

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA EFICACIA DE ÁCIDO ASCÓRBICO,
FLORFENICOL, METHYLBENESULFONAMIDA SÓDICA Y AMONIO
CUATERNARIO, EN EL CONTROL DE FLAVOBACTERIOSIS sp. EN TRUCHA
ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) DURANTE LA FASE DE ALEVINAJE EN
CONDICIONES DE CULTIVO SUPERINTENSIVO**

ELVER EDUARDO RUALES

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA
PASTO – COLOMBIA
2009**

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA EFICACIA DE ÁCIDO ASCÓRBICO,
FLORFENICOL, METHYLBENESULFONAMIDA SÓDICA Y AMONIO
CUATERNARIO, EN EL CONTROL DE FLAVOBACTERIOSIS sp. EN TRUCHA
ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) DURANTE LA FASE DE ALEVINAJE EN
CONDICIONES DE CULTIVO SUPERINTENSIVO**

ELVER EDUARDO RUALES

**Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de Médico
Veterinario**

**Presidente:
JORGE NELSON LÓPEZ MACIAS
M.V.Z. Esp, M.Sc., Ph.D.(C)**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE MEDICINA VETERIANARIA
PASTO – COLOMBIA
2009**

“Las ideas y conclusiones aportada en la Tesis de Grado, son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1 del Acuerdo No 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

JORGE NELSON LÓPEZ MACIAS M.V.Z., Esp, M. Sc., P.h.D. (C)
PRESIDENTE DE TESIS

HÉCTOR FÁBIO VALENCIA RIOS M.V.Z.
JURADO

EDMUNDO ANDRES TIMARÁN M.V.
JURADO

San Juan de Pasto, Octubre de 2009

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

JORGE NELSON LÓPEZ MACIAS	M.V.Z., Esp., M.Sc., Ph.D.(C)
HÉCTOR FÁBIO VALENCIA RIOS	M.V.Z.
EDMUNDO ANDRES TIMARÁN	M.V.
JUAN MANUEL ASTIZA MARTINES	M.V.Z.
ALVARO DUEÑAS LEMAN	Presidente General Piscifactoría EL Diviso Ltda.
JUAN MANUEL DUEÑAS	Gerente General Piscifactoría EL Diviso Ltda.
CARLOS ALBERTO PUENTES SOTO	Gerente de producción Piscifactoría El Diviso Ltda.
GUSTAVO A. ALVIS	Director Nacional de Acuicultura Grupo Solla S.A.

Dedico a:

A Dios por hacer de mis sueños una realidad.

Mi madre y hermanas por el apoyo, confianza y porque sobre todas las cosas puedo compartir este triunfo con ellas. Para con ellas mi más grande e infinita gratitud.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	21
1 DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	22
2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
3 OBJETIVOS	24
3.1 OBJETIVO GENERAL	24
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4 MARCO TEÓRICO	25
4.1 BIOLOGÍA DE LA TRUCHA ARCOIRIS (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	25
4.1.1 Clasificación taxonómica	26
4.1.2 Características anatomofisiológicas	26
4.1.2.1 Aletas y movimiento	27
4.1.2.2 Natación	27
4.1.2.3 Escamas y edad de la trucha	27
4.1.2.4 Flotación	28
4.1.2.5 Esqueleto	28
4.1.2.6 Respiración	28
4.1.2.7 Sistema circulatorio – excretor	28
4.1.3 Sistema nervioso – órganos de los sentidos	29
4.1.3.1 Vista	29

4.1.3.2	Colorido	29
4.1.3.3	Oído	29
4.1.3.4	Línea lateral	29
4.1.3.5	Olfato	30
4.1.3.6	Gusto	30
4.1.4	Aparato respiratorio	30
4.1.5	Sistema digestivo	31
4.1.5.1	Boca	31
4.1.5.2	Faringe y esófago	31
4.1.5.3	Estómago	31
4.1.5.4	Intestino	32
4.1.5.5	Hígado	32
4.1.5.6	La vesícula biliar	32
4.1.6	Sistema excretor	32
4.1.6.1	El riñón	32
4.2	CONDICIONES PARA EL CULTIVO DE LA TRUCHA (O. Mykiss)	33
4.2.1	El agua	33
4.2.1.1	Principales parámetros físico – químicos	34
4.2.1.1.1	La temperatura	34
4.2.1.1.2	Oxígeno disuelto	35
4.2.1.1.4	Alcalinidad	36
4.2.1.1.5	Turbidez	37
4.2.1.1.6	Dióxido de Carbono	38

4.2.1.1.7	Amonio	38
4.2.1.1.8	Nitritos y Nitratos	38
4.3	NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE LA TRUCHA	
	ARCOIRIS (<i>O. mykiss</i>)	38
4.3.1	Fisiología de la digestión	38
4.3.2	Principios nutritivos	40
4.3.2.1	Proteína	40
4.3.2.2	Grasas	42
4.3.2.3	Carbohidratos	42
4.3.2.4	Minerales	43
4.3.2.5	Vitaminas	44
4.4	CRIANZA INICIAL DE LA TRUCHA ARCOÍRIS (<i>O. Mykiss</i>)	44
4.4.1	Estrategias optimas de colocar en estanques y alimentar	44
4.4.2	Alimentación de alevinos	46
4.5	FLAVOBACTERIOSIS EN PECES	47
4.5.1	Flavobacteriosis en peces dulceacuícolas	49
4.5.1.1	Columnaris	49
4.5.1.2	Signos Clínicos, diagnóstico e identificación confirmada	50
4.5.1.3	Enfermedad bacterial de agua fría (BCWD)	53
4.5.1.3.1	Sinónima	53
4.5.1.3.2	Causa de la enfermedad	53
4.5.1.3.3	Rango, distribución, y ocurrencia del huésped	53

4.5.1.3.4	Signos clínicos, diagnóstico e identificación confirmada	54
4.5.1.3.5	Depósito de infección y transmisión	55
4.5.1.3.6	Prevención, tratamiento y control	56
4.5.1.3.7	Estado reglamentario	56
4.5.1.3.8	Importancia de la salud pública	56
4.6	TRATAMIENTO	57
4.6.1	Los antisépticos	57
4.6.1.1	Tensioactivos: catiónicos o derivados del amonio cuaternario	57
4.6.1.1.1	Propiedades físico-químicas	57
4.6.1.1.2	Mecanismo de acción	57
4.6.1.1.3	Propiedades antimicrobianas	58
4.6.1.1.4	Aplicaciones	58
4.6.1.1.5	Toxicidad y efectos adversos	58
4.6.1.2	Control químico de la flavobacteriosis con Methybenesulfonamida	58
4.6.2	Antibióticos	58
4.6.2.1	Florfenicol	59
4.6.2.1.1	Indicaciones	60
4.6.2.1.2	Mecanismo de acción	60
4.6.2.1.3	Administración y dosis	60
4.6.2.1.4	Incorporación del antibiótico	60
4.6.3	Inmunosupresión	61

4.6.3.1	Acido ascórbico	62
4.6.3.1.1	Propiedades farmacológicas	62
4.6.3.1.2	Mecanismo de acción	62
4.6.3.1.3	Farmacocinética	62
4.6.3.1.4	Indicaciones y posología	62
5	DISEÑO METODOLÓGICO	65
5.1	LOCALIZACIÓN	65
5.2	INSTALACIONES Y EQUIPOS	66
5.2.1	Utensilios y equipos	66
5.3	EJEMPLARES Y PERIODO DE ESTUDIO	67
5.4	PLAN DE MANEJO	67
5.4.1	Estanques	67
5.4.2	Alimentación	67
5.4.3	Método de impregnación	67
5.4.4	Pesaje y medición	68
5.4.5	Análisis bromatológico	68
5.4.6	Control de la calidad del agua	69
5.4.7	Caracterización	70
5.4.8	Análisis histopatológico	70
5.5	TRATAMIENTOS	70
5.6	DISEÑO EXPERIMENTAL	71
5.7	FORMULACIÓN DE HIPOTESIS	72
5.8	VARIABLES EVALUADAS	72

5.8.1	Porcentaje de mortalidad pre y post-tratamiento	72
5.8.2	Número de patologías	72
5.8.3	Conversión del alimento (CA)	73
5.8.4	Incremento periódico de peso (IPC)	73
5.8.5	Consumo	73
5.8.6	Análisis parcial de costos	73
6	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	74
6.1	VARIABLES EVALUADAS	74
6.1.1	Porcentaje de mortalidad pre y post-tratamiento	74
6.1.2	Número de patologías	74
6.1.3	Factor de conversión del alimento (FCA)	82
6.1.4	Incremento periódico de peso (IPC)	83
6.1.5	Consumo	83
6.1.6	Análisis parcial de costos	86
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
7.1	CONCLUSIONES	88
7.2	RECOMENDACIONES	89
8	BIBLIOGRAFÍA	90

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Condiciones físico - químicas del agua para Truchas arcoiris (O. Mykiss)	37
Tabla 2. Oxígeno en disolución: partes por 100.000	39
Tabla 3. Niveles Extremos Permisibles para las condiciones físico-químicas del agua	40
Tabla 4. Valor del pH en el agua y su incidencia en los salmónidos	41
Tabla 5. Porcentaje de nutrientes en la ración de la trucha arcoiris	43
Tabla 6. Dosis recomendada de N-Cholo-4 Methylbenesulfonamide Sodium SALT según dureza y pH del agua	59
Tabla 7. Resultados promedio del numero de ejemplares muertos pre y post-tratamiento	75
Tabla 8. Incidencia de casos clínicos de flavobacteriosis	77
Tabla 9. Factor de conversión del alimento (FCA), para los 6 tratamientos y sus replicas	83
Tabla 10. Incremento de peso expresado en gramos durante el periodo experimental, para los 6 tratamientos y sus replicas	85
Tabla 11. Consumo promedio de alimento expresado en kilogramos en los tratamientos y replicas	85

Tabla 12.	Costos parciales de producción por tratamiento durante el periodo experimental	87
Tabla 13.	Costos e ingresos de producción durante el periodo experimental	87

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Trucha Arcoiris (O. Mykiss)	25
Figura 2. Esquema básico de la anatomía de un salmónido	33
Figura 3. Sistema de conducción y aforo del agua	36
Figura 4. Ovas iniciando la eclosión y Alevines de trucha arcoiris (O. Mykiss) 1 día después de eclosión	45
Figura 5. Alevines de trucha arcoiris (O. Mykiss) de 4 y 14 días después de eclosión respectivamente	46
Figura 6. Alevines de trucha arcoiris (O. Mykiss) 21 días después de eclosión respectivamente	47
Figura 7. Ejemplar de Trucha arcoiris (O. Mykiss) con lesión en la aleta dorsal causada por flavobacterium columnaris	52
Figura 8. Formula estructural del florfenicol y cloranfenicol	61
Figura 9. Piscifactoría El Diviso Ltda.	65
Figura 10. Estanques donde se efectuó el trabajo	66
Figura 11. Ovas de trucha arcoiris (O. Mykiss) procedentes de Trautloge	68
Figura 12. Estanque encalado y desinfectado con amonio cuaternario	69
Figura 13. Pesaje de los ejemplares el día del traslado	69
Figura 14. Aislamiento microbiológico de Flavobacterium sp. en medio Tyes modificado	71

Figura 15. Lesión inicial en aleta dorsal de un alevino de trucha arcoiris (<i>O. Mykiss</i>) afectado por <i>Flavobacterium</i> sp	76
Figura 16. Lesión progresiva en aleta dorsal de un alevino de trucha arcoiris	76
Figura 17. Lesión de un alevino de trucha arcoiris (<i>O. Mykiss</i>) infectado por <i>Flavobacterium</i> sp.	77
Figura 18. Ulcera en la base de aleta dorsal de un alevino de trucha arcoiris	78
Figura 19. Necrosis en forma de silla de montar en un alevino de trucha arcoiris (<i>O. Mykiss</i>)	78
Figura 20. Alevino de trucha arcoiris (<i>O. Mykiss</i>), con nado errático y exoftalmia infectado por <i>flavobacterium</i> sp.	79
Figura 21. Alevino de trucha arcoiris (<i>O. Mykiss</i>) de 95 días, con exoftalmia infectado por <i>flavobacterium</i> sp.	79
Figura 22. <i>Flavobacterium</i> sp. observado en el microscopio, obtenido de la lesión de un alevino de trucha arcoiris (<i>O. Mykiss</i>) mediante frotis húmedo	80
Figura 23. Hipertrofia laminar en branquias obtenidas de alevín de trucha arcoiris (<i>O. Mykiss</i>) infectado por <i>Flavobacterium</i> sp.	81
Figura 24. Periesplenitis observada en el bazo obtenidas de un alevino de trucha arcoiris (<i>O. Mykiss</i>) infectado por <i>Flavobacterium</i> sp.	81
Figura 25. Infiltración grasa y degeneración glomerular obtenidas del riñón de un alevino de trucha arcoiris (<i>O. Mykiss</i>) infectado por <i>Flavobacterium</i> sp.	82

Figura 26. Cartilago de alevino de trucha arcoiris (<i>O. Mykiss</i>) infectado por <i>Flavobacterium</i> sp.	82
Figura 27. Factor de conversión del alimento (FCA), para los 6 tratamientos	84
Figura 28. Curva de crecimiento entre los tratamientos	84
Figura 29. Alimento balanceado con 50% de proteína, total consumido por los diferentes tratamientos	86
Figura 30. Relación de costos / beneficio de los tratamientos durante el periodo experimental	86

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Pesajes de los alevinos en gramos, durante el periodo experimental	95
Anexo B. Numero de ejemplares muestreados por tratamiento	96
Anexo C. Análisis Bromatológico de alimento molido para alevinos	97
Anexo D. Análisis físico químico de agua utilizada el cultivo de trucha arcoiris (O. Mykiss), en la explotación donde se realizo el estudio	98
Anexo E. Análisis de varianza para la mortalidad pre y post tratamiento	99
Anexo F. Registro de mortalidad y descripción de la enfermedad	100
Anexo G. Análisis de varianza para conversión alimenticia	101
Anexo H. Análisis de varianza para el incremento de peso	102
Anexo I. Prueba de Tukey para el incremento de peso periódico (IPC)	103
Anexo J. Tabla de alimentación suministrada por la casa productora del alimento concentrado para alevinos de trucha arcoiris (O. Mykiss)	104
Anexo K. Análisis de varianza para consumo de alimento	105
Anexo L. Prueba de Tukey para consumo de alimento.	106

GLOSARIO

DENSIDAD DE SIEMBRA: término acuícola que relaciona el número de peces con el volumen o superficie de un reservorio. La densidad está directamente relacionada con los requerimientos de la especie a cultivar y las características físico - químicas del agua.

BIOMASA: total de organismos en cualquier nivel trófico, área o volumen de un ecosistema. Esta se mide en cantidad de materia por unidad de superficie o volumen.

ESPECIE: población de organismos que poseen las mismas características.

ENFERMEDAD: alteración del estado natural del cuerpo o de algunos de sus tejidos u órganos, que perturba o interrumpe el funcionamiento normal del mismo. También se define como desviación del estado de homeostasis.

SISTEMA INMUNE: es el mecanismo de defensa del organismo encargado de generar respuestas físicas y/o químicas necesarias para hacer frente a los microorganismos patógenos invasores.

INMUNOESTIMULANTES: sustancias naturales que potencializan la respuesta inmunológica del animal frente a agentes infecciosos o estresantes.

RACIÓN: cantidad de alimento proporcionado a un animal durante un periodo específico de tiempo.

DIETA: alimento artificial que le suministra a un organismo todos los nutrientes, de acuerdo a la especie, fase fisiológica, estado de salud y condiciones de manejo.

CONVERSIÓN ALIMENTICIA: es la relación entre el alimento suministrado y el incremento de peso obtenido durante un tiempo determinado.

RESUMEN

Una de las principales afecciones, que está causando mayores mortalidades en los primeros estadios de desarrollo de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus Mykiss*), es la flavobacteriosis sp., bacilo gram (-) cuya importancia económica en los cultivos intensivos de esta especie íctica, se ha hecho más evidente en la última década debido a los cambios bruscos de la temperatura en el agua, aparición de cepas de gran virulencia y a la importación indiscriminada de ovas y alevines de distintos sitios del país y del exterior.

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación se propuso analizar el control de esta patología mediante la evaluación comparativa de un antibiótico (florfenicol), una vitamina inmunoestimulante (ácido ascórbico) y sustancias químicas profilácticas y antisépticas como lo son el methylbenesulfonamide y el Amonio Cuaternario en alevinos de trucha arcoiris (*Oncorhynchus Mykiss*), la cual se llevó a cabo en la piscifactoría El Diviso Ltda., ubicada en la vereda San Ignacio a 17 km al nororiente de la ciudad de Popayán-Cauca.

Se evaluaron durante 120 días, 180.000 alevinos de peso promedio de 1 gramo y longitud estándar promedio de 2.5 cm, distribuidos en 18 estanques de concreto de 4 m de longitud, 1 m de ancho y 0.7 m de columna de agua. Se utilizó un Diseño Irrestrictamente al Azar (D.I.A.) constituido por seis tratamientos y tres replicas por tratamiento. Los tratamientos se distribuyeron de la siguiente forma:

T0. Balanceado comercial sin medicamento.

T1. Balanceado comercial, adicionado con 600 mg de fosfato de ácido ascórbico por kg de alimento suministrado durante 10 días.

T2. Balanceado comercial, fortificado con 1.5 g de Florfenicol por kg de alimento, proporcionado durante 10 días.

T3. Baños de inmersión en una solución de Amonio Cuaternario en dosis de 1 ppm durante 10 minutos, por diez días consecutivos.

T4. Baños de inmersión en una solución de Amonio Cuaternario en dosis de 1 ppm, simultáneamente se suministró balanceado comercial medicado con Florfenicol en dosis de 1.5 gramos por kilogramo de alimento durante 10 días.

T5. Baños de inmersión en una solución de methylbenesulfonamida sódica en dosis de 5 mg / l de agua durante 10 minutos, por diez días consecutivos.

Los tratamientos anteriores fueron nuevamente aplicados a los ejemplares en condiciones similares de suministro cuando alcanzaron 5 g de peso.

Se evaluaron las variables porcentaje de mortalidad pre y post-tratamiento, número de patologías, conversión alimenticia (CA), incremento periódico de peso (IPC) y consumo de alimento. La variable de mortalidad al final de cada tratamiento presentó diferencias estadísticas altamente significativas, entre los distintos tratamientos según análisis de varianza ($P \leq 0.001$) y el mejor resultado se presentó en el tratamiento T4 4.7% según prueba de Tukey al 95% de confianza, igualmente el T4 presentó los mejores resultados con relación al factor de conversión del alimento y al incremento de peso, de tal manera que con respecto a esta última variable el T4 fue 19.5% superior en comparación con los tratamientos T0, T1, T2, T3 y T5 con 14.1%, 16.1% 19.1% ,19.0 y 19.0% respectivamente.

ABSTRACT

One of the main affections that this causing to greater mortalities in the first stages of development of the trout arcoiris (*Oncorhynchus Mykiss*) is the flavobacteriosis sp., bacillus gram (-) whose economic importance in the intensive cultures of this íctica species, has become more evident in completes decade due to the abrupt changes of the temperature in the water, appearance of stocks of great virulence and to the indiscriminate import of ovas and alevines of different sites of the country and the outside.

By the previous thing exposed the present investigation it had like objective to evaluate a protocol of control of this pathology by means of the benchmark of an antibiotic (florfenicol), a inmunoestimulante vitamin (acid acorbico) and prophylactic and antiseptic chemical substances as it is it the Cloramint T and the Quaternary Ammonium in alevines of trout arcoiris (Or. Mykiss). I am carried out in piscifactoría El Diviso Ltda., which is located in the path San Ignacio to 16 km to the nororiente of the city of the Popayán-Cauca, located on the western flank of the Central mountain range and coordinates to 76°31' 10" to th e West of Greenwich and 2°21' 45" of North latitude, to 2196 m.s.n.m, temperature average of 18,4 °C, precipitation of 172.9 mm, relative humidity, solar brightness, steam tension and cloudiness of: 84 mm, 123horas, 17,5M bars, 5,8 hours respectively.

Six treatments were evaluated and three you talk back, in a design unrestrictedly at random (D.I.A.). Each treatment was constituted by 30,000 units of a weight of 1 grams (+/-) and one standard length in average of 2,5 cm and 41 days of age. The units of each treatment were seeded in three pools of concrete of a volume of three cubic meters each one, 10,000 alevinos by talks back, with an initial density of 3,3 kg/m³. The treatments were distributed of the following form:

T0. Balanced commercial without medicine.

T1. Balanced commercial + 600 mg of ascórbico acid phosphate by Balanced kg of.

T2. Balanced commercial + 1,5 g of Florfenicol by Balanced kg of.

T3. Baths of immersion in a Quaternary Ammonium solution in dose of 1 ppm during 10 minutes, for ten days consecutive.

T4. Baths of immersion in a Quaternary in dose of 1 ppm, but balanced Ammonium solution commercial medicado with Florfenicol in dose of 1,5 grams by balanced kilogram of.

T5. Baths of immersion in a solution of Cloramint T in 5 doses of mg/water l during 10 minutes, for ten days consecutive.

To the units one repeated the previous treatments to them when these reached a weight average of 5 grams (+/-).

The variables of percentage of mortality were evaluated pre and post-cure, number of pathologies, factor of conversion of the food (FCA), periodic increase of weight (IPC), consumption and the exposed growth of alevines to the different treatments was compared to each other.

The variable of mortality at the end of each treatment highly presented/displayed significant statistical differences between the different treatments according to variance analysis ($P \leq 0,001$) and demonstrated the best result in the treatment T4 10% with respect to the treatments T0, T1, T2, T3 and T5 with 20%, 18%, 15%, 15% and 14% respectively. In agreement with the test of Tukey to 95% of confidence.

The factor of conversion of the food (FCA), for the alevinos of Arcoiris Trout, fed with commercial balancing with a percentage of protein of 53%, presented/displayed significant statistical differences according to analysis of variance ($p < 0,001$) and in agreement with the test of Tukey to 95% of confidence, the T4 registry best result 1.1 in comparison to T0, T1, T2, T3.

The increase of weight (IPC), showed significant statistical differences according to analysis of variance ($p < 0,001$) and in agreement with the test of Tukey 95% of confidence, the T4 registry best result 19.5 in comparison to T0, T1, T2, T3 and T5 with 14.1%, 16.1%, 19.1%, 19.0% and 19.0% respectively.

