quirós, R. 2007. Desempeño productivo de la trucha arco iris en jaulas bajo diferentes estrategias de alimentación. Asociación Latinoamericana de Producción Animal pp. 119-127.

Morales, G. 2004. Crecimiento y eficiencia alimentaria de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas bajo diferentes regímenes de alimentación. Área de Sistemas de producción Acuática, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos aires, Argentina. pp. 1- 51.

Parada G. 2007, TENDENCIAS DE LA ACUICULTURA MUNDIAL Y LAS NECESIDADES DE INNOVACIÓN DE LA ACUICULTURA CHILENA, Acuicultura e Innovación, Chile, pp. 42- 44

Phillips V., 2006, Manual Básico Para El Cultivo De Trucha Arco Iris, Global Environmental Management. Chapingo - Chile. pp. 6-8.

PrineosPesca 2006 Manual Para La Producción De Truchas En Jaulas Flotantes, Higher Education for Development, USA.

Rodriguez H. & Anzola E 2001. Calidad del Agua y la Productividad de un Estanque en Acuicultura. En: Anzola. M. Aviles. C. Beltrán. C. Burbano M. Carrillo. F. Diaz. M. Dorado A. Erazo C. Espejo F. Gallego E. Gonzalez R. Gonzalez M. Landinez. L. Martinez. M. Merino. H. Mojica. G. Polo. H. Rodriguez. J. Rodriguez. R. Rosado. M. Torres. E. Torres. C. Useche. W. Vazquez. C. Vasquez. C Villaneda. M. Villanueva M, Fundamentos de acuicultura continental, Grafimpresos Quintero, Bogotá, Colombia. pp. 43-73

Salazar, Gustavo. 2001, Fundamentos de Acuicultura Continental, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, INPA Colombia: Segunda Edición.

Segovia M. 2010, Principios de los Sistemas de Recirculación en Acuicultura, III Curso Virtual, AQUA CAMPUS, México

SENAGUA, (Secretaría Nacional del Agua), 2010, Ley de Aguas, Edición 4ta, pp. 13, 22, 38.

Summerfelt 1992, Los sistemas de recirculación en acuicultura: El futuro de la piscicultura, Panorama Acuícola Magazine, Vol. XVI, pp. 5-7



Scotti H., Zapata B. 1998, DESAFIOS PARA UNA PRODUCCIÓN LIMPIA: SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN DE AGUA, Calidad de agua, pp. 5

Stevenson, J.P. 1999. Trout Farming Manual. Fishing News (book) Ltd., Surrey England. E P, pp. 203.

Szyper, J.; Tamaru, C.; Ako, H.; Hopkins, K.; Howerton, R. 2005. Low-Cost Biofiltration Systems. Sea Grant. University of Hawaii. Aquaculture Extension Bulletin. pp. 11.

Tacon J. 2005, INFORMACIÓN resumida sobre producción ACUÍCOLA a nivel mundial, Global Aquaculture production highlights y estimated compound aquafeed use in 2005, SAGPyA, Argentina.

Vásquez W. 2007. Las dietas como factor de impacto sobre la calidad del agua en sistemas de cultivo intensivo de peces. Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola pp. 12.

Xornal Galicia Maritima, ONU (Organización para las Naciones Unidas) ,PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), 2010, La acuicultura, motor del crecimiento de los productos marinos, pp. 5-6.

Yáñez J. Experiencias en el cultivo intensivo de la Tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, en sistemas de recirculación cerrados, 2002, Comunicación Científica, pp. 423-442

Zambrano, L. H. 1991. Crecimiento de juveniles de Trucha *Oncorhynchus mykiss*, sometidos a diferentes densidades de siembra y cultivados en jaulas flotantes, Lago de Tota, Boyacá

Zeiss, E.; Hernández, P.; Otero, J. 1988, Cultivo de trucha arco-iris. Parte I, Parte II: Sanidad en confinamiento. *Revista Argen. de Prod. Animal. Resúmenes del XIII Congreso Argentino de Prod. Animal.* Mar del Plata. Argentina.

### **PAGINAS WEB**

Alvarado H. Bastardo, H. 1983, Producción de truchas en Venezuela, Venezuela.

Disponible en:

<<http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd09/texto/producciontruchas.htm>>.

Consultado el 7 de abril del 2010.

Coto M. 2010, MaixMail, Foro Abierto de Acuicultura, Cuba, Disponible en

<http://www.mailxmail.com/autor-magaly-coto-2>

Consultado el 5 y 6 de Mayo del 2010.

Figueroa A., 2009, Calidad del agua en acuicultura: conceptos y aplicaciones,

UNIVERSIA, Red de Universidades, Biblioteca.net, Disponible en:

[http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/params/id/37900325.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/37900325.html)

Consultado el 5 de mayo del 2010.

Rubio P. 2008, PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS PARA PECES, Peatom,

Disponible en:

<http://www.peatom.info/castilla-y-leon/115749/nuevo-centro-de-investigacion-de-acuicultura/>

Consultado el 12 de mayo del 2010.

SAGPyA. 2007. producción ACUÍCOLA a nivel mundial, Disponible en:

<<http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd09/texto/producciontruchas.htm>>.

Consultado el 2 de mayo del 2010.