The variable of the consumption showed significant statistical differences according to analysis of variance ($p \leq 0,001$) and in agreement with the test of Tukey 95% of confidence, the T4 registry best result 1.1 in comparison to T0, T1, T2, T3 and T5.

INTRODUCCIÓN

La Acuicultura en Colombia, es uno de los renglones de mayor crecimiento del sector agropecuario en la última década, debido a las condiciones ideales del país, desde el punto de vista climático, topográfico, hidrológico, edafológico, diversidad hidrobiológica, localización geográfica en la zona tropical y costas sobre dos océanos. Además, la producción de organismos hidrobiológicos en condiciones de cautiverio, es uno de los sistemas más eficientes para aumentar la disponibilidad de proteína de excelente calidad, generar riquezas adicionales y divisas para el país y mejorar el nivel socioeconómico de los habitantes.

La trucha arcoiris (*Orcorhynchus mykiss*) se ha constituido en el tercer renglón de producción de la acuicultura colombiana, con aproximadamente 10.000 toneladas durante el 2005, de las cuales 2.000 provenían del Departamento de Nariño. Sin embargo a medida que se incrementa las densidades de siembra, se intensifica la incidencia de patologías, específicamente bacterianas, vírales y parasitarias^{*}.

Una de las principales afecciones, que esta causando en la truchicultura suramericana, mortalidades de gran impacto económico, en los primeros estadios de desarrollo de la trucha arcoiris es la flavobacteriosis, bacilo gram (-) cuya epidemiología en los cultivos intensivos de esta especie íctica, se ha hecho más frecuente en la ultima década, debido a los cambios bruscos de la temperatura del agua, la aparición de cepas de gran virulencia y a la importación indiscriminada de ovas y alevines de distintos sitios del país y el exterior.

Por lo anteriormente expuesto, es pertinente estandarizar un protocolo de control de esta patología, mediante la evaluación comparativa de un antibiótico (Florfenicol), una vitamina inmunoestimulante (ácido ascórbico) y sustancias químicas profilácticas y antisépticas como el methybenesulfonamida sódica y el Amonio Cuaternario.

^{*}COMUNICACIÓN PERSONAL de Jorge Nelson López Macias, Vicerrector Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, 15 de mayo de 2008.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Los estudios que se han desarrollado en Colombia para el manejo de la flavobacteriosis sp. en cultivos superintensivos de trucha arcoiris (*Orcorhynchus mykiss*) son insuficientes para establecer un tratamiento que permita reducir el efecto económico que origina esta patología en la truchicultura.

Por esta razón, es necesario analizar diferentes técnicas de control de esta patología mediante antibióticos, desinfectantes e inmunopotenciadores de manera separada o simultánea, para establecer el efecto sobre la bacteria gram negativa *flavobacterium* en explotaciones intensivas, teniendo en cuenta la sostenibilidad de los ecosistemas acuícola y el costo económico de la implementación rutinaria de estos protocolos de profilaxis y curación*.

*ENTREVISTA con Jorge Nelson López Macías, Profesor Titular de la Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, 12 de abril de 2007.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los métodos implementados en Colombia para el manejo de la flavobacteriosis sp. en cultivos superintensivos de trucha arcoiris (*O. Mykiss*), han demostrado ser inadecuados e ineficientes en el control y propagación de este microorganismo en las diferentes empresas acuícolas, generando cepas de alta virulencia e impacto negativo en las cadenas tróficas. Por esta razón es válido plantear la siguiente pregunta.

¿Cuál es la eficacia comparativa del ácido ascórbico, florfenicol, methylbenesulfonamida sódica y amonio cuaternario, en el control de flavobacteriosis sp. en trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) durante la fase de alevinaje en condiciones de cultivo superintensivo?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la eficacia comparativa del ácido ascórbico, florfenicol, methylbenesulfonamida sódica y amonio cuaternario, en el control de flavobacteriosis sp. en trucha arco iris (*oncorhynchus mykiss*) durante la fase de alevinaje en condiciones de cultivo superintensivo.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la tasa de mortalidad en los distintos tratamientos.
- Estudiar y registrar las patologías que se presentan durante el periodo experimental.
- Establecer la efectividad de cada uno de los medicamentos en el control de la flavobacteriosis, teniendo en cuenta el sitio de la aplicación.
- Calcular la ganancia de peso diario, conversión alimenticia y consumo de alimento por periodo en los diferentes tratamientos.
- Efectuar análisis parcial de costos.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 BIOLOGÍA DE LA TRUCHA ARCOIRIS (*Oncorhynchus mykiss*)

Dice Stevenson¹, que esta especie íctica es autóctona de ríos afluentes del río Sacramento, en Norteamérica (Figura 1). Su área natural son las aguas vertientes al Pacífico desde el sur de Alaska hasta California. En términos ecológicos la trucha común, salmo trutta, la trucha Arcoiris y la variedad comercial Kamloop Arcoiris, pertenecen a la familia de los salmónidos, los cuales hacen parte del orden cupleiformes o isopódilos, los peces pertenecientes a este orden poseen vértebras mas o menos iguales en longitudes, también tienen vejiga gaseosa en conexión con el esófago por un conducto neumático y las aletas pelvianas situadas en posición abdominal.

Figura 1. Trucha Arcoiris (*O. Mykiss*)



¹STEVENSON, J. Manual de la cría de trucha. España : Acribia, 1985. p. 3.

4.1.1 Clasificación taxonómica. Define el INPA², Zoológicamente la trucha Arcoiris como una especie que forma parte de los isopódilos (vértebras iguales) y presenta la siguiente clasificación taxonómica:

- ✓ Phylum: Chordata
- ✓ Subphylum: Vertebrata
- ✓ Clase: Osteichthyes
- ✓ Subclase: Actinopterygii
- ✓ Orden: Cupleiformes
- ✓ Suborden: Teleosteica
- ✓ Familia: Salmonidae
- ✓ Género: Oncorhynchus
- ✓ Especie: Mykiss
- ✓ Nombre Común: Trucha arcoiris

Precisa Benavides³, que esta especie es de talla media y en libertad no suele sobrepasar los 60cm de longitud siendo la trucha de producción industrial por excelencia. Es semejante a la trucha común, pero con la cabeza más pequeña, y con las aletas adiposa y caudal moteadas con manchas negras. Además, presenta una banda irisada que le recorre todo el cuerpo. Vive en ríos de montaña con agua fría, aunque es menos exigente que la trucha común en lo referente a la temperatura y oxígeno. Crece más rápida que la trucha común, pero vive solamente cuatro o cinco años. Es una especie migratoria, aunque continental, yendo río abajo en primavera y volviendo aguas arriba en otoño para frezar pudiendo vivir en ambiente de Estuario.

Se reproduce entre enero y marzo (algo después que la trucha común) y su alimentación se basa en larvas de invertebrados, aunque también puede comer otros peces de pequeño tamaño.

4.1.2 Características anatomofisiológicas. Los peces debido a que han tenido que adaptarse al medio acuático, la forma del cuerpo es aerodinámica, ofreciendo la mínima resistencia al agua ya que esta es 775 veces más dura que el aire, la piel segrega una fina capa de sustancia viscosa (mucus), en virtud de la cual la superficie es lisa y escurridiza. La trucha, como pez nadador rápido que es, presenta una silueta tipo torpedo:

- ✓ No presenta ninguna protuberancia que no sea funcional.

²COLOMBIA. INSTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUACULTURA INPA. Fundamentos de acuicultura continental. Santafè de Bogotá : INPA, 1993. 223 p.

³BENAVIDES, Numar y JURADO, Doris. Manejo técnico en la eclosión de ovas de trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), hasta alevinos fase dos en la estación piscícola "El Mana", vereda el Barbero, Municipio de Pasto, 2001, 110 p. Trabajo de grado (Ingeniero en producción Acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

- ✓ El opérculo esta pegado al cuerpo.
- ✓ Los ojos están dentro de la cuenca, sin sobresalir.
- ✓ Las aletas están alojadas en las depresiones del cuerpo.

El cuerpo del pez esta dividido en cabeza, tronco y cola. La cabeza de la trucha arcoiris esta unida al margen posterior del opérculo. El opérculo es el conjunto de huesos que protegen a las branquias, el tronco acaba en el orificio anal y la línea lateral a menudo termina en la cabeza, corriendo por los costados hacia la cola. Morfológicamente se puede decir de la trucha:

4.1.2.1 Aletas y movimiento. La trucha posee siete aletas, además de la cola. La pequeña adiposa parece no tener ninguna función particular, pero las otras actúan como estabilizadores, timones y frenos. La movilidad de su cuerpo y de la eficiencia de sus aletas útiles como timones, hace posible el rápido giro de la trucha al nadar. Las aletas pares, en reposo aseguran la posición horizontal. En movimiento controlan la dirección del movimiento. Aleta dorsal; poder de la locomoción, aleta anal; para controlar la dirección y además ayudan al pez a sumergirse o salir a la superficie, dirigen el agua a la aleta caudal.

4.1.2.2 Natación. La forma del cuerpo junto a la posición de las aletas afecta tanto al modo, como a la velocidad de natación. La trucha es un animal activo que nada usando la cola, pero aprovechando la inclinación del cuerpo por la contracción alterna de los músculos de ambos lados. Con el movimiento de la cola el agua es empujada hacia atrás, y así puede avanzar el pez.

4.1.2.3 Escamas y edad de la trucha. Las escamas son otras de las características fundamentales de los peces. Son pequeñas y finas placas óseas, de las cuales 1/4 están adheridas en la piel mientras que las otras están superpuestas. Su función es por lo tanto la protección de la piel, de lesiones como de la entrada de patógenos. Las escamas de las truchas son redondeadas y de superficie lisa. Al observar la escama a través de un microscopio o con algún tipo de lente de aumento, se verá que esta formada por unos círculos mas o menos concéntricos, denominados "circuli", los cuales forman unas "bandas o annuli", que representan una parada estacional del crecimiento, por lo cual contando las bandas se puede determinar la edad del pez, de un modo similar a los árboles. La escama no solo informa de la edad aproximada del pez, sino de como ha sido su desarrollo durante cada año de su vida según la morfología de la escama. Usar las escamas como una forma de determinar la edad de la trucha es muy interesante, ya que estudios han demostrado que truchas de una misma población con una misma edad pueden tener distintos tamaños, y la diferencia entre tamaños de entre distintos ríos a una misma edad es importante. La trucha se encuentra desnuda cuando sale del huevo. La formación de las papilas de las escamas

aparece cuando el alevín alcanza alrededor de los 2.6-3 cm. y las escamas propiamente dichas cuando la trucha llega a los 4-4.5 cm.

4.1.2.4 Flotación. La trucha se queda prácticamente suspendida sin moverse en el agua, gracias a que posee una vejiga natatoria, un órgano exclusivo de los peces. Es una especie de saco, colocado debajo de la columna vertebral y del riñón y encima de la cavidad del cuerpo. En la trucha esta unida al intestino anterior por un conducto llamado neumático. La vejiga es usada como órgano hidrostático, de esta manera, los salmónidos la llenan tomando aire por la boca que pasa al intestino y por el conducto neumático a la vejiga natatoria. También en una pequeña parte hay un aporte de gases por vía sanguínea hacia la vejiga. Cuando la vejiga esta llena de aire, se reduce la gravedad específica del pez, con lo que este flota más próximo a la superficie del agua contrariamente a lo que ocurre cuando hay menos aire en la vejiga.

4.1.2.5 Esqueleto. La trucha tiene un esqueleto óseo, siendo la columna vertebral el eje del cuerpo. La trucha posee de veintiocho a veintinueve vértebras firmemente unidas mediante tejido conectivo; así la columna puede ser fácilmente curvada. Los peces poseen unas costillas intramusculares falsas, minúsculos huesecillos en forma de “Y”.

4.1.2.6 Respiración. El agua contiene solamente alrededor del 5% de la cantidad de oxígeno que hay disponible en el aire, este nivel es todavía más bajo cuando aumenta la temperatura del agua. Por lo tanto el aparato respiratorio de los peces se ha adaptado para ser más eficiente. El órgano principal son las branquias o agallas, están formadas por unas laminillas cubiertas por un fino epitelio por el cual se produce el intercambio gaseoso; la toma de oxígeno y la eliminación de dióxido de carbono; Este epitelio si fuese extendido tendría una superficie 10 veces mayor que la del cuerpo del pez. Las branquias de la trucha consisten en dos conjuntos de cuatro arcos branquiales, debido a la gran fragilidad de las branquias están protegidas por el opérculo. El flujo de agua a las branquias es continuo y unidireccional, establecido por un sistema de bombeo, el resultado es que agua entra por la boca y sale por el opérculo pasando a través de las branquias, donde se produce el intercambio gaseoso.

4.1.2.7 Sistema circulatorio – excretor. La trucha tiene un sistema circulatorio sencillo, el corazón bombea sangre hacia las branquias para su oxigenación y de ahí va por los capilares a los tejidos. La sangre venosa retorna al corazón. El corazón consta de tres cámaras, el seno, la aurícula y el ventrículo. En todo cuerpo animal hay un aporte constante de materiales, así como un barrido de desechos en los tejidos. El principal producto residual de la trucha es el amoníaco, que es eliminado en una alta proporción por las branquias así como el anhídrido carbónico (CO₂). Otras partes más pequeñas de sustancias nitrogenadas y otros productos degradados son filtrados por el riñón.

El riñón es un órgano oscuro alargado, colocado inmediatamente por debajo de la espina dorsal y por encima de la vejiga natatoria: se extiende desde la cabeza hasta el comienzo de la cola. Del riñón salen los uréteres por lo que es conducida la orina hacia la vejiga urinaria y de ahí al seno urogenital. Para los peces de agua dulce el riñón es más importante que para los de agua salada, ya que por ellos se elimina el exceso de agua. La concentración salina del agua es mucho más baja que la de las células de la trucha; por lo que el agua tiende a difundir en las branquias hacia la sangre. Esta agua debe ser eliminada, función que cumple el riñón, las sales son en gran parte reabsorbidas por lo que la orina, abundante, es mas diluida que la sangre.

4.1.3 Sistema nervioso – órganos de los sentidos. El cerebro y la medula espinal están encerrados dentro del cráneo y de la columna vertebral, respectivamente. La organización del sistema nervioso es similar a la de los mamíferos: con un sistema central, periférico y autónomo.

4.1.3.1 Vista. La trucha tiene los ojos a los lados de la cabeza. Esta posición es muy adecuada para los peces que se convierten en presas ya que pueden detectar el depredador en un amplio radio. Sin embargo, cuando se trata de atrapar a otro pez, el ángulo para ver a su presa es de solo 30 °C. El ojo del pez tiene una estructura algo diferente a la de los mamíferos. El enfoque no se produce por una mayor o menor apertura de la pupila y abombamiento del cristalino, sino que esta producido por el acercamiento del cristalino a la retina.

4.1.3.2 Color. El pigmento oscuro de las células de la piel de la trucha se halla controlado por las células melanotropicas de la hipófisis intermedia*, de manera que la trucha es capaz de cambiarlo en cierta medida y fabricar su propio matiz. Estas variaciones de coloración, dependen de diferentes cantidades de pigmentos negros, rojos y blancos (melanina, guanina y caroteno), están condicionados por los depósitos que durante el desarrollo, se hicieron en la piel y que se visualizan según modelos distintos. Las pintas rojas, así como la coloración asalmonada de la carne son características de truchas que tienen en su dieta crustáceos y caracoles en gran proporción, ya que tienen un alto contenido en carotenos.

4.1.3.3 Oído. El oído de la trucha se encuentra completamente en el interior del cráneo conectado con el órgano del equilibrio. Gracias a las propiedades del agua como un gran medio de transmisión del sonido hace que los salmónidos puedan oír sin necesidad de que el oído este conectado con el medio exterior como ocurre con las orejas de los mamíferos.

4.1.3.4 Línea lateral. Es un sentido exclusivo de los peces. Sirve para detectar pequeños cambios de la presión del agua causada por los objetos circundantes.

* COMUNICACIÓN PERSONAL de Jorge Nelson López Macias, Vicerrector Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, 15 de mayo de 2008.

La línea lateral es un sistema de poros unidos entre si por una red de pequeños canales situados bajo la superficie del cuerpo a lo largo del costado. Cuando el pez se desplaza, el agua se mueve. La ola de presión refleja la ausencia de obstáculos y retorna al pez. Es una manera que tiene el pez para evitar obstáculos y encontrar comida, además es un sentido muy importante cuando el agua esta turbia y la visión es imposible. Al moverse, el pez desplaza el agua frente a él formando una ola depresión que detecta los obstáculos y vuelve como una ola reflectora, que percibe mediante la línea lateral.

4.1.3.5 Olfato. La trucha posee dos orificios nasales en el morro, a través de los cuales posee un olfato muy fino. El agua tiene en disolución multitud de sustancias, que gracias a los movimientos de natación y respiración pasan a través de dichos orificios. Se estimula el epitelio olfativo, pasando este impulso al cerebro.

4.1.3.6 Gusto. Hasta hace poco no se creía que los peces tuvieran sentido del gusto, pero hoy se ha demostrado que son capaces de distinguir los cuatro sabores básicos; dulce, salado, ácido y amargo. Aunque la posición exacta de los órganos del gusto en el pez es todavía bastante desconocida. Se han encontrado células gustativas en la boca y sus alrededores aunque hay especies que las tienen incluso en la piel. Los barbos, por ejemplo tienen células capaces de detectar el gusto en las barbas. Unidos el sentido del olfato y del gusto, los peces pueden percibir la composición química del agua, esto es muy importante para los peces migradores como el salmón que sigue los gradientes de olor, reconociendo el de su río natal a donde se dirige para desovar.

4.1.4 Aparato respiratorio. El opérculo es la cubierta ósea que tapa las branquias o "agallas", por medio de las cuales respiran los peces, están formadas por un fino epitelio muy sensible a las características del agua (materias en suspensión, pH), falta de vitaminas y presencia de agentes biológicos (parásitos, bacterias, hongos). El intercambio entre el O₂ y el CO₂ de la sangre se produce a nivel de las laminillas branquiales. Durante el proceso respiratorio el pez mantiene los opérculos cerrados, abre la boca, el agua entra por succión y se llena la cavidad bucal, luego cierra la boca y el agua pasa por una amplia abertura branquial saliendo al exterior a través de los opérculos. La circulación de la sangre es en contracorriente con respecto a la del agua, logrando así que el intercambio de gases sea de hasta aproximadamente el 80 %; de lo contrario solo sería del 50 %. La frecuencia respiratoria dependerá del estrés, contenido de oxígeno disuelto del agua, nivel de metabolismo, temperatura, etc. Las branquias además de participar en la respiración también participan en la regulación de sales y agua entre el pez y el medio acuático.

El CO₂ es un gas altamente hidrosoluble de modo que se libera fácilmente por las branquias. El intercambio gaseoso tiene lugar en las laminillas secundarias. En

comparación con los animales de respiración aérea, el gasto energético es muy alto, especialmente cuando el O₂ es bajo, cuando el agua se presenta contaminada y en momentos de temperaturas elevadas. En las laminillas secundarias se encuentran linfocitos, fagocitos, eosinófilos.

4.1.5 Sistema digestivo.

4.1.5.1 Boca. Algunos peces no tienen dientes o si los tienen son muy pequeños, como en el caso de los planctófagos o fitófagos. Los dientes pueden ser vomerianos (en el paladar superior), maxilares, pueden estar ubicados en la lengua o en la faringe (misió tritadora), estos últimos se encuentran en el quinto arco branquial modificado que carece de branquias, como en el caso de la carpa común (*Cyprinus carpio*) y de la carpa herbívora o "sogyo" (*Ctenopharyngodon idella*). Los dientes están concebidos más para la captura de los alimentos que para la masticación y están mucho más desarrollados en el caso de los animales ictiófagos como el dorado (*Salminus maxillosus*) y la tararira (*Hoplias malabaricus*); en estos peces predadores la boca es terminal y de gran tamaño, no presentan glándulas salivales, si en cambio glándulas mucosas.

4.1.5.2 Faringe y esófago. Explica Mancini⁴, que la faringe actúa fundamentalmente como filtro evitando que pasen las partículas del agua a los delicados filamentos branquiales, participando en este acto también los rastrillos branquiales. El esófago comunica la faringe con estómago, siendo generalmente de paredes gruesas, lo que le permite distenderse para el pasaje de presas o de alimento.

4.1.5.3 Estómago. Es de distinta forma y tamaño según la especie. En las especies predadoras o carnívoras es amplio y con paredes distendibles que le permite dilatarse, para facilitar la entrada de grandes presas. La salida del estómago al intestino está limitada por el píloro. En los salmónidos, el alimento en el estómago se desmenuza realmente por acción de ácidos, enzimas digestivas (como la pepsina que digiere en parte las proteínas) y por acción trituradora de las paredes del estómago. Alrededor del estómago hay una serie de estructuras que conforman los ciegos pilóricos, los que se hallan rodeados generalmente por tejido adiposo blanco, salvo en situaciones de ayuno. Siempre hablando de salmónidos, dentro de ese tejido adiposo se encuentra el páncreas. La función que cumplen los ciegos pilóricos es absorbente y de neutralización de acidez, creando mayor espacio adicional para la digestión. En otras especies como en el caso de los Acanthopterygios (pejerrey), el páncreas está disperso en el hígado constituyendo el hepatopáncreas (Figura 2).

⁴MANCINI, Miguel Alberto. Cursos Introducción a la Producción Animal y Producción Animal I. Cap.V, FAV UNRC. 2002. Disponible en internet : <http://www.VET-UY Agro y Veterinaria - Artículos de Piscicultura, Acuar.mht>

4.1.5.4 Intestino. Las enzimas desdoblan las grasas, proteínas y azúcares que luego de atravesar la pared intestinal son llevados al hígado. El resto de alimentos como fibras, restos de caracoles, etc., se evacúan junto con las heces. El largo del intestino es variable, siendo corto en los depredadores y muy largo en los fitófagos. El alimento utilizado en la forma de balanceado comercial, tiene alta cantidad de proteína (en algunos casos superior al 40%) y alta cantidad de energía (dada principalmente por lípidos).

En general, un coeficiente de conversión bueno es de alrededor de 1,2 - 1,4:1. El exceso de grasa es utilizado como energía y se almacena principalmente en músculo. El tiempo que tarda en recorrer el alimento el tubo digestivo puede variar desde unas pocas horas hasta días, dependiendo de los distintos procesos metabólicos que están dados principalmente por la temperatura, ya que a mayor temperatura se aceleran.

4.1.5.5 Hígado. Es la principal fábrica del organismo interviniendo en distintos procesos metabólicos, es blando, de color pardo rojizo y muy voluminoso, presentando en ocasiones color rosa – crema, situación que no siempre indica un cuadro patológico. El hígado suele sufrir de infiltración grasa debido a ingestión de alimentos en mal estado o en casos de sobrealimentación.

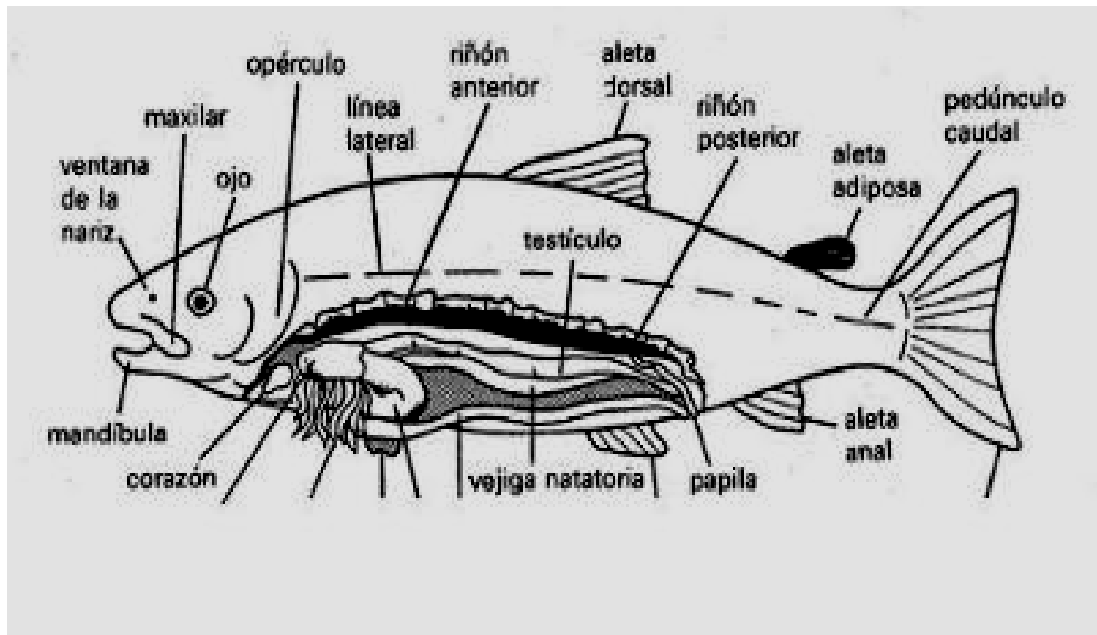
4.1.5.6 La vesícula biliar. Esta se encuentra bien desarrollada. El colédoco vierte en la primera porción del intestino delgado la bilis, que emulsiona las grasas para que sean fácilmente atacadas por las lipasas pancreáticas. Por su parte el páncreas segrega amilasas, tripsina y quimiotripsina. El conducto pancreático vierte casi siempre en el colédoco.

4.1.6 Sistema excretor. En los peces el principal órgano encargado de la función excretora es:

4.1.6.1 Riñón. Es una formación pardo-negruzca que se extiende en la parte superior del abdomen desde la cabeza hasta el ano, hacia ventral de la columna vertebral y dorsal de la vejiga gaseosa. En algunos peces, como en la trucha, al principio es un órgano par y luego, en el adulto, se transforma en impar. Es el principal filtro del organismo. Filtra la sangre a través de los glomérulos y la conduce por tubos a conductos pares, los uréteres, que la llevan a la vejiga que se encuentra por encima del ano. El conducto de la vejiga vierte a través de la abertura urogenital, que sirve también para la expulsión de las ovas.

La excreción se basa fundamentalmente en:

Figura 2. Esquema básico de la anatomía de un salmónido



Fuente: Roberts, 1981.

- ✓ Filtración: Dada principalmente por diferencias de presión.
- ✓ Reabsorción: Recuperación de sustancias no desechables.
- ✓ Secreción: Expulsión de sustancias tóxicas que se encuentran en concentraciones excesivas.

Los peces excretan casi todo el nitrógeno en forma de amoníaco (90 %). Solo una pequeña parte (10 %) sale en forma de urea.

4.2 CONDICIONES PARA EL CULTIVO DE LA TRUCHA (O. Mykiss)

4.2.1 El agua. Explica Negret⁵, que para las explotaciones ícticas el agua que se utiliza, debe cumplir con ciertas características físico – químicas y biológicas necesarias para un adecuado cultivo piscícola, esta debe ser clara, libre de gérmenes patógenos, incolora, inodora, con temperatura constante en lo posible y libre de contaminantes. El agua es el elemento principal de todo proyecto

⁵NEGRET, Enrique. Aspectos del manejo del proyecto truchícola. Medellín : s.n., 1993. p. 27.

piscícola, el cual alimenta las unidades de cultivo y su calidad y cantidad definen la capacidad de producción de la estación piscícola.

Afirma Stevenson⁶, que el agua constituye un requisito fundamental para cualquier piscifactoría, mas aun tratándose de un cultivo de trucha arcoiris (*O. mykiss*), la cual debe ser abundante y de muy buena calidad, es posible utilizar agua de manantial, ríos, lagos represas o pozos. Es de vital importancia conocer el flujo máximo y mínimo del agua durante el año y así poder establecer el mínimo caudal en verano (Figura 3). Para la producción de una tonelada de trucha se necesita de 500 a 650 m³ de agua diarios y una temperatura promedio de 15 °C, en una producción intensiva.

4.2.1.1 Principales parámetros físico – químicos. Los principales parámetros a tener en cuenta son:

4.2.1.1.1 La temperatura. La temperatura del agua juega un papel importante en la regulación de las actividades del pez, ya que esta regula la temperatura corporal del pez, incidiendo directamente en el metabolismo de las truchas, maduración sexual, tiempo de incubación de las ovas y en la tasa de crecimiento de alevinos, juveniles y adultos. Indirectamente influye de forma fundamental en el agua de cultivo, pues la concentración de oxígeno disuelto en ella, la concentración de productos metabólicos (amoníaco) y el tiempo y grado de descomposición de los materiales depositados en el fondo de los estanques, depende precisamente de la temperatura. La trucha en condiciones naturales es un pez que puede vivir en aguas comprendidas entre 0° y 25° C. Sin embargo, se puede establecer entre los cuales su crecimiento y desarrollo son los correctos, corresponden a 9° C como limite inferior y a 17° C como limite superior. Para la trucha arcoiris la temperatura mas adecuada, en la que sus funciones fisiológicas se realizan de forma optima, es de 15° C (Standard Environmental Temperatura, SET), señala Kennedy⁷, que cada °C por debajo del SET decrece el índice de crecimiento optimo en un 8.25%. La temperatura óptima de incubación esta entre 8° - 12°C y para el resto del ciclo entre 13° C y 18°C. De acuerdo con Benavides⁸, temperaturas mayores o menores a las enunciadas son perjudiciales; inferiores a 5°C retrasan la eclosión de las ovas y reducen el índice de crecimiento en los peces; superior a 18°C de temperatura hay deterioro en la calidad del agua y las enfermedades son mas frecuentes.

⁶STEVENSON, Op. Cit., p. 25.

⁷KENNEDY, V. S. and MIHURSKY, J. A. Bibliography on the effects of temperature in the aquatic environment. Contr. Nat. Resour : Institution University, 1967. 326 p.

⁸BENAVIDES, Op. Cit., p. 16.

4.2.1.1.2 Oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto en el agua es para el pez, como para todos los seres acuáticos, un elemento esencial para la vida. El agua es capaz de absorber oxígeno del aire hasta que su presión parcial este en equilibrio con la del oxígeno del aire, en la interfase aire - agua. Altos niveles de oxígeno disuelto son indispensables para el cultivo de la trucha, por lo que el agua debe ser rica en este elemento. La trucha necesita entre 8 y 9 mg de oxígeno por litro de agua para satisfacer sus necesidades.

Comenta Amaya⁹, que los niveles óptimos están sobre las 7 ppm, en condiciones cercanas a la saturación del oxígeno disuelto. En agua fría puede mantenerse más oxígeno que en aguas cálidas, de tal manera que la cantidad de oxígeno mantenido por el agua es directamente dependiente de la temperatura de la misma.

De acuerdo con Huet¹⁰, químicamente es esencial que el agua esté suficientemente oxigenada en todo tiempo y estación, la cantidad de oxígeno requerida por los salmónidos es de 9 mg/l (Tabla 1 y 2), este alto contenido de oxígeno se encuentra generalmente en agua cuya temperatura no sobrepasa los 20 °C y es renovada constantemente. El oxígeno presente en el agua está directamente relacionado con la temperatura del agua; cuanto más elevada sea la temperatura menor es la concentración del oxígeno, por consiguiente es recomendable establecer explotaciones en donde a lo largo del periodo de verano no sobrepase a temperaturas altas.

4.2.1.1.3 pH o potencial hidrogeno. Conceptúa Arroyo¹¹, que el pH es la concentración de hidrogeniones y el pH óptimo del agua con fin acuícola fluctúa entre 6.5 y 9.0. Un pH igual a 7 se considera neutro, valores inferiores identifican aguas ácidas y valores superiores aguas alcalinas. Para el cultivo de la trucha los valores adecuados están comprendidos entre 6 y 9. En aguas ácidas es necesario realizar un encalado que aumentará las reservas alcalinas y estabilizará el pH para así poder incrementar la productividad de la planta. Situaciones inestables de pH, influyen negativamente en el desarrollo del pez, pues puede generar bajo apetito, ganancia de peso y los peces se vuelven más susceptibles al ataque de patógenos (Tabla 3 y 4).

⁹AMAYA, Rafael y ANZOLA, Eduardo. Generalidades sobre el cultivo de la trucha : Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente. Colombia : INDERENA, 1988. p. 11.

¹⁰HUET, Marcel. Tratado de piscicultura. 3a ed. Madrid : Mundi – prensa, 1983. p. 95.

¹¹ARROYO, Armando. Módulo de piscicultura de aguas y cálidas para hidrocultores. Pasto, Colombia : Editorial Universidad de Nariño, 1989. p. 49.

Figura 3. Sistema de conducción y aforo del agua.



4.2.1.1.4 Alcalinidad. Precisa Drummond¹², que en las aguas continentales, la alcalinidad está relacionada con la concentración total de bases en el agua, expresada en ppm de carbonato de calcio (CaCO_3), cuyos valores no deben ser inferiores a 15 ppm ni superar a 175 ppm de CaCO_3 . La alcalinidad del agua como CaCO_3 , para un buen crecimiento de las truchas está entre 20 y 200 mg/l. Los efectos de una baja alcalinidad se reflejan en un bajo crecimiento y una pobre condición general de la trucha.

¹²DRUMMOND, Silvio. Cría de la trucha. Zaragoza, España : Acribia, 1988. p. 25.

4.2.1.1.5 Turbidez. Para Blanco¹³, las diversas materias en suspensión presentes en el agua, en función de su concentración, pueden matar directamente a las truchas y en el mayor de los casos dar origen a una mayor susceptibilidad para contraer enfermedades.

Este parámetro reduce el crecimiento, se altera la movilidad natural de los peces en los estanques para aprender rápidamente la comida, por tal razón se tendrá la precaución de no distribuir alimento cuando se presente este fenómeno en el agua de la piscifactoría; en el área de incubación sobre las ovas tiene efectos desastrosos, pues la sedimentación de estas partículas sobre la superficie de los huevos impide el intercambio gaseoso a través de la membrana externa, dando así un déficit de oxígeno por la falta de contacto ente el agua y la superficie de la ova.

Según García¹⁴, el nivel de turbidez no debe sobrepasar de 30 ppm, debido a que la presencia de limo en el agua en grandes cantidades después de una lluvia es perjudicial para los ejemplares incluso puede causar la muerte, aun en los de mayor tamaño.

Tabla 1. Condiciones físico - químicas del agua para truchas arcoiris (*O. Mykiss*).

FACTORES	UNIDAD DE MEDIDA	RANGO
Temperatura del agua	°C	9-18
Oxígeno disuelto	mg/l o ppm	5-9
Saturación de oxígeno disuelto	%	80-100
Potencial de hidrógeno	pH	5.5-9.5
Alcalinidad del CaCo ₃	mg/l o ppm	15-175
Co ₂ (anhidrocarbónico)	mg/l o ppm	12
Materiales en suspensión (turbidez)	mg/l o ppm	30

Fuente: Amaya y Anzola (1992, 12)

¹³BLANCO, Maria. La trucha : Cría industrial. Madrid : Mundi prensa, 1984. p .31.

¹⁴GARCIA, René. Cultivo de la trucha y salmón en jaulas flotantes. Madrid, España : Ministerio de Agricultura, Instituto de investigación agropecuaria, 1978. p. 120.

4.2.1.1.6 Dióxido de Carbono. Afirma López¹⁵, que altas concentraciones de dióxido de carbono (mayores a 12 mg/l) pueden ser toleradas por los peces. Las concentraciones de dióxido de carbono son normalmente altas cuando las del oxígeno son bajas, esto se debe a que el dióxido de carbono es liberado en el proceso de respiración de los peces.

4.2.1.1.7 Amonio. Según Arrignon¹⁶, el nitrógeno amoniacal tiene una toxicidad que está ligada directamente con su forma no ionizada que a su vez está en función del pH del agua. Por esta razón, una gran concentración de iones de amonio en el agua con un pH bajo no será peligroso para la flora y fauna acuática, mientras que una cantidad mucho menor, con un pH alto, será tóxica.

4.2.1.1.8 Nitritos y Nitratos. El mismo autor¹⁷ opina que los Nitritos son compuestos solubles en el agua y resultan de la oxidación del amoniaco con la participación de ciertas bacterias del substrato. Están presentes en aguas contaminadas y ofrecen gran toxicidad para los peces, por ello aguas que los contengan no serán aptas para piscicultura. Los Nitratos que tienen escasa toxicidad para los peces, pero en situaciones anaerobias o pobres en oxígeno pueden sufrir un proceso de denitrificación y da origen a nitritos.

4.3 NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE LA TRUCHA ARCOIRIS (*O. mykiss*)

Para comprender los hábitos alimenticios y los requerimientos nutricionales de la trucha arcoiris (*O. mykiss*), es necesario tener en consideración los siguientes aspectos:

4.3.1 Fisiología de la digestión. Sostienen Amaya y Anzola¹⁸, que la trucha es un animal carnívoro que se alimenta de animales de diferentes géneros y formas, fundamentalmente gastropodos, cladóceros, copépodos y oligoquetas. Según Stevenson¹⁹, la trucha arcoiris (*O. mykiss*), es un pez que posee dientes que no le sirven para masticar, sino para la captura de sus presas. Su estómago, es bien definido, secreta ácidos fuertes capaces de descomponer los hidratos de carbono en azúcares elementales, las proteínas en aminoácidos, las grasas en ácidos grasos y glicerina, estas moléculas pequeñas son absorbidas por las células que

¹⁵LOPEZ, Jorge. Nutrición Acuícola. Pasto, Colombia : Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, 1997. p .72.

¹⁶ARRIGNON, jactes. Ecología y piscicultura de aguas dulces. 2 ed. Madrid : Mundi prensa, 1984. p. 87.

¹⁷Ibid., p. 35-36.

¹⁸AMAYA, Rafael y ANZOLA, Eduardo. Generalidades sobre el cultivo de la trucha. Bucaramanga : Instituto Nacional de los recursos naturales renovables y del ambiente, 1992. p.19.

¹⁹STEVENSON, Op. cit., p.25.

forman el revestimiento interno del intestino pasando luego a los capilares sanguíneos.

Tabla 2. Oxígeno en disolución: partes por 100.000.

TEMPERATURA ° C	PORCENTAJE DE SATURACIÓN					
	100	90	80	70	60	50
1	1.43	1.29	1.14	1.00	0.85	0.71
2	1.39	1.26	1.12	0.98	0.83	0.70
3	1.36	1.22	1.09	0.95	0.81	0.68
4	1.32	1.19	1.06	0.93	0.79	0.66
5	1.29	1.16	1.03	0.90	0.77	0.64
6	1.26	1.13	1.01	0.88	0.75	0.63
7	1.23	1.10	0.98	0.86	0.74	0.61
8	1.20	1.08	0.96	0.84	0.72	0.60
9	1.17	1.05	0.94	0.82	0.70	0.58
10	1.14	1.03	0.92	0.80	0.68	0.57
11	1.12	1.01	0.90	0.78	0.67	0.56
12	1.10	0.98	0.88	0.77	0.66	0.55
13	1.07	0.96	0.96	0.75	0.64	0.53
14	1.05	0.94	0.84	0.74	0.63	0.52
15	1.03	0.91	0.82	0.72	0.62	0.51
16	1.01	0.89	0.81	0.71	0.61	0.50
17	0.99	0.88	0.79	0.69	0.59	0.49
18	0.98	0.86	0.78	0.68	0.58	0.49
19	0.96	0.85	0.77	0.67	0.57	0.48
20	0.94	0.83	0.75	0.66	0.56	0.47
21	0.92	0.82	0.74	0.65	0.55	0.46
22	0.91	0.80	0.72	0.63	0.54	0.45

Fuente. Sedgwick (1988, 8)

Tabla 3. Niveles Extremos Permisibles para las condiciones físico-químicas del agua.

Parámetros	Nivel extremo
Oxígeno disuelto	5 a 7 mg/l de agua
pH	6.5 a 9
Alcalinidad	20 a 200 mg de CaCO ₃ /l
Amoníaco	Niveles superiores a los 0.012 ml/l provocan la muerte de los peces
Zinc	En concentraciones superiores a 0.04 mg/l es letal
Acido sulfídrico	Niveles superiores a 6 mg/l no se recomienda
Co ₂	Debe existir concentraciones inferiores a 20 ml/l
NH ₃	Concentraciones superiores a 0.25 mg/l es tóxico para adultos

Fuente. Arroyo (1989, 49)

4.3.2 Principios nutritivos. Según López²⁰, que la dieta básica de la trucha consiste en proteínas, grasas, carbohidratos, sales minerales y vitaminas; los compuestos cálcicos son tomados directamente del agua o de los alimentos:

4.3.2.1 Proteína. Según Stevenson²¹, la trucha arcoiris es carnívora y necesita de un 40 a 50% de proteína en su dieta mientras que los reproductores en época de cría precisan cantidades mayores (Tabla 5), es utilizada por el organismo con tres fines fundamentales: mantenimiento, repleción de los tejidos depleccionados y crecimiento o formación de nuevas estructuras proteicas. Las concentraciones óptimas de proteína para la trucha arcoiris (*O. mykiss*), están marcadas por un balance entre proteína y energía, en el que hay que prestar especial atención a la calidad proteica, que se define por su digestibilidad y contenido de aminoácidos

²⁰LOPEZ, Jorge Nelson. Nutrición acuícola. Pasto, Nariño : Facultad de Zootecnia. Universidad de Nariño, 1989. p. 10.

²¹STEVENSON, Op.cit., p. 42.

esenciales. De acuerdo con CAICYT²², cualitativamente esta necesita los mismos 10 aminoácidos esenciales que los animales superiores, como son: arginina, histidina, triptófano, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina y valina. Señala Jaramillo²³, que mientras estos 10 aminoácidos se suministren en la dieta, la propia trucha fabricará todos los restantes a partir de las proteínas de sus dietas.

Tabla 4. Valor del pH en el agua y su incidencia en los salmónidos.

Valores del pH	Incidencia
3.5 a 4	Mortal para salmónidos
4.4 a 5	Verdaderamente perjudicial para los salmónidos. La resistencia a estos valores aumenta con el tamaño y la edad.
4.5 a 5	Limite de alarma de acidez para los huevos y alevines de salmónidos. La persistencia de estos valores durante largos periodos puede ser causa de mortalidad.
5 a 6	Peligro poco probable para el conjunto de las especies a menos que la concentración de anhídrido carbónico libre no sea superior a 20mg/l.
6 a 6.5	Peligro poco probable para el conjunto de las especies a menos que la concentración de anhídrido carbónico libre no sea superior a 100mg/l.
6.5 a 9.5	Ningún peligro para los peces, excepto si al mismo tiempo están presentes compuestos amoniacales
9.5 a 10	Mortal para los salmónidos al cabo de cierto periodo de tiempo. Puede ser soportado durante un corto espacio de tiempo.
10 a 11	Rápidamente mortal.

Fuente. Jordan and Lloyd (1964)

²²COMISIÓN ASESORA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA (CICYT). Nutrición en acuicultura. Zaragoza, España : Espinosa de los Monteros y Universidad Labarta, 1987. p. 45-46.

²³JARAMILLO, Diego. Alimentación de peces. Manizales, Colombia : Centro de investigación piscícola, Universidad de Caldas, 1988. p. 9.

4.3.2.2 Grasas. Expresa Phillips²⁴, que las grasas son necesarias para un buen crecimiento en el animal, principalmente constituye una reserva de alimento que puede ser utilizada cuando sea necesario. Los lípidos son utilizados por los peces en procesos de producción de energía y como fuente de ácidos grasos esenciales y a su vez estos lípidos sirven de transporte de nutrientes no grasos, como vitaminas liposolubles A, D y K. También en peces carnívoros que tienen capacidad limitada para utilizar glucidos de alto peso molecular como fuente de energía, los lípidos juegan un papel importante y ejercen una acción ahorradora de las proteínas. Afirma David²⁵, que un elevado porcentaje de grasa en la ración para la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), actúa favorablemente sobre el crecimiento y conversión del alimento, añadido a un mejor provecho de la proteína. Dice Lloyd²⁶, que los niveles recomendados de energía digestible y proteína en las dietas para salmónidos son de 14 a 17 MJ/kg de alimento, a lo que se añade un mejor aprovechamiento de proteína y de 22 a 25 g de proteína digestible por MJ de energía.

De acuerdo con Halver²⁷, los ácidos grasos de cadena larga y de punto de fusión bajo tienen superior digestibilidad que los de cadena corta, y los de un solo enlace doble se digieren por lo general mejor que los correspondientes ácidos grasos saturados. Los poliinsaturados como el araquidónico (20:5 y 20:6) se digieren el 100%.

4.3.2.3 Carbohidratos. Según Drummond²⁸, sirven en la alimentación animal principalmente como suministradores de energía y para la síntesis de grasas, su digestibilidad disminuye en los salmónidos a medida que aumenta el tamaño de la molécula, los carbohidratos están presentes en las harinas de los cereales que se mezclan en los alimentos balanceados.

²⁴PHILIPS, Albert. Alimentos y alimentación en la trucha. Buenos Aires, Argentina : Centro regional de ayuda técnica, 1990. p. 13.

²⁵DAVID, Eunice del Rocío. et al. Evaluación de harina de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como fuente de proteína vegetal en la alimentación de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), durante la fase de deca en jaulas flotantes. Pasto, Nariño, 1999, 127 p. Trabajo de grado (Ingeniero en Producción Acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

²⁶LLOYD, Lucas. Fundamentos de Nutrición. Zaragoza, España : Acribia, 1982. p. 83.

²⁷HALVER, Ernest. Fish Nutrition. California, USA : Academic Press, 1989. p. 420.

²⁸DRUMMOND, Silvio. Cría de la trucha. Zaragoza, España : Acribia, 1988. p. 93.

Tabla 5. Porcentaje de nutrientes en la ración de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*).

Nutriente	Porcentaje en la ración
Carbohidratos	9 – 12
Grasas	5 – 8
Proteínas	40 – 50
Ceniza	9 – 11
Fibra	3.5
Humedad	12

Fuente. Amaya y Anzola (1992,35)

4.3.2.4 Minerales. Menciona López²⁹, que las deficiencias minerales no son corrientes, solo se presentan en ejemplares hidrobiológicos levantados a altas densidades de siembra y en agua de dureza inferior a 40 ppm de CaCO₃, sin embargo, algunos alimentos granulados contienen elementos minerales como calcio, potasio, magnesio, sodio, flúor y yodo. Los minerales desempeñan funciones variadas en el organismo del pez, unos forman parte de los pigmentos de la sangre, de los tejidos y los órganos. Algunos en estado iónico son esenciales para mantener el equilibrio ácido – base y la mayoría son de gran importancia en el sistema nervioso y endocrino. Su deficiencia en la dieta produce efectos que se manifiestan en las principales actividades metabólicas de pez y su necesidad puede deducirse en cierta medida de la cuantía en se hallan presentes en el organismo. Estos se dividen en dos grupos:

Macroponderables (Macroelementos), sus cifras de necesidad están muchas veces por encima de 100 mg/kg de alimento desecado. Indica García³⁰, que entre estos elementos se encuentran: el calcio, fósforo, magnesio, potasio, sodio, cloro y azufre. Los microponderables (Microelementos), por lo general se necesita en cantidades inferiores a un ppm, entre estos se encuentran: hierro, cobre, manganeso, zinc, cobalto, cromo, selenio, flúor, yodo y níquel. Según Nutrient Requirement Council, NRC³¹, el calcio y el fósforo, son importantes para la formación del tejido óseo, el hierro es un componente indispensable de la hemoglobina. En los peces, los minerales tienen gran importancia como osmorreguladores, pues tienen la capacidad de absorber los minerales disueltos en el agua a través de las membranas branquiales. En su mayoría las necesidades de calcio, fósforo, magnesio, cobalto, potasio, sodio, zinc pueden ser tomadas de agua.

²⁹LÓPEZ, Jorge Nelson. Op.cit., p. 11.

³⁰GARCÍA, René. Cultivo de la trucha y salmón en jaula flotantes. Madrid, España: Ministerio de agricultura, Instituto de investigación agropecuaria, 1978. p. 230, 235-236.

³¹Nutrient requirement council (NRC). Trout Salmón and cat fish. Washington, USA : National academy of Sciences, 1981. p. 23.

4.3.2.5 Vitaminas. De acuerdo con López³², la trucha (*O. mykiss*), en condiciones de cautiverio requiere todas las vitaminas hidrosolubles y liposolubles, específicamente la vitamina C debido a la incapacidad de los peces de sintetizar ácido ascórbico a partir de la glucosa. Comenta Philips³³, que estos compuestos orgánicos son requeridos en pequeñas cantidades pero de gran importancia en la dieta de los peces, obtenidas a través de fuentes exógenas en la dieta o por medio de la síntesis microbiana intestinal. Las cantidades incluidas en los alimentos se incorporan en forma de mezcla concentrada que se denomina corrector vitamínico.

4.4 CRIANZA INICIAL DE LA TRUCHA ARCOÍRIS (*O. Mykiss*)

4.4.1 Estrategias óptimas de colocar en estanques y alimentar. Las prácticas iniciales de la crianza de la trucha arco iris son extremadamente importantes para el éxito de cualquier operación en la cultivación de trucha. La presentación y aceptación inicial del alimento marca una etapa crítica del desarrollo para la truchicultura, en esta etapa la larva (alevín) está pasando cambios de desarrollo drásticos (Figura 4), de peces que habitan el fondo y que dependen del saco vitalino de repente son nadadores libres y deben buscar nutrición de fuentes externas. Cualquier éxito o fracaso subsiguiente de crianza depende completamente en la habilidad de ayudar a los alevines en esta transformación.

En el momento de la eclosión, los alevines de la trucha cuentan con un saco vitalino grande de reserva que resta de la ova. Por ejemplo, el peso del alevín mojado de trucha arco iris es aproximadamente 70% saco vitalino y 30% embrión. Este saco vitalino es más denso que el agua causando que los alevines habiten en el fondo (o en la naturaleza dentro de los espacios de la grava). La membrana que rodea el saco vitalino es muy sensible a las abrasiones externas. Por lo tanto, en esta etapa rara vez se deben manejar los alevines. Mientras los alevines consumen (o se transformen por metabolismo) el saco vitalino para satisfacer sus necesidades de energía, su peso mojado realmente aumenta. Esto ocurre ya que los tejidos (músculo, órgano, etc.) tienen un contenido más alto de humedad o de agua que los del saco vitalino. La investigación nos muestra que un gramo del saco vitalino se convierte en 2 – 3 gramos de tejido. El peso del alevín sigue aumentando hasta justo antes de la terminación de la absorción del saco vitalino. Esta etapa se llama “Peso Mojado Máximo del Alevín” (PMMA) y ocurre cerca del tiempo óptimo de colocación en estanques y la iniciación de alimentación, como tal, es importante que los truchicultores entiendan y reconozcan sin lugar a duda esta etapa bajo las condiciones presentes en sus operaciones.

³²LÓPEZ, Op. cit., p. 11.

³³PHILIPS, Op. cit., p. 17.

Figura 4. Ovas iniciando la eclosión y Alevines de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) 1 día después de eclosión.



Fuente. Roche.

Los alevinos que se colocan en los medios apropiados de crianza (estanques) en el momento óptimo cuentan con mortalidad mínima y tasas máximas de crecimiento. Si se colocan en los estanques demasiado temprano, el saco vitalino del alevín es altamente susceptible a abrasión y daños físicos (Figura 5). En casos extremos, esto puede causar la ruptura de la membrana resultando en la coagulación del material del saco vitalino (evidente por el blanqueamiento) y la subsiguiente muerte a las etapas siguientes. Los alevines puestos en estanques a esta edad aún no tienen flotabilidad neutral y frecuentemente se amontonan en el fondo de los estanques, aumentando el riesgo de sofocación. La situación se hace aún más crítica si en este momento se les presentan alimentos iniciadores, principalmente debido al efecto del alimento sobrante al descomponerse en el agua y reducir el suministro de oxígeno del medio ambiente.

Igualmente si se siembran los alevinos en estanques después de que se agotan las reservas por completo del saco vitalino. Son insuficientes las reservas de energía para sobrevivir la fase de aprendizaje de la iniciación de alimento y resulta en la muerte por hambre. A menudo Troutlodge en investigaciones han demostrado que: “Los alevines puestos en estanques e introducido al alimento justo antes del PMMA, aún visible una ligera raya ventral del saco vitalino (Figura 6), logran tasas máximas de crecimiento y mantienen salud óptima durante este período de transición. Es importante que toda instalación de incubación determine valores específicos del sitio para el tiempo necesario para alcanzar esta etapa óptima. Tanto el tamaño, forma, porción, método de presentación, y la frecuencia del alimento desempeñan todos papeles importantes en la producción de alevines de trucha arcoiris (*O. Mykiss*), saludables y de crecimiento rápido”³⁴.

³⁴TROUTLODGE. Crianza inicial de la trucha arcoiris. 2006. Disponible en Internet: http://www.troutlodge_Crianza_Inicial_De_La_Trucha_Arco_Iris

Figura 5. Alevinos de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) de 4 y 14 días después de eclosión respectivamente.



Fuente: Troutlodge.

4.4.2 Alimentación de alevinos. La larva al consumir la totalidad de las reservas del saco vitelino, depende completamente del alimento externo, iniciándose la etapa de alimentación exógena. Si en este momento el alevín no encuentra alimento en su medio, el animal permanecerá vivo hasta cuando se agoten sus reservas y entrará en crisis disminuyendo la capacidad de alimentarse, ocasionando en esta etapa un gran índice de mortalidad. La digestión comienza un cuarto de hora después de la ingestión de los alimentos, desde este momento el animal necesita un gran aporte de oxígeno que puede alcanzar en algún caso hasta el 76% de las necesidades que tiene el ejemplar en ayuno. Blanco dice: “Esta demanda se disminuye rápidamente para situarse al cabo de una hora en el consumo normal. Conocer estas variaciones es de importancia para el piscicultor el cual debe realizar medición del oxígeno disuelto en el agua de salida de estanque, medido en pleno proceso de digestión, es decir cuando el consumo de oxígeno es mayor”³⁵.

Define López³⁶, la alimentación suplementaria como aquella que complementa la alimentación natural existente en el estanque con el propósito de incrementar el kilaje de producidos por hectárea de espejo de agua o por metro cúbico. El alimento no debe suministrarse la cantidad total en una sola ración, sino en varias porciones y suministrarlas en horas de la mañana y tarde.

³⁵ BLANCO, Op. cit., p. 110 -111.

³⁶ LÓPEZ, Op. cit., p. 93.

Figura 6. Alevines de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) 21 días después de eclosión respectivamente.



Fuente. Troutlodge.

4.5 FLAVOBACTERIOSIS EN PECES

Las enfermedades de los peces son un problema importante a nivel mundial, debido a que limitan la eficiencia, principalmente de los sistemas de cultivo. Una enfermedad puede ser definida como una desviación del estado de homeostasis que produce una alteración funcional que se manifiesta por signos clínicos externos y/o internos*. Comenta Hsagan³⁷, que la mayoría de las enfermedades bacterianas de los peces son causadas por bacterias que generalmente están presentes en el agua y/o el pez, y éstas no surgen espontáneamente sino que son el resultado de una serie de factores que hacen al pez susceptible a la correspondiente infección.

De acuerdo con Kabata³⁸, el cultivo semi-intensivo y superintensivo de peces permite que las enfermedades normalmente presentes en poblaciones naturales se hagan más evidentes debido a la mayor densidad por confinamiento. En los primeros años de funcionamiento de las granjas los parásitos y bacterias no constituyen un problema ya que la biomasa de peces por unidad de área es baja.

*COMUNICACIÓN PERSONAL de Jorge Nelson López Macías, Profesor Titular de la Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, 14 de abril de 2007.

³⁷HSAGAN, W. A. y BRUNER, D. W. Enfermedades infecciosas de los animales domésticos. México : La Prensa Médica Mexicana, 1961. 904 p.

³⁸KABATA, Z. Crustacea as enemies of fishes : Diseases of Fishes. United States : T.F.H. Publications, 1971. 171 p.

Afirma González³⁹, que a medida que se van incrementando los niveles de producción en los centros de cultivo, el aumento del número de peces agrupados conlleva a un crecimiento cada vez mayor de la población de los ectoparásitos.

Quizás una razón del por qué se ha hecho relativamente pocos trabajos con Flavobacterias patógenas ha sido su aparente carencia de patogenicidad para el hombre. Expresa Bullock⁴⁰, que en 1963 fue aislada una flavobacteria anaerobia a partir de la cavidad oral humana. Se probó en laboratorio su patogenicidad en animales de sangre caliente. La bacteria se reprodujo en tejidos lacerados causando inflamación y ulceración. Muchas de las características básicas de las Flavobacterias fueron investigadas y dadas a conocer, basándose en los resultados obtenidos sobre el estudio de 10 cepas aisladas sobre el agar Cytophaga. En este medio se observó que producían colonias pigmentadas amarillo brillantes, con márgenes delgados que se esparcen conteniendo bastones flexibles y delgados (0,75 x 1,5 - 7,5 m en tamaño), estrictamente aerobios, que exhibían un movimiento de deslizamiento. No se observaron cuerpos fructíferos ni microquistes. Sobre esta base y con los resultados de otras pruebas se propuso la especie ***C. psychrophila***. Esta descripción, sin embargo, encuadra más con ***Flexibacter*** que con ***Cytophaga***. Es interesante notar que Lewin y Lownsbery clasificaron la cepa como ***F. aurautiacus***.

Afirma Anderson: "Las flavobacterias pueden afectar poblaciones naturales en ríos y en aquellas instalaciones de reproducción y/o cultivo para lo cual se usa agua dulce o de mar. Si las condiciones son apropiadas, una amplia variedad de peces pueden ser atacados y no parece haber restricción de especie o de familia"⁴¹.

El mismo autor sostiene que: "Las flavobacterias son probablemente responsables, más que cualquier otro grupo de bacteria de las muertes de peces de agua dulce, aunque estas afectan primariamente superficies externas de los peces, las infecciones sistémicas no son poco comunes"⁴². Expresa Ameno⁴³, que en general se cree que las infecciones causadas por este tipo de bacterias, al igual que las enfermedades infecto-contagiosas, son favorecidas por factores de estrés tales como temperaturas desfavorables del agua, alta densidad poblacional,

³⁹GONZALEZ, L. y J. CARVAJAL. Parásitos en los cultivos marinos de salmónidos en el sur de Chile. Santiago de Chile : Revista de Investigación Pesquera, 1994. p. 38, 87-96.

⁴⁰BULLOCK, G. L. and SNIESZKO, S. F. Fin rot, coldwater disease and peduncle disease of salmonid fishes. Washington : Wildl. Serv. Fish. Dis, 1970. p. 2.

⁴¹ANDERSON, J.I.W. and CONROY, O. A. The pathogenic myxobacteria with special reference to fish diseases. Reino Unido : J. Appl. Sact., 1969. p. 32, 30-39.

⁴²Ibid., p. 40.

⁴³AMENO, D. F. Myxobacterial infections of salmonids : prevention and treatment. Washington : Am. Fish. Soc. Spec., 1970. p. 258-265.

lesiones, otras enfermedades o manejo inadecuado de los peces, por lo que la enfermedad específica y las circunstancias que rodean la epizootia determina los métodos de prevención y el tratamiento.

Afirma Bullock⁴⁴, que las flavobacterias también se presentan en lesiones abiertas alrededor de las aletas o en la musculatura corporal y es casi imposible decidir si son agentes etiológicos primarios o invasores secundarios.

Las flavobacterias sp. están formadas por células procarióticas en forma de bastón y filamentosas, móviles por deslizamiento sobre superficies sólidas en al menos un estadio morfológico, no producen cuerpos. Su movimiento está asociado con la producción de abundantes cantidades de material mucoide.

Por su parte dice Buchanan⁴⁵, que la flavobacteriosis, como mejor se les conoce, son enfermedades bacterianas de los peces causadas por tres especies: ***Flexibacter columnaris*** (Davis) comb. nov., ***Flavobacterium psychrophila*** Borg, 1960 y ***Sporocytophaga*** sp. Stainer 1940.

4.5.1 Flavobacteriosis en peces dulceacuícolas.

4.5.1.1 Columnaris. Tal vez una de las enfermedades más habituales y conocidas desde hace mucho tiempo: es la infección de piel conocida como “enfermedad por flavobacterium”. El agente etiológico de la columnaris ha recibido varios nombres, el primero fue ***Chondrococcus columnaris*** debido a que los primeros que la aislaron observaron la producción de cuerpos fructíferos y microquistes; luego fue denominada como ***Cytophaga columnaris*** y posteriormente en 1974 esta bacteria se incluyó en el género ***Flexibacter***. Las bacterias de este género no descomponen polisacáridos complejos como agar, celulosa y quitinaqué. Afecta tanto a salmónidos de agua dulce (truchas) como a otras especies de aguas calidas, incluyendo la gran mayoría de especies ornamentales.

Afirma Siniesko⁴⁶, que es una enfermedad crónica que afecta a salmónidos y a muchas especies de peces de aguas cálidas. La primera descripción de la enfermedad fue dada por Davis en 1922 por quien se le dio el nombre a la enfermedad y a la especie de la bacteria, a partir de la disposición en columnas que estas células forman en preparados frescos; sin embargo, el agente causal fue aislado por primera vez en 1944 por Ordal y Rucker.

⁴⁴BULLOCK, Op. cit., p. 151.

⁴⁵BUCHANAN, R. E. and GISBONS, N. E. Bergey's manual of determinative bacteriology. EE.UU. : Waverly Press, 1974. 1268 p.

⁴⁶SNIESZKO, S. F. and BULLOCK, G. L. Columnaris diseases of fishes. Washington. U. S. : Fish. Wildl. Serv. Fish. Dis. Leaflet, 1976. p. 10.

Comenta Conroy⁴⁷, que los miembros del género *Flavobacterium* están ampliamente distribuidos en el suelo, aguas dulces y marinas; estos incluyen varias especies específicamente patógenas para los peces. Las infecciones causadas por ***F. columnaris*** con frecuencia adquieren proporciones epidémicas con mortalidades masivas en establecimientos para el cultivo de peces durante los meses cálidos del año.

Explica Stainer⁴⁸, los patógenos del grupo flavobacter son quizás los agentes bacterianos más importantes de las enfermedades en peces marinos y de agua dulce.

Expresa Bullock: “Que la columnaris es una de las enfermedades más comunes de los peces que afectan a especies de aguas frías, templadas y cálidas, a peces con escamas y a los que carecen de ellas, a su vez también a peces de acuario y su distribución es mundial”⁴⁹.

4.5.1.2 Signos Clínicos, diagnóstico e identificación confirmada. Dice Dolores⁵⁰, El proceso infeccioso se caracteriza por el desarrollo de lesiones epiteliales externas generalmente asociadas a factores como altas temperaturas, excesiva presencia de materia orgánica en el agua y manejo inadecuado de los peces que generan situaciones de estrés y baja de defensas, fundamentalmente si en éste manejo se producen alteraciones en el mucus o lesiones en la piel que son fácilmente colonizables por este microorganismo. Estas infecciones se localizan especialmente en la zona de la aleta caudal o dorsal. Estas lesiones suelen evolucionar comprometiendo tejidos subyacentes con formación de úlceras. También se reporta como el causante de altas mortalidades en alevinos. En este caso particular, aparte de provocar lesiones en piel, afecta a la mayoría de órganos internos provocando anemia severa.

Afirma Heinz⁵¹, que en los bordes inflamados de las zonas necrosadas puede observarse por lo general la posición típica de las bacterias grandes filamentosas formando columnas. A partir de frotis de necrosis pueden aislarse estas bacterias

⁴⁷CONROY, D. A. et al. Preliminary observations on ornamental fish diseases in northern South America. U.S. : Aiv. It. Pisc. Ittiop, 1981. p. 86-104.

⁴⁸STAINER, A. Y. et al. The microbial world. New Jersey, EE.UU. : Prentice Hall, 1976. 871 p.

⁴⁹BULLOCK, Op. cit., p. 150.

⁵⁰DOLORES Funrez Maria. Susceptibilidad comparativa de trucha arco iris y salmón coho a ectoparásitos de importancia económica. . Arch. med. vet.. [online]. 1997, vol.29, no.1 [citado 03 Septiembre 2006], p.127-132. Disponible en internet: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X1997000100015&lng=es&nrm=iso. ISSN 0301-732X.

⁵¹HEINZ-Hermann Reichenbach-Kline. Enfermedades de los peces. Alemania : Universidad de Manché, 1980. p. 126.

gramnegativas, de forma larga y delgada (0.5-0.7 x 4.8 micras) que pueden visualizarse en frotis húmedos.

Este microorganismo es muy insidioso y difícil de cultivar en laboratorio en medios generales y requiere de medios especializados. Por lo general la bacteria es concomitante con otros agentes etiológicos como la aeromona y es la puerta de entrada y estimula la virulencia de las aeromonas*.

Señala Heinz⁵², que estas bacterias generalmente se fijan a los tejidos por un extremo mientras su otra extremidad se mueve de forma característica oscilando o vibrando. Las células libres pueden desplazarse sobre soportes sólidos mediante rastreros o deslizamiento serpenteante. En medios especializados sus colonias se extienden de manera plana característica, implantándose en el agar como colonias rugosas y sólidas; forman un pigmento amarillo verdoso.

Según Conroy⁵³, una de las infecciones flavobacterianas más común que ocurre en peces ornamentales suramericanos es la columnaris; esta enfermedad les afecta la piel, tejido muscular, aletas y branquias y en los bagres ornamentales como el tigrillo (*Pimelodella pictus*) puede causar erosión y necrosis de las barbas.

Afirma Anderson⁵⁴, que la enfermedad de la columnaris comienza como una infección externa. El tipo de lesión varía con el pez. En peces sin escamas tales como los bagres (*Ictalurus* sp.), las lesiones iniciales son pequeñas y circulares, con centros necróticos azul-grisáceos y márgenes rojas rodeadas por un anillo de tejido inflamado; a medida que la enfermedad progresa la lesión se esparce y puede cubrir todo el cuerpo. En peces con escamas las lesiones necróticas comienza en los márgenes externos de las aletas y se esparcen hacia el cuerpo. Superficialmente estas manchas son muy similares a aquellas causadas por *Saprolegnia*, pero pueden ser diferenciadas de ésta, por la presencia de una zona hiperhémica circundante.

Sostiene Bullock⁵⁵, que las lesiones son el sitio de una necrosis progresiva involucrando la dermis, epidermis y musculatura. La bacteria penetra al tejido dérmico como resultado de una herida en la epidermis, se multiplican en el tejido conectivo y alcanzan la musculatura donde forman ulceraciones rojizas profundas

*COMUNICACIÓN PERSONAL de Jorge Nelson López Macías, Profesor Titular del Programa de ingeniería Acuícola. Bogotá, agosto 16 de 2006.

⁵²HEINZ, Op. Cit., p. 127.

⁵³BULLOCK, Op. Cit., p. 160.

⁵⁴ANDERSON, Op. Cit., p. 30-39.

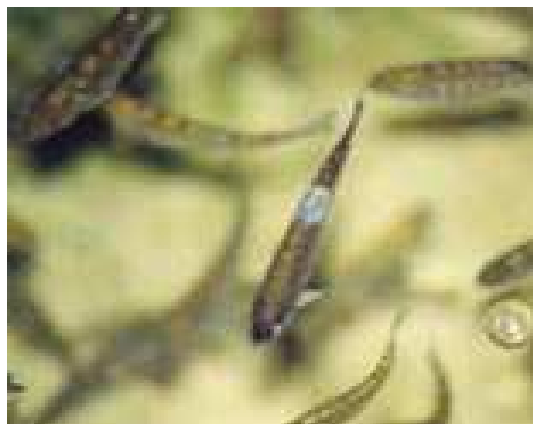
⁵⁵BULLOCK, Op. Cit., p. 10.

y bien definidas; los capilares se congestionan y se desintegran, llenando de sangre las márgenes de la lesión.

En casos agudos causados por cepas virulentas, las branquias son los únicos órganos con lesiones aparentes; cuando el daño branquial es extenso hay una fuerte necrosis, comenzando en el borde de las mismas y terminando en la base del arco branquial. La muerte es causada probablemente por asfixia y pérdida parcial de la función excretora.

Índica Morita⁵⁶, al realizar una revisión sobre bacterias psicrófilas, que la patogenecidad de las flavobacterias puede ser explicada por la liberación de enzimas proteolíticas poderosas mediante la autólisis celular; la liberación de estas enzimas explica la histólisis y necrosis observadas en la columnaris. En los peces en donde se presentan estas lesiones, la muerte es provocada por pérdida de electrolitos. (Figura 7.)

Figura 7. Ejemplar de Trucha arcoiris (*O. Mykiss*) con lesión en la aleta dorsal causada por *flavobacterium columnaris*.



Fuente: Robert Durborow.

A temperaturas inferiores a 12,5°C la enfermedad es de poca consecuencia, mientras que a temperaturas superiores a 21,5°C las epizootias pueden ser explosivas; la lesión mecánica incrementa la susceptibilidad del pez, pudiendo ser infectadas las branquias sanas.

Dice Bullock⁵⁷, que para el diagnóstico presuntivo de la columnaris se basa en la sintomatología clínica de los ejemplares afectados y en la detección, a partir de

⁵⁶MORITA, R.Y. Psychrophilic bacteria. EE.UU. : Bact. Aev., 1966. p. 114-167.

⁵⁷BULLOCK, Op. Cit., p. 10.

preparados frescos, de numerosas flavobacterias que tienen la tendencia a agruparse formando columnas. El diagnóstico confirmativo se lleva a cabo aislando e identificando la bacteria en el medio de Anacker y Ordal incubando a 25°C, se deben observar colonias con bordes tenues y de pigmentación amarilla. Una vez pura, se le realiza una prueba de aglutinación en lámina con suero de conejo anti ***F. columnaris***.

4.5.1.3 Enfermedad bacterial de agua fría (BCWD) - *Flavobacterium psychrophilum*. Expresa Borg⁵⁸, que la enfermedad del agua fría la describió por primera vez en 1948, a partir de un brote en el salmón coho (*Onchorhynchus kisutch*), aisló el agente etiológico y le dio el nombre de *Flavobacterium psychrophilum*. Se puede hablar de esta enfermedad:

4.5.1.3.1 Sinónimia. Enfermedad del agua fría Síndrome del Alevín de trucha arco iris (RTFS), anemia bacterial del alevín, enfermedad de temperatura baja, enfermedad del pedúnculo, espalda ensillada, descomposición de la cola y mixobacteriosis sistemática.

4.5.1.3.2 Causa de la enfermedad. La Enfermedad Bacterial de Agua Fría es causada por *Flavobacterium Psychrophilum*, también conocido como *Flexibacter psychrophilus* y *Cytophaga psychrophila*. Pueda existir diferencias de clases entre grupos pero su importancia desde un perspectiva del control sanitario de los peces no se ha demostrado. Debido a problemas en aislar los agentes causantes, diagnosticando correctamente la enfermedad y diferenciar la *F. psychrophilum* de otras enfermedades estrechamente relacionadas y concurrentes, existe mucha confusión e información errónea referente la BCWD.

4.5.1.3.3 Rango, distribución, y ocurrencia del huésped. La BCWD es una enfermedad seria de todas las especies de los salmónidos. Además, se sabe que ha causado enfermedad en carpa, tenca, cacho y anguila. Se sabe que se infecta únicamente a los peces de agua dulce. La enfermedad no parece ser de un huésped específico y puede infectar muchos vertebrados acuáticos. La BCWD es particularmente, virulenta en temperaturas de agua de menos de 12 °C (54 °F). No obstante, desleal a su nombre, se sabe que esta enfermedad haya causado pérdidas significantes a temperaturas hasta 16°C (61°F). Se describió la enfermedad de BCWD en 1946 como una enfermedad de truchas y salmones en los Estados Unidos. Sostiene Cipriano⁵⁹, que hoy en día se encuentra en muchas

⁵⁸ BORG, A. Studies on myxobacteria associated with diseases in salmonid fishes. EE.UU. : Thesis Univ. Washington, Seattle, 1960. p.162.

⁵⁹ CIPRIANO, R.C. et al. Estudio epizootiológico de la enfermedad bacterial de agua fría en el salmón pacífico y más caracterización del agente etiológico, *Flexibacter psychrophila*. 1996. Diario de la Salud Animal Acuático 8:28-36. Disponible en Internet: <http://www.troutlodge.com>

zonas del mundo incluyendo Norteamérica, Europa, los países escandinavos, Japón, el Sureste de Asia, Australia y Chile.

La BCWD infecta todas las etapas de los peces desde los gametos y ovas embrionadas hasta los reproductores. La enfermedad es más aguda en ovas, alevines y juveniles, y tiende a ser más crónica en los peces más grandes. Típicamente, la mortalidad comienza 5 a 10 días después de infección y llega al máximo 20 a 60 días después, dependiendo de la temperatura del agua y la edad del pez. Se sabe que recurre la enfermedad, particularmente después de estrés o manejo; como durante el tiempo que alcanzan la etapa de esguín, selección, clasificación, transporte, vacunación, marcado etc. La total de mortandad acumulativa, típicamente es de un 5% a 20% pero se ha notado mortalidades hasta de un 90%. Frecuentemente se observa que la BCWD precede u ocurre en asociación con otras enfermedades tales como los virus de IPN, IHN y VHS.

4.5.1.3.4 Signos clínicos, diagnóstico e identificación confirmada. Los signos clínicos de la BCWD varían con el tamaño del pez y la temperatura del agua. En ovas y larva con saco vitelino, la enfermedad puede causar un ablandamiento del cascarón, eclosión prematura y ruptura del saco vitelino. La forma más común de la BCWD es una infección sub-aguda a aguda en la larva y el alevino. Típicamente, los peces infectados dejan de alimentarse, se hacen letárgicos y descansan cerca del fondo, de la pared o las mallas de la salida. Debido a una anemia severa, las agallas, riñón y bazo, frecuentemente están pálidos y a veces casi blancos. Típicamente, los peces muertos se acumulan en el fondo y en las mallas con sus cuerpos doblados en forma de coma y un obscurecimiento hacia la cola y los arcos branquiales abiertos y cubiertos de una sustancia mucoide. Cuando se infecta el cerebro, particularmente en la larva, puede haber una leve inflamación hemorrágica encima de la cabeza y los peces afectados nadarán erráticamente o en un movimiento espiral.

La forma más crónica de la BCWD ocurre en los peces más grandes o en peces que sobrevivieron a un contagio anterior. En tales casos, *F. psychrophilum* tiende a infectar únicamente el cerebro o una porción corta de la espina. Cuando se infecta el cerebro, el pez pierde el equilibrio pero puede que no muera. Cuando la *F. psychrophilum* infecta a la espina, se pueden notar algunas hemorragias pero además de eso parecen los peces normales y sobreviven hasta la cosecha. La parte infectada de la espina deja de crecer mientras el músculo asociado que la rodea continúa creciendo. Meses después, esto puede resultar en un pez groseramente deformado.

A menudo, estos peces tienen que sacarse o desecharse y puede resultar en una pérdida económica significativa. Se debe notar que hay varias causas de deformidades espinales en los peces, pero se debe considerar la BCWD cuando esto sea un problema. Se puede ser difícil en detectar y diagnosticar diferencialmente la BCWD. Cuando sea que se sospecha la BCWD, se deben

someter a un laboratorio calificado los peces típicamente enfermos. Se hace un diagnóstico presuntivo basado en la sintomatología clínica y con la observación de una bacteria típica de un frotis húmedo de un tejido. Fácilmente, se notan bacterias de característica filamentosas, larga y delgada (0.3-0.7 x 2.0-7.0 mm), gram-negativa y no flagelada en el bazo, riñón, sangre, cerebro o tejidos tomados de la orilla de lesiones necróticas. A menudo se puede hacer un diagnóstico presuntivo en la granja, basado en un frotis directo adicionándole tinción y dentro de pocos minutos observar al microscopio, con lo cual puede justificarse el comienzo de un tratamiento.

Este diagnóstico se puede confirmar con los estudios de laboratorio aislando e identificando *F. psychrophila*, para lo cual se siembra material de las lesiones sobre agar cytophaga y se incuba a 10°C ya que es la única bacteria ictiopatógena que crece a esa temperatura. También se puede realizar el aislamiento clínico e identificación de la bacteria, cultivando en Agar TYE, complementado con un 5% de suero de becerro fetal e incubado por 7 a 10 días a 15 a 20°C. Se observará una colonia pequeña (0.5 a 2.0 mm dia.), mucosa, lisa, redonda, convexa y entera, que se reconocen fácilmente por su distintivo color amarillo a anaranjado. Sostiene Thoesen⁶⁰, que la identidad del aislado debe confirmarse por un plato de aglutinación con antisuero polivalente u otro método validado de confirmación (Elisa).

4.5.1.3.5 Depósito de infección y transmisión. La *F. psychrophilum* está presente en peces clínicamente enfermos y en los sobrevivientes asintomáticos que transmiten la bacteria a lo largo de sus vidas. También se halla la BCWD en peces y anfibios silvestres, los cuales también pueden servir como reservorio de la bacteria. Su transmisión es fácilmente de pez a pez y a través del agua. El sitio primario de la infección son las agallas y aletas, particularmente cuando estos tejidos se han dañado previamente por otras enfermedades infecciosas o condiciones ambientales. Además, se puede transmitir la *F. psychrophilum* por reproductores infectados. Debido a que la bacteria puede estar incluida dentro de la ova, al sumergir las ovas en desinfectante, no elimina el riesgo de la transmisión vertical.

⁶⁰ THOESSEN, J. Procedimientos sugeridos para detectar e identificar ciertos patógenos de peces con aletas y mariscos. Sección de la Salud de Peces, Sociedad Americana de Pesca, Bethesda, MD, USA. 1994 Disponible en Internet: <http://www.troutlodge.com>.

4.5.1.3.6 Prevención, tratamiento y control. Si nunca de ha detectado BCDW en su granja, se debe tomar cada precaución para prevenir su introducción. El mejor método para reducir el riesgo de infección, es el de volver a surtir su granja únicamente con ovas embrionadas de un proveedor de buena reputación. Se recomienda enfáticamente que las ovas, larva y alevines se críen en fuentes de agua cerradas tales como pozos (hoyo perforado) o manantiales cerradas libres de peces o anfibios nativos que puedan portar la *F. psychrophilum*. No hay evidencia de una resistencia natural a la BCWD en ninguna clase particular de peces y no se ha hecho intentos para cruzarlos para ser resistentes a la enfermedad. Actualmente, no existen vacunas autorizadas para le prevención de la *F. psychrophilum*. Vacunas experimentales se están probando y los resultados preliminares son prometedores, pero faltan unos años para productos comerciales efectivos. La *F. psychrophilum* infecta a los peces externamente, internamente y hasta intracelularmente. Esto significa que los químicos y antibióticos que se añaden al agua pueden ser de un valor limitado en el tratamiento de la enfermedad de la BCWD. Para un control efectivo, por lo general, tratamientos externos tienen que combinarse con un antibiótico en el alimento.

Uno de los tratamientos más comunes de la BCWD es la de una combinación de tratamientos de lavado de una hora usando sulfato de cobre, Chloramine-T™ o un desinfectante cuaternario de amonio tal como Hyamine mientras se alimenta con una dieta medicada con Terramicina™ para despachar 150 Mg de ingrediente activo por kilogramo de pez por día por 10 a 14 días. Además de Terramicina™, se ha usado con distintos niveles de éxito Romet™, ácido oxolínico, Sarafin™, Florfenicol™ y amoxicilina. Sin embargo, ya que parece que la *F. psychrophilum* desarrolla rápidamente una resistencia a los antibióticos, se debe determinar la relativa sensibilidad al antibiótico de un aislado, particularmente si la enfermedad no responde al tratamiento.

4.5.1.3.7 Estado reglamentario. Por lo general, no se considera la BCWD de mucha preocupación por las autoridades reglamentarias y no está alistada por la O.I.E.. Actualmente, no hay protocolos aceptados ni validados por vigilancia, inspección ni certificación de peces, ovas o gametos; sin embargo, los productores de ovas deben hacer periódicamente, pruebas en los peces para la *F. psychrophilum* como parte de su programa rutinario de manejo de la salud de los peces.

4.5.1.3.8 Importancia de la salud pública. Expone Cipriano⁶¹, que la *F. psychrophilum* no posee ningún riesgo a los humanos ni a ningún animal salvo los peces de agua dulce y posiblemente los anfibios. No se sabe de ninguna

⁶¹CIPRIANO, R.C. et al. 1996. Estudio epizootológico de la enfermedad bacterial de agua fría en el salmón pacífico y más caracterización del agente etiológico, Flexibacter psychrophila. Diario de la Salud Animal Acuático 8:28-36. Disponible en Internet: <http://www.troutlodge.com>

restricción en procesar ni vender peces infectados, ni ninguna razón de preocupación desde el perspectiva de salud pública.

4.6 TRATAMIENTO

El tratamiento más común para esta infección bacteriana se realiza mediante el uso de dos grandes grupos de productos: antisépticos y antibióticos.

4.6.1 Los antisépticos. De acuerdo con Arévalo⁶², reciben el nombre de antisépticos los biocidas que destruyen o inhiben el crecimiento de microorganismos sobre tejidos vivos. Son menos tóxicos que los desinfectantes que se diferencian de los antisépticos por su utilización sobre objetos y superficies inanimadas. Se utilizan, aparte de su uso en profilaxis, principalmente para el tratamiento de las enfermedades que cursan con lesiones externas (Flavobacteriosis). Suelen utilizarse distintos productos como el cloramina-T, el Permanganto potásico, el Peróxido de hidrógeno y productos a base de Amonio cuaternario principalmente, aplicados en forma de baños cortos de inmersión o bien directamente en el agua de cultivo. Estos productos se utilizan solos o combinados con antibioterapia.

4.6.1.1 Tensioactivos: catiónicos o derivados del amonio cuaternario. El nitrógeno cuaternario es un componente esencial en muchos procesos biológicos, y los amonios cuaternarios juegan un papel importante en los procesos de vida celular y en acciones fisiológicas. Apoyándose en estos principios moleculares se emplean como germicidas. Químicamente son compuestos de amonio, en los cuales el átomo de nitrógeno presenta 4 valencias sustituidas por radicales alquil o heterocíclicos, y 1 valencia sustituida por un radical sulfato o similar. Se presentan en forma de sales. Según diversas modificaciones moleculares de su estructura, han dado lugar a diferentes generaciones.

4.6.1.1.1 Propiedades físico-químicas. Son solubles en agua y alcohol. Algunos de ellos, no todos, como los de doble cadena o dialquiles permanecen activos en agua dura y frente a residuos aniónicos. La presencia de cualquier residuo proteico anula su efectividad.

4.6.1.1.2 Mecanismo de acción. Explica Zaragoza⁶³, que la acción microbicida se atribuye a la entrada a través de la pared y membrana celular e inactivación de

⁶²AREVALO JM. et al. Guía de desinfectantes y antisépticos : Medicina preventiva. Mexico : Six, edit., 1996. p.16-24.

⁶³ZARAGOZA, M. et al. Handwashing with soap or alcoholic solutions?. A randomized clinical trial of its effectiveness. Am J Infect Control. EE.UU., 1999. p. 258-261.

enzimas, mediante rotura de esas barreras y desnaturalización, en el citoplasma, de proteínas esenciales para el microorganismo.

4.6.1.1.3 Propiedades antimicrobianas. Manifiesta Gamer⁶⁴, que a concentraciones medias, 10 a 50 ppm, son bactericidas, tanto para bacterias Gram negativas como positivas, con evidencia de mayor acción sobre estas últimas, son fungicidas y virucidas, actuando sobre virus lipofílicos pero no sobre los hidrofílicos. No tienen acción tuberculicida ni esporicida. Su actividad se desarrolla tanto sobre medio ácido como alcalino, aunque este último muestra mejores resultados. Recientemente se han publicado trabajos en los que se observa una eficaz actividad antiviral, tanto lipo como hidrofílica, a concentraciones de 1:128 aún en presencia de sangre.

4.6.1.1.4 Aplicaciones. Actualmente se consideran unos buenos agentes limpiadores y sus indicaciones van dirigidas al saneamiento ambiental de mobiliario, paredes, suelos y superficies. Sin embargo, algunos amonios cuaternarios o mezclas de éstos con otras sustancias (etilsulfato de mecetronio, cloruro de benzalconio, N-duopropenida), se utilizan como antisépticos en la higiene de manos, en formulaciones de base alcohol, de reciente incorporación al mercado.

4.6.1.1.5 Toxicidad y efectos adversos. Con respecto a sus efectos tóxicos, pueden producir dermatitis de contacto, aunque son menos irritantes para las manos que otros productos. Pueden causar irritación nasal. No existen limitaciones a las concentraciones ambientales, por su baja o nula toxicidad.

4.6.1.2 Control químico de la flavobacteriosis con Methybenesulfonamida sódica. La molécula activa es N-Cholo-4-Methylbenesulfonamida sódica SALT. Se utiliza exclusivamente para tratar infecciones bacterianas de las branquias. Afirma Lazaro⁶⁵, que es tóxico al usarse con cloruro de bensalconio, se debe evitar el contacto con metales y proteger la vista del operario que este en contacto con el producto, su dosis depende de la dureza y pH del agua para la formulación en agua (Tabla 6). Se puede instaurar el tratamiento hasta cuatro repeticiones o más según la necesidad.

4.6.2 Antibióticos. La aplicación de antibióticos en acuicultura generalmente se realiza por vía oral, baño o por inyección. La administración de antibiótico a través del alimento artificial es el método más habitual en piscicultura, mientras que la aplicación por baño, aunque real, está más restringido a casos específicos. Esto es debido a la gran cantidad de antibiótico a utilizar, a las interferencias que se

⁶⁴GAMER JS. Guidelines for handwashing and hospital environmental control. Infect Control Hosp Epidemiol. EE.UU., 1986. p. 231-235.

⁶⁵LAZARO, Elba Chávez M. Manual de Usos : Sustancias, desinfectantes y drogas de utilidad en piscifactorías. Mexico : Editores, 1985. p. 31.

pueden establecer por las características físico - químicas del agua (salinidad, presencia de sustancias quelantes como el calcio), y a la problemática medioambiental, por la facilidad de generación de resistencias que supone. La aplicación por inyección frecuentemente se restringe a problemas puntuales en animales reproductores, en especies ornamentales o en peces de acuarios de gran valor económico, aunque en algunos casos graves puede llegar a tratarse individualmente por inyección a gran número de peces.

Tabla 6. Dosis recomendada de N-Cholo-4 Methylbenesulfonamide Sodium SALT según dureza y pH del agua.

Ph	Dosis miligramos por litro	
	Agua Blanda	Agua Duras
6.0	2.5	7.0
6.5	5.0	10.0
7.0	10.0	15.0
7.5	18.0	18.0
8.0	20.0	20.0

Fuente. Lazaro, Elba.

Actualmente se está trabajando en la línea de mejora de las dosificaciones a emplear, siendo necesario un mayor conocimiento sobre la cinética de cada uno de los antibióticos sobre cada una de las especies, y teniendo en cuenta otros factores como la aceptación de este pienso por parte de los peces y las mermas que se pueden producir (el antibiótico puede empezar a perderse si no se ingiere rápidamente).

Aunque son muchos los antibióticos que se han utilizado en piscicultura: ampicilina, moxicilina, enrofloxacina, eritromicina, flumequina, furazolidona, nifurpirinol, nitrofurazona, ácido oxolínico, oxitetraciclina y sulfamidas potenciadas, entre otros, su uso ha sido notablemente restringido, especialmente en lo que concierne a la aplicación en especies con destino a alimentación humana. En este sentido, solamente está legalmente permitido la utilización de aquellos antibióticos que presenten MRL (niveles mínimos de residuos) y estén expresamente autorizados para peces. Por ello, en la actualidad existen muy pocos antibióticos que tengan la licencia, aunque sea provisional, para poder ser legalmente aplicables a peces.

4.6.2.1 Florfenicol. Este es un antibiótico sintético de amplio espectro análogo del Tiamphenicol, igualmente relacionado con el cloranfenicol, pero de este último se diferencia en 2 aspectos fundamentales: uno, la presencia de un grupo *p*-metil sulfonilo en reemplazo del grupo nitro, y dos, la de un radical fluor en

reemplazo del grupo oxídrico en la función alcohol terminal primaria del Cloranfenicol (Figura 8) y no produce anemia aplásica. El Florfenicol es altamente soluble en lípidos lo cual se refleja en una distribución extensiva hacia los tejidos animales. Este antibiótico es similar en su mecanismo de acción a la del Cloranfenicol, esto es, la inhibición de la enzima peptidil transferasa; sin embargo, cepas bacterianas resistentes al Cloranfenicol han demostrado, por el contrario, ser altamente sensibles a la inhibición causada por este representante fluorado. La FDA incluye al florfenicol como droga aprobada para su uso en medicina veterinaria.

4.6.2.1.1 Indicaciones. Iruma⁶⁶, recomienda este tratamiento para el control de infecciones producidas por microorganismos sensibles al florfenicol, actúa contra un amplio espectro de bacterias Gram positivas y Gram negativas como: *Corynebacterium pyogenes*, *Bacillus anthracis*, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Salmonella sp.*, *Listeria monocytogenes*, *Streptococcus sp.*, *Staphylococcus sp.*, *Flavobacterios sp.*, *Clostridium sp.*, *Escherichia coli*, *Pasteurella hemolitica*, *Pasteurella multocida*, *Avibacterium sp.* (antes *Haemophilus sp*) *Mycoplasma sp.*, *Actinobacillus sp.*, entre otros.

4.6.2.1.2 Mecanismo de acción. El Florfenicol produce el bloqueo de la síntesis proteica al ligarse a la porción 50 S del ribosoma inhibiendo la actividad de la peptidil transferasa lo que produce la muerte bacteriana.

4.6.2.1.3 Administración y dosis. Para uso en agua de bebida o vía alimento: 20 mg por cada 1 Kg de p.v. Mantener el tratamiento por 5 días en el agua de bebida y 7 días vía alimento. Una vez realizada la dilución en el agua de bebida, ésta debe consumirse totalmente.

4.6.2.1.4 Incorporación del antibiótico. El Florfenicol se impregna al alimento, mediante la utilización aceite vegetal comercial. Se utiliza un 5% de aceite para el total de alimento artificial a tratar, se toma la cantidad total de aceite vegetal y se mezcla con el antibiótico, a esta mezcla inicial se le incorpora una cantidad igual de alimento artificial (1:1), se mezcla homogéneamente, posteriormente se repite el procedimiento: se toma el alimento tratado y se combina 1:1 con alimento sin tratar, se repite esta operación hasta completar el total de alimento a medicar*.

4.6.3 Inmunosupresión. Sostiene De Kinkelin et al.⁶⁷, que la lucha frente a las infecciones, especialmente en producción intensiva, mediante la utilización de

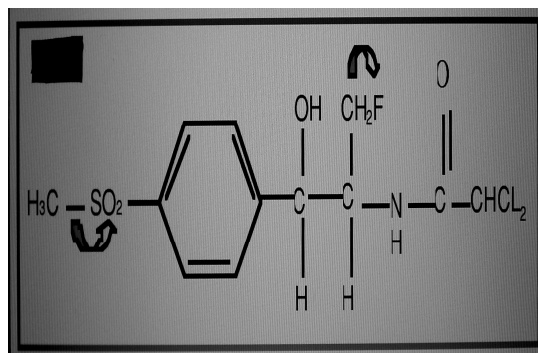
⁶⁶IRUMA, Maldonado Arce Florafen 20. Arch. med. vet.. [online]. 2006, [citado 30 Septiembre 2006]. Disponible en internet: http://www.engormix.com/florafen_20_s_products1692-11433.htm

*COMUNICACIÓN PERSONAL DE Jorge Nelson López Macías, Profesor Titular de la Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, 14 mayo de 2007.

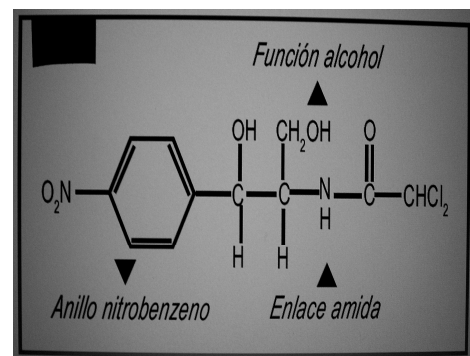
antibióticos ha llevado a una situación actual en la que existen problemas de resistencia de las bacterias a los diferentes productos utilizados y permitidos por la legislación vigente, complicando todavía más la aplicación de estrategias de lucha frente a las enfermedades, por lo que las medidas más eficaces parecen centrarse, definitivamente, en la instauración de protocolos de medicina preventiva.

Figura 8. Formula estructural del florfenicol y cloranfenicol

Florfenicol



Cloranfenicol



Fuente: Montoya Nelson.

Afirma Rodgers⁶⁸, que la aparición de resistencias a antibióticos en la práctica de la acuicultura, la opinión del consumidor sobre temas de calidad del producto, el elevado costo para obtener las licencias y las restricciones legales, posiblemente hayan sido un factor decisivo en la potenciación de estudios dirigidos a la obtención de vacunas comerciales e inmunoestimulantes, entre ellos el mas comúnmente citado ácido ascórbico.

Según Ellis⁶⁹, estos problemas ligados al manejo han llevado a los investigadores a plantearse la necesidad de trabajar en diversas líneas dentro del mundo de la inmunología de manera que se pueda lograr que los peces se encuentren con una buena capacidad defensiva, es decir, inmunológicamente activos, ante esas situaciones de estrés. Considerando además que la base inmunológica más activa

⁶⁷DE KINKELIN, P., Michel, Ch. y Ghittino, P. Tratado de las enfermedades de los peces. Zaragoza : Acribia, 1991. p. 3-7.

⁶⁸RODGERS, C.J. Resistance of Yersinia ruckeri to antimicrobial agents in vitro. Miami : six edit, 2001. p. 325-345.

⁶⁹ELLIS, A. General principles of fish vaccination : Fish vaccination. London : Academic Press, 1988. p. 1-20.

en el caso de los peces parece ser la inmunidad innata, estudios actuales en acuicultura se centran en el uso de potenciadores inespecíficos que traten de estimularla. Con tal fin se ha estudiado la eficacia de compuestos como la vitamina C en la dieta o productos químicos o biológicos como los β 1-3 glucanos administrados por diferentes vías. Si bien esto no significa que se haya dejado de lado el trabajo en la inmunidad específica, fundamentalmente mediante el desarrollo de vacunas que estimulen la producción de anticuerpo.

Sostiene Roitt⁷⁰, que la inmunidad específica es aquella que se produce exclusivamente frente a un agente patógeno concreto, mientras que la inmunidad innata es la que se produce de forma genérica ante cualquier agente patógeno. En condiciones naturales ambos tipos de inmunidad actúan, más o menos simultáneamente en presencia de un agente patógeno, sin embargo, estudios realizados en diferentes especies indican que mientras que en mamíferos la inmunidad específica, es decir, la producción de anticuerpos, tiene mayor peso, en peces parece ser la inmunidad innata la que tiene una especial preponderancia en la puesta en marcha de mecanismos defensivos ante un agresor, lo que no significa que el pez sea incapaz de producir anticuerpos específicos frente a los patógenos.

Por otro lado, se ha observado en diversas especies ícticas, tanto en animales de producción intensiva como en animales de vida silvestre, que una buena parte de esos mecanismos pueden verse afectados por el medio, ya que en determinadas situaciones y momentos de la vida del pez existe una importante inmunosupresión, especialmente acusada en la inmunidad innata, donde es frecuente detectar importantes descensos en el contenido de leucocitos tanto en tejidos como en sangre circulante.

Afirma Ruglys⁷¹, que la razón de la inmunosupresión ambiental radica en la existencia de situaciones de estrés, caso de la época de freza en animales adultos o de los cambios de la calidad del agua en animales de producción intensiva, a lo que se añade en todo momento la manipulación constante de los animales por parte del hombre (desove, reclasificación, limpieza de estanques).

4.6.3.1 Acido ascórbico. Es sintetizada por la mayoría de los animales a partir de la glucosa pero la especie humana y siete animales más (primates, cobayos, marmotas, murciélagos fructívoros y peces ostictios) son incapaces de hacerlo por carecer de una enzima (gulonolactona oxidasa) que es necesaria para que la gulonolactona se oxide a ácido ascórbico.

⁷⁰ROITT, T., Brostoff, J. y Male, D. Inmunología. Madrid, España : Harcourt Brace, 1997. p. 15.14-15.16.

⁷¹RUGLYS, M.P. Immunosuppression and immunological tolerance in carp : Fish immunology by Manning & Tatner. London : Academic press, 1985. p. 357-369.

4.6.3.1.1 Propiedades farmacológicas. El ácido ascórbico o vitamina C, es una vitamina hidrosoluble presente en frutas y vegetales tales como los cítricos y las verduras frescas y tejidos animales. El ácido ascórbico es un antioxidante y captador de radicales libres y es considerado en este sentido más eficaz que la vitamina E o el beta-caroteno. El ácido ascórbico es esencial para mantener la integridad del organismo, en especial para la reparación de los tejidos y la formación de colágeno.

4.6.3.1.2 Mecanismo de acción. El ácido ascórbico es necesario para la formación y la reparación del colágeno. Es oxidado, de forma reversible a ácido dehidroascórbico, estando ambas formas implicadas en las reacciones de oxidoreducción. La vitamina C participa en el metabolismo de la tirosina, carbohidratos, norepinefrina, histamina, fenilalanina y hierro. Otros procesos que requieren del ácido ascórbico son la síntesis de lípidos, de proteínas y de carnitina; la resistencia a las infecciones; hidroxilación de la serotonina; mantenimiento de la integridad de los vasos sanguíneos y respiración celular. No se conoce muy el mecanismo antioxidante del ácido ascórbico. La vitamina C puede proteger de la oxidación a las LDLs, aunque el papel que esta propiedad juega en la posible atenuación de procesos arterioscleróticos es objeto de controversias. En efecto, dado que la vitamina C es hidrosoluble es difícil que pueda ser incorporada a las LDLs como ocurre con la vitamina E o el probucol, ambos muy liposolubles. Pudiera ser por la capacidad que tiene la vitamina C de regenerar la capacidad anti-oxidante de la vitamina E.

4.6.3.1.3 Farmacocinética. El ácido ascórbico puede ser administrado por vía oral, intramuscular, subcutánea e intravenosa. Por vía oral, la vitamina C se absorbe a través de un proceso de transporte activo. La absorción depende de la integridad del tracto digestivo, disminuyendo en sujetos con enfermedades digestivas o después de dosis muy elevadas.

La mayor parte del ácido ascórbico se oxida de forma reversible a ácido dehidroascórbico, siendo el resto transformado en metabolitos inactivos se excretan en la orina. Cuando existe un exceso de ácido ascórbico en el organismo, se elimina sin metabolizar, lo que sirve para determinar analíticamente si existe o no un estado de saturación de vitamina C. El ácido ascórbico es filtrado por hemodiálisis.

4.6.3.1.4 Indicaciones y posología. La vitamina C tiene importancia para reducir impactos negativos causados por el estrés y factores medio ambientales, relacionados con la resistencia a las enfermedades. El estrés incrementa la susceptibilidad a enfermedades vírales bacterianas y parasitarias de los peces. En cultivos intensivos, se aumenta la susceptibilidad a los agentes etiológicos debido a las prácticas de siembra, muestreo, alimentación, aplicación de químicos, fertilizantes, cambio en las tasas de recambio de agua, altas densidades de

siembra, deterioro de las condiciones fisicoquímicas del agua, malas practicas de manejo y actividades de homogeneización de los ejemplares.

Explica Durve⁷², que se ha demostrado que una suplementación con vitamina C estimula el crecimiento normal y previene síntomas de deficiencia en bagre de canal a la vez que aumenta la resistencia contra la bacteria *Edwardsiella tarda*, cuando se suplementan a dosis de 150 mg/kg y la temperatura del agua de 23°C, pero a 33°C el efecto protector de la vitamina C fue menor lo que indica que su beneficio es inversamente proporcional con la temperatura.

Menciona Lim⁷³, que en otros estudios han demostrado que la tasa de mortalidad de peces infectados experimentalmente con *Edwardsiella ictaluri* disminuían con el incremento en los niveles dietéticos de Acido Ascorbico fluctuando de 100% para el tratamiento que no recibió Vitamina C y 15% para peces con 300 mg de Acido Ascorbico de dieta.

Dice Navarre⁷⁴, que en trucha arcoiris (*O. mykiss*) demostró que la deficiencia de AA disminuía la capacidad ligante del Fe y la fagocitosis de la bacteria *Yersenia ruckeri*. Se analizaron los efectos de niveles altos de AA dietético, en resistencia a las enfermedades e inmunidad humoral contra la bacteria *Vibrio anguillarum* en trucha arcoiris (*O. mykiss*).

⁷²DURVE, V and lovell, T. Vitamin C and disease resistance in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Canada : J. Fish. Aquat. Sci., 1982. p. 948-951.

⁷³LIM, C and lovell, R. Pathology of the vitamin C deficiency syndrome in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Journal of Nutrition., 108: 1137-1146p. 1978.

⁷⁴NAVARRE, O and Halver, J. Disease resistance and humoral antibody production in rainbow trout fed high levels of vitamin C. Aquaculture, 79: 207-221. 1989.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 LOCALIZACIÓN

El ensayo se realizó en la Piscifactoría El Diviso Ltda., la cual se encuentra ubicada en la vereda San Ignacio a 17 km al nororiente de la ciudad de Popayán-Cauca (Figura 9), sobre el flanco occidental de la cordillera Central y a $76^{\circ}31'10''$ de longitud Oeste de Greenwich y $2^{\circ}21'45''$ de latitud Norte, a 2196 m.s.n.m. Afirma Castaño⁷⁵, que la temperatura promedio es de 18.4°C , precipitación de 172,9 mm, humedad relativa de 84%, brillo solar de 123 horas, tensión de vapor 17,5M bares y nubosidad de 5.8 horas, correspondiendo a un piso térmico frío húmedo.

Figura 9. Piscifactoría El Diviso Ltda.



⁷⁵ CASTAÑO, Nancy et al. Plan de ordenamiento y manejo de la subcuenca hidrográfica del río las piedras. Popayán : Corporación Autónoma Regional del Cauca, 2004. p. 130.

5.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS

El ensayo se realizó en dieciocho estanques, contruidos en concreto, de 4 m de largo por 1 m de ancho, 2% de pendiente y profundidad promedio de la columna de agua de 0.70 m, con capacidad útil de tres metros cúbicos cada uno, con entrada de agua mediante sistema de libre caída por canal abierto (Figura 10). El aforo de agua de cada estanque se mantuvo a 8.5l/s.

Figura 10. Estanques donde se efectuó el trabajo.



5.2.1 Utensilios y equipos.

- ✓ Recipientes plásticos de 20 litros de capacidad.
- ✓ Nasas.
- ✓ Canastas plásticas.
- ✓ Balanza electrónica Lexus con precisión de 0.1g.
- ✓ Cajas de Petri.
- ✓ Porta objetos.
- ✓ Beaker de 100 ml.
- ✓ Probeta de 50 ml.

- ✓ Equipo de disección.
- ✓ Oxímetro Oxy 55.
- ✓ Microscopio Nikon alta resolución.
- ✓ Esteroscopio de microfotografía marca nikon SMZ – V Zoom. 1..10
- ✓ Balanza electrónica marca Lexus con precisión de 0.1 g.
- ✓ Ictiómetro.

5.3 EJEMPLARES Y PERIODO DE ESTUDIO

Se utilizaron 180.000 alevinos de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) de 65 días de edad con peso promedio de 1.0 gramo y talla aproximada de 2.5 cm. Estos alevinos eclosionaron en la empresa a partir de ovas importadas de una compañía comercial de Estados Unidos. (Figura 11). El trabajo de campo se desarrolló durante 16 semanas, periodo durante el cual se completa la fase de alevinaje de la trucha arcoiris (*O. Mykiss*).

5.4 PLAN DE MANEJO

5.4.1 Estanques. Para el inicio del trabajo, los estanques se estregaron y lavaron, con cepillos y agua, se desinfectaron con amonio cuaternario en dosis de 300 ppm, mediante una bomba de aspersion, con el fin de eliminar posibles patógenos. Posteriormente se encalaron en dosis de 250 g/m² y se dejaron vacíos tres días. Transcurrido este tiempo se llenaron y se sembraron los ejemplares (Figura 12).

5.4.2 Alimentación. En todos los tratamientos se alimentaron a los alevinos con un concentrado comercial de 53 % de proteína, suministrando el 8.2 % del peso vivo diariamente, dividido en 16 raciones diarias durante la primera semana, luego se ajustó el porcentaje del alimento, según el peso promedio de los alevinos calculados en los muestreos (Anexo A).

5.4.3 Método de impregnación. Para la impregnación de Ácido Ascorbico al alimento se utiliza el método de López:

“Para esto, se utilizó como adherente una solución de almidón al 5% que contiene los inmunoestimulantes y se incorpora al concentrado, mediante el

sistema de micromezclas en una proporción de 200 ml de solución de almidón por cada kg de concentrado. Previamente se pesan 10 g de almidón y se mezclan con 200 ml de agua destilada. Se calienta hasta ebullición, agitando constantemente, se enfría, se afora y rotula en beakers de 500 ml y se almacena en refrigeración a 5°C hasta su uso”⁷⁶.

Figura 11. Ovas de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) procedentes de empresa comercial americana y sala de incubación en bandejas verticales.



5.4.4 Pesaje y medición. Se registraron los pesos al inicio del trabajo y cada cinco días, el muestreo se realizó pesando el 5% de la biomasa existente en el momento de la observación (Figura 13 y Anexo B). Para la medición de los alevines se empleó un ictiómetro de aluminio con una longitud de 30 cm y con divisiones en mm. Para la labor de pesaje se utilizó una balanza electrónica con precisión de 0.1 g.

5.4.5 Análisis bromatológico. Se efectuó un análisis bromatológico del alimento comercial en el laboratorio de Solla S.A., para confirmar la composición nutricional del Balanceado que se les proporcionó a los alevines de trucha arcoiris (*O. Mykiss*). Anexo C.

⁷⁶ LÓPEZ, Jorge. Nutrición Acuícola. Colombia : Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Pasto, 1997. p.210.

Figura 12. Estanque encalado y desinfectado con amonio cuaternario.



5.4.6 Control de la calidad del agua. El análisis físico químico, se efectuó en el laboratorio de aguas de “Planta el Tablazo”, de la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P. Los muestreos se realizaron cada 30 días. (Anexo D).

Figura 13. Pesaje de los ejemplares el día del traslado



5.4.7 Caracterización. Se efectuaron frotis húmedos de las lesiones de los alevinos para la visualización directa del *Flavobacterium* sp. con un microscopio con objetivo 40X. El diagnóstico confirmativo se llevó a cabo asilando e identificando la bacteria en el medio de Tyes modificado, (Figura 14).

5.4.8 Análisis histopatológico. Se enviaron 20 muestras para histopatología de diferentes réplicas y tratamientos de ejemplares con lesiones típicas de flavobacteriosis sp.

5.5 TRATAMIENTOS

Se evaluaron seis tratamientos en 180,000 ejemplares de alevinos de trucha arcoiris (*O. Mykiss*). Los tratamientos se denominaron de la siguiente forma:

T0. Balanceado comercial sin medicamento.

T1. Balanceado comercial, adicionado con 600 mg de fosfato de ácido ascórbico por kg de alimento suministrado durante 10 días.

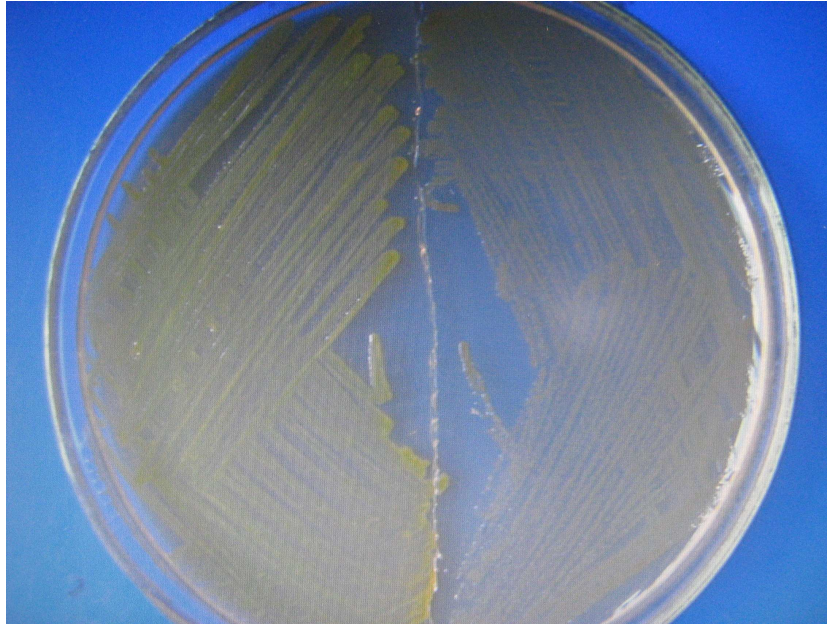
T2. Balanceado comercial, fortificado con 1,5 g de Florfenicol por kg de alimento, proporcionado durante 10 días.

T3. Baños de inmersión en una solución de Amonio Cuaternario en dosis de 1 ppm durante 10 minutos, por diez días consecutivos.

T4. Baños de inmersión en una solución de Amonio Cuaternario en dosis de 1 ppm, simultáneamente se suministró balanceado comercial medicado con Florfenicol en dosis de 1,5 gramos por kilogramo de alimento durante 10 días.

T5. Baños de inmersión en una solución de Methylbenesulfonamida sódica en dosis de 5 mg / l de agua durante 10 minutos, por diez días consecutivos.

Figura 14. Aislamiento microbiológico de Flavobacterium sp. en medio Tyes modificado.



Fuente: Patología Veterinaria U N.

5.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño completamente al azar (D.C.A.), conformado por seis tratamientos con tres replicas por tratamiento. Las unidades experimentales estuvieron constituidas por 30,000 ejemplares por tratamiento.

El modelo lineal utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \xi_{i(j)} + \eta_{k(ij)}$$

De donde:

Y_{ij} = respuesta de la j – èsima unidad experimental que recibe el i – èsimo tratamiento.

μ = median poblacional

τ_i = efecto del i ésimo tratamiento.

i = tratamiento 0, 1, 2, 3, 4 y 5

J = replica 1, 2 y 3

$\eta_{k(ij)}$ = error de muestreo

ξ_{ij} = error experimental asociado a la j – ésima unidad experimental sometida al i-ésimo tratamiento.

Se aplicó un análisis de varianza (ANAVA), para detectar diferencias estadísticas significativas y se efectuó la prueba de comparación múltiple de Tukey al 95% de confiabilidad para establecer el mejor tratamiento, en el caso de encontrarse diferencias significativas.

5.7 FORMULACIÓN DE HIPOTESIS

En el presente trabajo se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas:

Ho: $\mu_i = \mu_j$; $i, j = 0, 1, 2, 3, 4, 5, i \neq j$. Los resultados derivados para cada valor medio de las diferentes variable evaluadas son iguales en todos los tratamientos.

H1: $\mu_i \neq \mu_j$; $i, j = 0, 1, 2, 3, 4, 5, i \neq j$. Existe por lo menos un tratamiento que presenta un resultado medio diferente en las variables evaluadas.

5.8 VARIABLES EVALUADAS

Las variables utilizadas para evaluar la efectividad de los tratamientos fueron: tasa de mortalidad pre y post – tratamiento, número de patologías expresado en porcentaje, conversión alimenticia, incremento de peso periódico en gramos y consumo de alimento.

5.8.1 Porcentaje de mortalidad pre y post-tratamiento. Se establece el número de animales muertos durante todo el periodo experimental en las diferentes replicas y tratamientos.

$$TM = \frac{Pf - Pi}{Pi} \times 100$$

De donde:

TM = Tasa de mortalidad en porcentaje

Pi = Población inicial

Pf = Población final

5.8.2 Número de patologías. Se identifican y registran las distintas enfermedades que se presentan durante el periodo experimental.

5.8.3 Conversión del alimento (CA). Se precisa la cantidad en unidades de alimento requerido por unidad de peso incrementado. Se calcula mediante la formula de:

$$CA = GP (g)/AC(g)$$

De donde:

CA: Factor de conversión del alimento

GP: Ganancia de peso

AC: alimento Consumido

5.8.4 Incremento periódico de peso (IPC). Es el aumento de peso expresado en porcentaje, obtenido por un individuo durante un determinado periodo, de acuerdo con la siguiente formula:

$$IPC = \frac{PD-PI}{T} \times 100$$

De donde:

IPC: incremento periódico de peso en porcentaje

PD: Peso final

PI: Peso Inicial

T: Tiempo del ensayo

5.8.5 Consumo de alimento. Se registra el consumo diario, semanal y mensual de los distintos tratamientos y replicas.

5.8.6 Análisis parcial de costos. Es el índice que resulta de dividir los beneficios, entre los costos variables, calculados a valor presente de acuerdo con la formula siguiente:

$$APC = \frac{B}{C}$$

Donde:

APC: Relación beneficio costo

B: Beneficios

C: Costos

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 VARIABLES EVALUADAS

6.1.1 Porcentaje de mortalidad pre y post-tratamiento. La estimación del porcentaje de mortalidad se realizó con base en los registros diarios de recolección de los ejemplares muertos, la cual se efectuó en todos los estanques objeto de estudio (Tabla 7). El análisis de varianza ($P < 0.01$) (Anexo E) detectó que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Además la prueba de significancia de Tukey con un 95% de confiabilidad, ($P < 0.05$) estableció que el tratamiento 2, el cual corresponde a balanceado comercial + 1.5 g de Florfenicol por kg de Balanceado, y el tratamiento 4, que corresponde a baños de inmersión en una solución de Amonio Cuaternario en dosis de 1 ppm, mas balanceado comercial medicado con Florfenicol en dosis de 1.5 gramos por kilogramo de alimento, presentaron mejor resultado con un porcentaje de mortalidad del 6.1 y 4.9% respectivamente con respecto a los demás tratamientos que no registraron diferencias estadísticas significativas. En consecuencia la adición del antibiótico al alimento y/o conjuntamente con los baños del antiséptico reducen la mortalidad en alevinos de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*).

6.1.2 Número de patologías. La identificación de las diversas enfermedades que se presentaron durante el periodo experimental, se realizó mediante el examen clínico de los ejemplares muertos, detallando el lugar de la lesión aparente, lo cual se registró diariamente en un formato (Anexo F). Los porcentajes y las diferentes patologías diagnosticadas se detallan en la tabla 8.

La mayoría de ejemplares, no presentaron sintomatología externa y/o interna, esto coincide con Anderson y Conroy⁷⁷, quienes aislaron dos cepas de *F. Columnaris* con virulencia distinta. El primer grupo de baja virulencia produce una condición crónica y la muerte ocurre luego de un daño extenso del tejido superficial; el segundo grupo de alta virulencia produce una enfermedad fatal, casi asintomática, la cual resulta de una invasión sistémica rápida por el patógeno.

La sintomatología externa de los peces con flavobacteriosis se caracterizaba por necrosis del pedúnculo y erosión de las aletas. Al progresar la infección a la base de la aleta, se desintegra la piel y el músculo por acción de las enzimas proteolíticas hasta exponer la espina dorsal. Frecuentemente, los peces enfermos tienen el abdomen distendido y lleno de líquidos, y exoftalmia bilateral. (Figura 15, 16, 17, 18 y 19).

⁷⁷ ANDERSON, Op. cit., p.39.

Tabla 7. Resultados promedio del numero de ejemplares muertos pre y post-tratamiento

Tratamiento	T0	T1	T2**	T3**	T4**	T5**
Replica	%	%	%	%	%	%
R1	12.14	10.62	6.11	7.38	4.97	7.32
R2	10.01	9.61	6.40	7.66	5.26	7.57
R3	9.8	9.10	5.81	7.50	4.67	7.06
Total	10.65	9.67	6.1	7.52	4.96	7.31

Presentó diferencias estadísticas altamente significativas, de acuerdo con la prueba de varianza, ($P_{=} < 0.001$).

Figura 15. Lesión inicial en aleta dorsal de un alevino de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) afectado por *Flavobacterium* sp.



Figura 16. Lesión progresiva en aleta dorsal de un alevino de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) afectado por *Flavobacterium* sp.

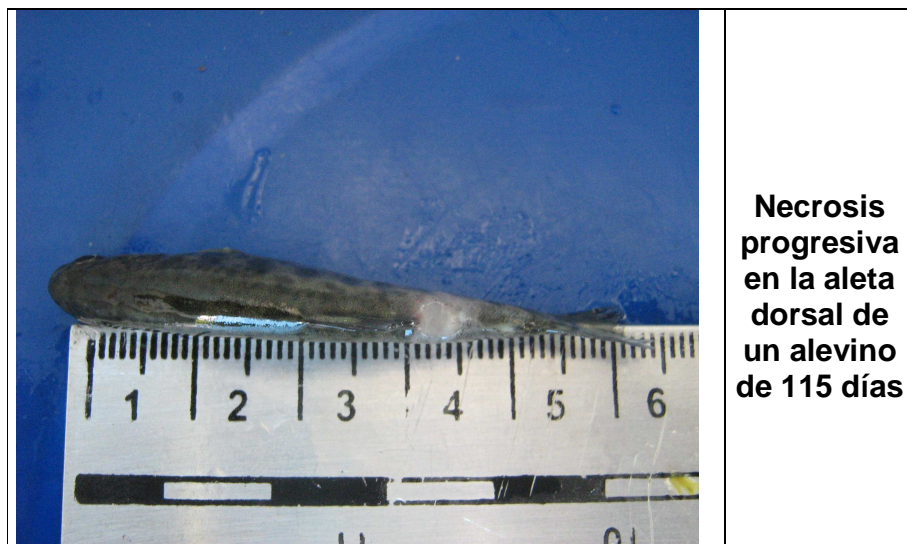


Tabla 8. Incidencia de casos clínicos de flavobacteriosis.

Síntomas	T0**	T1**	T2**	T3**	T4**	T5**
Porcentaje	%	%	%	%	%	%
P : Piel	30	28	25	29	24	30
B : Branquias	10	12	10	11	10	11
O : Opérculo	3	4	3	5	4	3
A : Aletas	35	31	25	29	24	29
Ex: Exoftalmia	22	19	15	19	16	18
C: Cerebro	2	2	1	2	1	2

Figura 17. Lesión de un alevino de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) infectado por *Flavobacterium* sp.



Figura 18. Ulcera en la base de aleta dorsal de un alevino de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) afectado por *Flavobacterium* sp.



Figura 19. Necrosis en forma de silla de montar en un alevino de trucha arcoiris (*O. Mykiss*)



En algunos ejemplares se observó nado errático debido a necrosis del tubo neural (Figura 20 y 21). En varios ejemplares, se realizó frotis húmedo de las distintas lesiones de los alevinos con el fin de confirmar el agente etiológico (Figura 22).

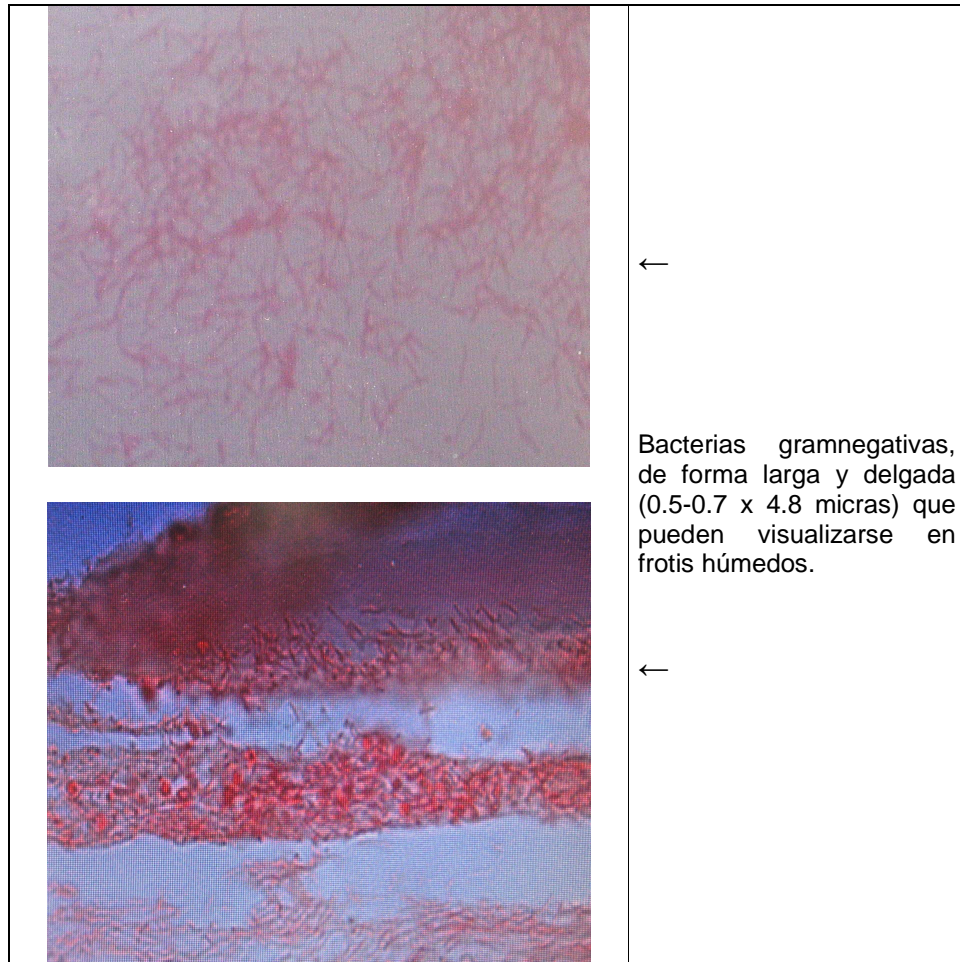
Figura 20. Alevino de trucha arcoiris (*O. Mykiss*), con nado errático y exoftalmia infectado por *flavobacterium* sp.



Figura 21. Alevino de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) de 95 días, con exoftalmia infectado por *flavobacterium* sp.

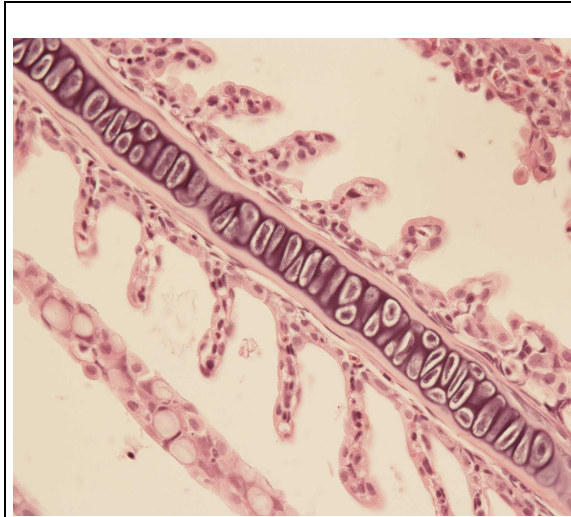


Figura 22. Flavobacterium sp. observado en el microscopio, obtenido de la lesión de un alevino de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) mediante frotis húmedo.



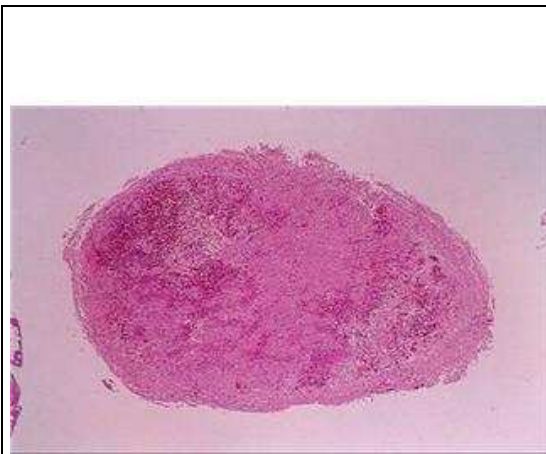
Se enviaron muestras al laboratorio de ictiopatología de la Universidad Nacional para histopatología, constatando zonas hemorrágicas en bazo, infiltración leucocitaria, hipertrofia de las lamelas y necrosis de los epitelios en branquias (Figura 23, 24, 25 y 26)

Figura 23. Hipertrofia laminar en branquias obtenidas de alevín de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) infectado por *Flavobacterium* sp.



Hipertrofia de las lamelas, necrosis de los epitelios vasos eferentes y aferentes

Figura 24. Periesplenitis observada en el bazo obtenidas de un alevino de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) infectado por *Flavobacterium* sp.



Zonas hemorrágicas e hipertrofia de la pulpa roja

Figura 25. Infiltración grasa y degeneración glomerular obtenidas del riñón de un alevino de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) infectado por *Flavobacterium* sp.

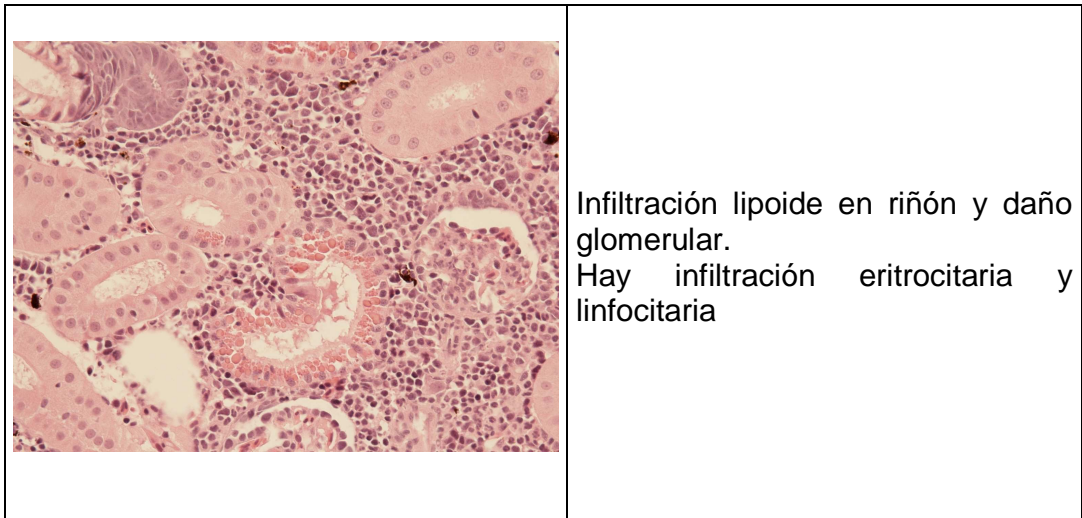
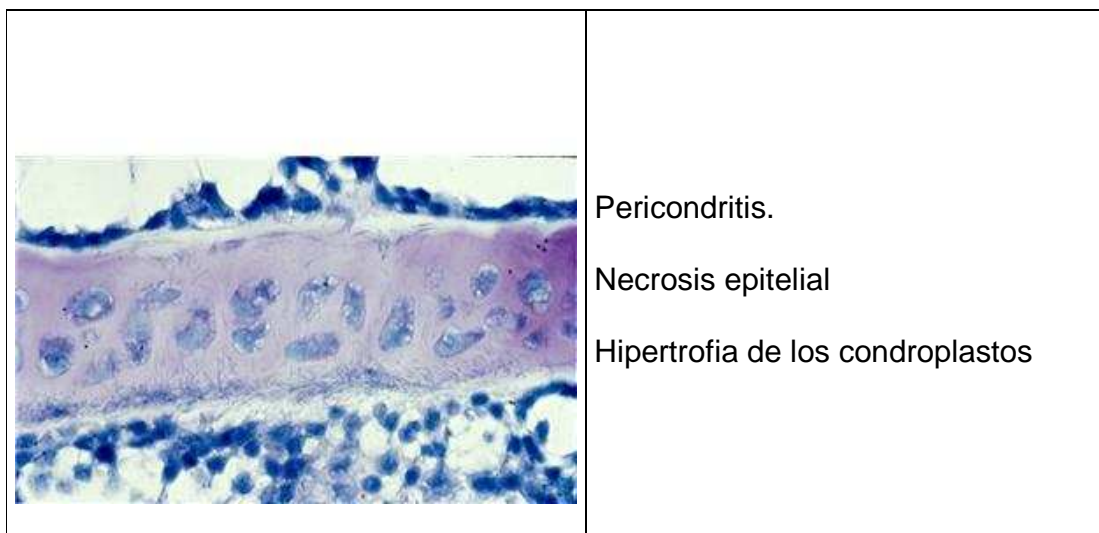


Figura 26. Cartilago de alevino de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) infectado por *Flavobacterium* sp.



6.1.3 Conversión del alimento (CA). La conversión del alimento (CA) durante el periodo experimental para el tratamiento 0 fue de 1.08, para el tratamiento 1 de 1.02, para el tratamiento 2 de 1.06, para el tratamiento 3 de 1.02, para el tratamiento 4 de 1.06 y para el tratamiento 5 de 1.08 (Tabla 9). La conversión del

alimento (CA) presentó diferencias significativas entre los distintos tratamientos ($P > 0.005$) (Anexo G) por lo tanto la aplicación de los tratamientos afecta esta variable (Figura 27).

Tabla 9. Conversión del alimento (CA), para los 6 tratamientos y sus replicas.

Tratamiento	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Replica	CA	CA	CA	CA	CA	CA
R1	1.09	1.01	1.04	1,02	1.06	1.07
R2	1.07	1.02	1.04	1.03	1.08	1.08
R3	1.08	1,03	1.08	1.01	1.04	1.09
Promedio	1.08	1.02	1.06	1.02	1.06	1.08

6.1.4 Incremento periódico de peso (IPC). En la tabla 10, se registra el peso promedio de los ejemplares al inicio y final del periodo de estudio. Es necesario aclarar que todos los ejemplares, objeto de estudio provienen de un mismo lote de ovas importadas de trucha arcoiris (*O. Mykiss*). El peso promedio de los alevines al inicio de la siembra, fue similar y no presentó diferencias debido a la distribución de los ejemplares realizada totalmente al azar y así se disminuyó el error experimental, asegurando la uniformidad de los alevines entre los diferentes tratamientos. El análisis de varianza ($P < 0.01$) (Anexo H) estableció que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, además la prueba de significancia de Tukey con un 95% de confiabilidad, ($P < 0.05$) (Anexo I) determinó que los ejemplares sometidos al tratamiento T4, presentaron mejor incremento periódico de peso con un porcentaje del 19.57% en comparación a los demás tratamientos (Figura 28).

6.1.5 Consumo de alimento. El consumo de alimento se determinó con base en el racionamiento del mismo, el cual se entregó diariamente pesado y distribuido en 16 raciones y la cantidad de alimento a suministrar, se calculó mediante la tabla de alimentación entregada por la casa productora del concentrado (Anexo J). El análisis de varianza ($P < 0.005$) (Anexo K), detectó diferencias estadísticas altamente significativas, por lo cual se puede decir que los seis tratamientos evaluados se comportaron de manera diferente, en cuanto al consumo del alimento. Además la prueba de significancia de Tukey, ($P < 0.001$) (Anexo L) estableció que los tratamientos T2, T3 y T5, presentaron el mejor consumo de 369 kilogramos de alimento en comparación con los otros tratamientos; T0, T1 y T4. (Tabla 11 y figura 29).

Figura 27. Conversión alimenticia promedio de los tratamientos experimentales

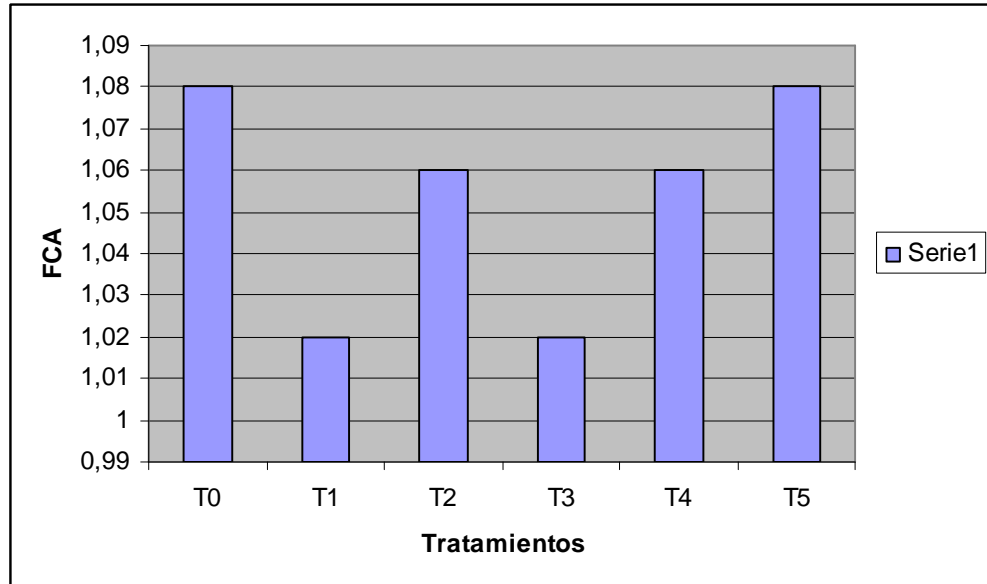


Figura 28. Curva de crecimiento entre los tratamientos

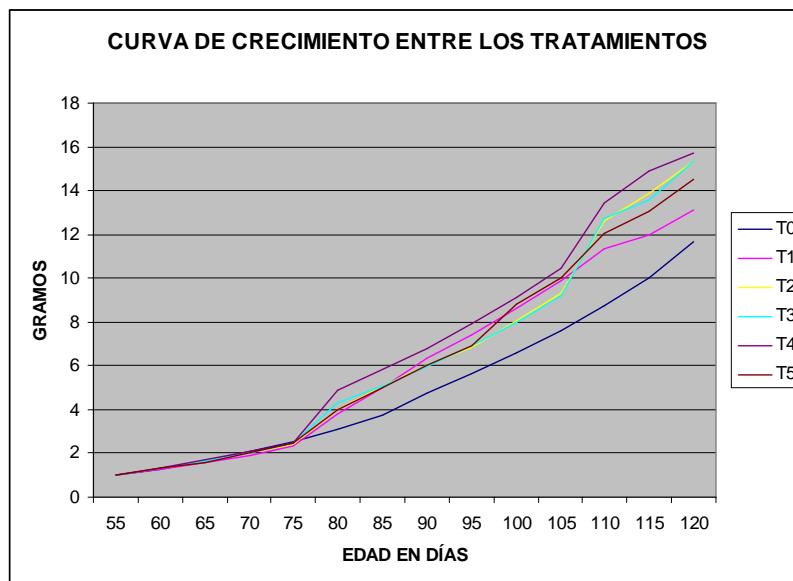


Tabla 10. Incremento de peso expresado en gramos durante el periodo experimental

Tratamiento	T0			T1			T2			
	Replicas	Inició.	Terminó.	IPC	Inició.	Terminó.	IPC	Inició.	Terminó.	IPC
R1		0.99	11.8	14.44	0.99	13.1	16.12	0.99	15.3	19.13
R2		0.99	11.5	14.03	0.99	13.1	16.12	0.99	15.3	19.13
R3		0.99	11.5	14.08	0.99	13.1	16.12	0.99	15.3	19.13
Promedio		0.99	11.6	14.18	0.99	13.1	16.12	0.99	15.3	19.13

Tratamiento	T3			T4			T5			
	Replicas	Inició.	Terminó.	IPC	Inició.	Terminó.	IPC	Inició.	Terminó.	IPC
R1		0.99	15.0	18.68	0.99	15.7	19.58	0.99	14.7	18.68
R2		0.99	15.7	19.64	0.99	15.6	19.51	0.99	14.6	19.64
R3		0.99	15.2	18.96	0.99	15.7	19.61	0.99	14.1	18.96
Promedio		0.99	15.3	19.09	0.99	15.7	19.57	0.99	14.5	19.09

Presento diferencias estadísticas altamente significativas, de acuerdo con la prueba de varianza, (P< 0001)

Tabla 11. Consumo promedio de alimento expresado en kilogramos en los diferentes tratamientos y replicas.

Replicas	Tratamientos					
	T0	T1	T2	T3	T4	T5
R1	113,2	120	150	144	158	145
R2	111	121	154	145	159	146
R3	113,1	121,2	154,8	144,6	158,1	145,6
Total	337,3	362,2	458,8	433,6	475.1	436,6

6.1.6 Análisis parcial de costos. Con base en los costos parciales incurridos durante el periodo experimental para cada tratamiento, se estableció la relación costo beneficio, rentabilidad y mejor tratamiento económico (Tabla 12 y 13). Según los cálculos realizados y teniendo en cuenta la interpretación beneficio/costo, los tratamientos con amonio cuaternario y/o conjuntamente con florfenicol reportaron las mejores relaciones, lo cual es importante, desde el punto de vista rentable de cultivos superintensivos de trucha arcoiris (Figura 30).

Figura 29. Alimento balanceado con 50% de proteína, total consumido por los diferentes tratamientos

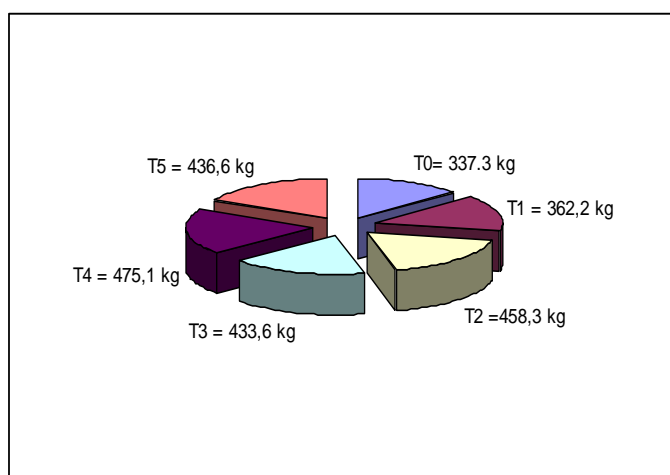


Figura 30. Relación de costos / beneficio de los tratamientos durante el periodo experimental.

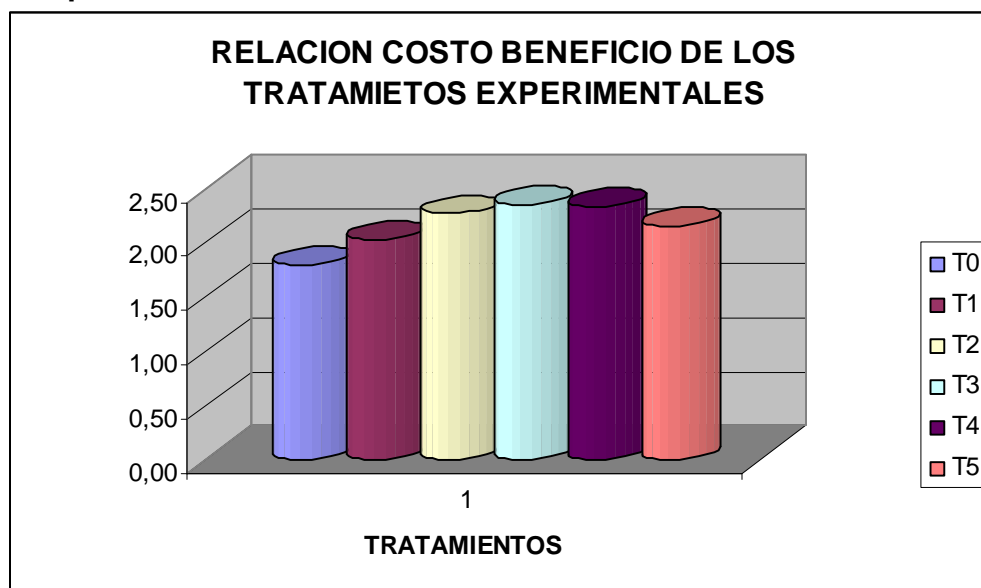


Tabla 12. Costos parciales de producción por tratamiento durante el periodo experimental.

Rubro	T0	T1	T2
	Vlr Total \$		Vlr Total \$
Alevinos	3750000	3750000	3750000
Alimento comercial	802774	862036	1090754
Acido ascórbico	-----	7500	-----
Methylsulfonamida	-----	-----	-----
Amonio cuaternario	-----	-----	-----
Florfenicol	-----	-----	227205
Mano de obra	668000	668000	668000
Total costos variables	5220774	5287536	5735959

Rubro	T3	T4	T5
	Vlr Total \$		Vlr Total \$
Alevinos	3750000	3750000	3750000
Alimento comercial	1031968	1130738	1039108
Acido ascórbico	-----	-----	-----
Methylsulfonamida	-----	-----	192000
Amonio cuaternario	6475,2	6475,2	-----
Florfenicol	-----	227205	-----
Mano de obra	668000	668000	668000
Total costos variables	5456443,2	5782418,2	5649108

Tabla 13. Costos e ingresos de producción durante el periodo experimental.

Tratamiento	Costo Total	No. De Dedinos	Precio Juvenil	Ingreso Bruto	Ingreso Neto	Beneficio Costo
T0	5220774	26805	349,5	9368348	4147574	1,79
T1	5287536	27067	393,6	10653571	5366035	2,01
T2	5735959	28168	460,5	12971364	7235405	2,26
T3	5456443,2	27746	459,6	12752062	7295618	2,34
T4	5782418,2	28510	471,6	13445316	7662898	2,33
T5	5649108	27805	436,2	12128541	6479433	2,15

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- La aplicación del antibiótico florfenicol en el balanceado y/o conjuntamente con un desinfectante a base de amonio cuaternario disminuyen la incidencia de flavobacteriosis durante la fase de alevinaje en condiciones de cultivo suuperintensivo en alevinos de trucha arcoiris (*O. Mykiss*).
- Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0,01$) en las variables: Porcentaje de mortalidad pre y post-tratamiento, Número de patologías, Conversión alimenticia, Incremento periódico de peso y Consumo entre los tratamientos.
- La tasa de mortalidad fue menor en el T4. Igualmente este tratamiento reportó los mejores incrementos de peso y conversión alimenticia adecuada.
- La conversión alimenticia fue mejor en el T1 y T3 en comparación con los T0, T2, T4 y T5.
- El consumo en los tratamientos T0 y T1 fue menor con relación a los otros tratamientos, debido a la mayor incidencia de la enfermedad.
- La relación costo beneficio fue superior en los tratamientos T2, T3 y T4, en comparación con los otros tratamientos, mejorando así la rentabilidad económica de la explotación.
- Las lesiones histopatológicas causadas por flavobacteriosis en branquias, se caracterizaron por hipertrofia de las lamelas, necrosis de los epitelios de los conductos aferentes y eferentes e infiltración leucocitarias y congestión de los vasos sanguíneos.

7.2 RECOMENDACIONES

- Controlar la flavobacteriosis durante la fase de levante con un alimento comercial adicionado con florfenicol, a dosis de 1.5 gramos por kilogramo de alimento simultáneamente con baños de inmersión a los 41 y 85 días con amonio cuaternario en dosis de 1ppm.

- Realizar investigaciones tendientes a definir el efecto de los medicamentos evaluados en el ecosistema acuático y su posible acumulación en filete.
- Implementar programas de control de flavobacteria en las distintas etapas de desarrollo de la trucha arcoíris (*O. Mykiss*), para incrementar la rentabilidad.
- De acuerdo con los resultados generales obtenidos en el presente estudio, se recomienda la aplicación de antibiótico florfenicol, conjuntamente con un desinfectante a base de amonio cuaternario para el control de brotes de flavobacteriosis sp. en alevines de trucha arcoíris (*O. Mykiss*)

8. BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, J.I.W. and CONROY, O. A. The pathogenic myxobacteria with special reference to fish diseases. Reino Unido : J. Appl. Sact., 1969. p. 32, 30-39.
- AMAYA, Rafael y ANZOLA, Eduardo. Generalidades sobre el cultivo de la trucha : Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovable y del Ambiente. Colombia : INDERENA, 1988. p. 11.
- AMENO, D. F. Myxobacterial infections of salmonids : prevention and treatment. Washington : Am. Fish. Soc. Spec., 1970. p. 258-265.
- AREVALO JM. et al. Guía de desinfectantes y antisépticos : Medicina preventiva. Mexico : Six, edit., 1996. p.16-24.
- ARRIGNON, jactes. Ecología y piscicultura de aguas dulces. 2 ed. Madrid : Mundi prensa, 1984. p. 87.
- ARROYO, Armando. Módulo de piscicultura de aguas y cálidas para hidrocultores. Pasto, Colombia : Editorial Universidad de Nariño, 1989. p. 49.
- BENAVIDES, Numar y JURADO, Doris. Manejo técnico en la eclosión de ovas de trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), hasta alevinos fase dos en la estación piscícola "El Mana", vereda el Barbero, Municipio de Pasto, 2001, 110 p. Trabajo de grado (Ingeniero en producción Acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.
- BLANCO, Maria. La trucha : Cría industrial. Madrid : Mundi prensa, 1984. p .31.
- BORG, A. Studies on myxobacteria associated with diseases in salmonid fishes. EE.UU. : Thesis Univ. Washington, Seattle, 1960. p.162.
- BUCHANAN, R. E. and GISBONS, N. E. Bergey's manual of determinative bacteriology. EE.UU. : Waverly Press, 1974. 1268 p.
- BULLOCK, G. L. and SNIESZKO, S. F. Fin rot, coldwater disease and peduncule disease of salmonid fishes. Washington : Widl. Serv. Fish. Dis, 1970. p. 2.
- CASTAÑO, Nancy et al. Plan de ordenamiento y manejo de la subcuenca hidrográfica del río las piedras. Popayán : Corporación Autónoma Regional del Cauca, 2004. p. 130.

CIPRIANO, R.C. et al. Estudio epizootiológico de la enfermedad bacterial de agua fría en el salmón pacífico y más caracterización del agente etiológico, *Flexibacter psychrophila*. 1996. Diario de la Salud Animal Acuático 8:28-36. Disponible en Internet: <http://www.troutlodge.com>

COLOMBIA. INSTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUACULTURA INPA. Fundamentos de acuicultura continental. Santafè de Bogotá : INPA, 1993. 223 p.

COMISIÓN ASESORA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA (CICYT). Nutrición en acuicultura. Zaragoza, España : Espinosa de los Monteros y Universidad Labarta, 1987. p. 45-46.

CONROY, D. A. et al. Preliminary observations on ornamental fish diseases in northern South America. U.S. : Aiv. It. Piscic. Ittiop, 1981. p. 86-104.

DAVID, Eunice del Rocío. et al. Evaluación de harina de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como fuente de proteína vegetal en la alimentación de trucha arcoiris (*oncorhynchus mykiss*), durante la fase de deba en jaulas flotantes. Pasto, Nariño, 1999, 127 p. Trabajo de grado (Ingeniero en Producción Acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias.

DE KINKELIN, P., Michel, Ch. y Ghittino, P. Tratado de las enfermedades de los peces. Zaragoza : Acribia, 1991. p. 3-7.

DOLORES Funrez Maria. Susceptibilidad comparativa de trucha arco iris y salmón coho a ectoparásitos de importancia económica. . Arch. med. vet.. [online]. 1997, vol.29, no.1 [citado 03 Septiembre 2006], p.127-132. Disponible en internet: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X1997000100015&lng=es&nrm=iso. ISSN 0301-732X.

DRUMMOND, Silvio. Cría de la trucha. Zaragoza, España : Acribia, 1988. p. 25.

DURVE, V and lovell, T. Vitamin C and disease resistance in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Canada : J. Fish. Aquat. Sci., 1982. p. 948-951.

ELLIS, A. General principles of fish vaccination : Fish vaccination. London : Academic Press, 1988. p. 1-20.

GAMER JS. Guidelines for handwashing and hospital environmental control. Infect Control Hosp Epidemiol. EE.UU., 1986. p. 231-235.

GARCIA, René. Cultivo de la trucha y salmón en jaulas flotantes. Madrid, España : Ministerio de Agricultura, Instituto de investigación agropecuaria, 1978. p. 120.

GONZALEZ, L. y J. CARVAJAL. Parásitos en los cultivos marinos de salmónidos en el sur de Chile. Santiago de Chile : Revista de Investigación Pesquera, 1994. p. 38, 87-96.

HALVER, Ernest. Fish Nutrition. California, USA : Academic Press, 1989. p. 420.

HEINZ-Hermann Reichenbach-Kline. Enfermedades de los peces. Alemania : Universidad de Manché, 1980. p. 126.

HSAGAN, W. A. y BRUNER, D. W. Enfermedades infecciosas de los animales domésticos. México : La Prensa Médica Mexicana, 1961. 904 p.

HUET, Marcel. Tratado de piscicultura. 3a ed. Madrid : Mundi – prensa, 1983. p. 95.

IRUMA, Maldonado Arce Florafen 20. Arch. med. vet.. [online]. 2006, [citado 30 Septiembre 2006]. Disponible en internet: http://www.engormix.com/florafen_20_s_products1692-11433.htm

JARAMILLO, Diego. Alimentación de peces. Manizales, Colombia : Centro de investigación piscícola, Universidad de Caldas, 1988. p. 9.

KABATA, Z. Crustacea as enemies of fishes : Diseases of Fishes. United States : T.F.H. Publications, 1971. 171 p.

KENNEDY, V. S. and MIHURSKY, J. A. Bibliography on the effects of temperature in the aquatic environment. Contr. Nat. Resour : Institution University, 1967. 326 p.

LAZARO, Elba Chávez M. Manual de Usos : Sustancias, desinfectantes y drogas de utilidad en piscifactorías. Mexico : Editores, 1985. p. 31.

LOPEZ, Jorge. Nutrición Acuícola. Pasto, Colombia : Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, 1997. p. 72.

----- . Producción piscícola. Pasto, Nariño : Facultad de Zootecnia. Universidad de Nariño, 1989. p. 10.

LIM, C and lovell, R. Pathology of the vitamin C deficiency syndrome in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Journal of Nutrition., 108: 1137-1146p. 1978.

LLOYD, Lucas. Fundamentos de Nutrición. Zaragoza, España : Acribia, 1982. p. 83.

- MANCINI, Miguel Alberto. Cursos Introducción a la Producción Animal y Producción Animal I. Cap.V, FAV UNRC. 2002. Disponible en internet : <http://www.VET-UY Agro y Veterinaria - Artículos de Piscicultura, Acuar.mht>
- MORITA, R.Y. Psychrophilic bacteria. EE.UU. : Bact. Rev., 1966. p. 114-167.
- NAVARRE, O and Halver, J. Disease resistance and humoral antibody production in rainbow trout fed high levels of vitamin C. *Aquaculture*, 79: 207-221. 1989.
- NEGRET, Enrique. Aspectos del manejo del proyecto truchícola. Medellín : s.n., 1993. p. 27.
- Nutrient requirements council (NRC). Trout Salmon and cat fish. Washington, USA : National academy of Sciences, 1981. p. 23.
- PHILIPS, Albert. Alimentos y alimentación en la trucha. Buenos Aires, Argentina : Centro regional de ayuda técnica, 1990. p. 13.
- RODGERS, C.J. Resistance of *Yersinia ruckeri* to antimicrobial agents in vitro. Miami : sixth edit, 2001. p. 325-345.
- ROITT, T., Brostoff, J. y Male, D. Inmunología. Madrid, España : Harcourt Brace, 1997. p. 15.14-15.16.
- RUGLYS, M.P. Immunosuppression and immunological tolerance in carp : Fish immunology by Manning & Tatner. London : Academic press, 1985. p. 357-369.
- SNIESZKO, S. F. and BULLOCK, G. L. Columnaris diseases of fishes. Washington. U. S. : Fish. Wildl. Serv. Fish. Dis. Leaflet., 1976. p. 10.
- STAINER, A. Y. et al. The microbial world. New Jersey, EE.UU. : Prentice Hall, 1976. 871 p.
- STEVENSON, J. Manual de la cría de trucha. España : Acribia, 1985. p. 3.
- THOESSEN, J. Procedimientos sugeridos para detectar e identificar ciertos patógenos de peces con aletas y mariscos. Sección de la Salud de Peces, Sociedad Americana de Pesca, Bethesda, MD, USA. 1994 Disponible en Internet: <http://www.troutlodge.com>.
- TROUTLODGE. Crianza inicial de la trucha arcoiris. 2006. Disponible en Internet : http://www.troutlodge_Crianza_Inicial_De_La_Trucha_Arco_Iris
- ZARAGOZA, M. et al. Handwashing with soap or alcoholic solutions?. A randomized clinical trial of its effectiveness. *Am J Infect Control*. EE.UU., 1999. p. 258-261.

ANEXOS

Anexo A. Pesaje promedio de los alevinos en gramos, durante el periodo experimental.

Muestreo		Tratamiento					
		T0	T1	T2	T3	T4	T5
No.	Día						
1	55	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
2	60	1,29	1,25	1,32	1,34	1,36	1,31
3	65	1,64	1,57	1,62	1,66	1,69	1,59
5	70	2,06	1,93	2,01	2,05	2,06	2,01
5	75	2,54	2,35	2,42	2,45	2,49	2,45
6	80	3,09	3,83	4,02	4,31	4,91	3,99
7	85	3,72	5,01	5,06	5,08	5,82	5,02
8	90	4,77	6,36	5,99	5,96	6,79	5,99
9	95	5,61	7,43	6,83	6,93	7,92	6,93
10	100	6,56	8,61	8,06	8,01	9,12	8,78
11	105	7,62	9,91	9,32	9,17	10,46	10,02
12	110	8,75	11,34	12,6	12,71	13,43	12,06
13	115	10,01	12,01	13,89	13,54	14,92	13,05
14	120	11,65	13,12	15,35	15,32	15,72	14,54

Anexo B. Numero de ejemplares muestreados por tratamiento

		T0			T1			T2		
Muestreo										
No.	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
1	500	500	500	500	500	500	500	500	500	
2	489	492	492	491	493	493	495	495	495	
3	478	485	485	481	486	487	491	491	491	
4	470	477	478	473	480	481	487	486	487	
5	465	473	473	469	474	477	484	483	484	
6	459	469	469	464	470	473	481	481	482	
7	455	465	465	461	466	469	479	479	480	
8	451	462	462	458	463	466	477	477	478	
9	448	458	459	456	460	463	476	475	477	
10	446	456	457	453	458	460	474	473	475	
11	444	454	456	451	457	459	473	472	474	
12	442	452	454	449	455	457	471	470	473	
13	441	451	452	448	453	455	470	469	472	
14	439	450	451	447	452	455	469	468	471	

		T3			T4			T5		
Muestreo										
No.	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
1	500	500	500	500	500	500	500	500	500	
2	494	494	494	496	496	496	494	494	494	
3	489	488	488	492	492	493	489	488	489	
4	484	483	483	489	489	490	484	483	484	
5	480	479	479	487	486	488	480	479	480	
6	476	475	476	485	484	486	476	475	477	
7	474	473	474	484	482	485	474	473	475	
8	472	471	472	482	481	483	472	471	473	
9	470	469	470	481	479	482	470	470	471	
10	468	467	468	479	478	480	469	468	470	
11	467	466	466	478	476	479	467	466	468	
12	465	464	465	477	475	478	466	465	467	
13	464	463	464	476	475	477	464	463	466	
14	463	462	463	475	474	477	463	462	465	

Anexo C. Análisis Bromatológico de alimento molido para alevinos.

RESULTADOS DE LABORATORIO	
ANÁLISIS	% OBTENIDO
HUMEDAD	7.37
PROTEÍNA	48.26
GRASA	17.54
GRASA HIDRÓLISIS ÁCIDA	17.69
CENIZA	12.47
SAL	2.32
PERÓXIDOS (meq O ₂ /kg de muestra)	No detectable

Laboratorio de Agrinal Colombia S.A. junio 06 de 2007.

Anexo D. Análisis físico químico de agua utilizada el cultivo de trucha arcoiris (*O. Mykiss*), en la explotación donde se realizo el estudio.

**ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYAN S.A. E.S.P.
EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS
NIT. 891.500.117-1**

POPAYAN – COLOMBIA
MUESTRA No. ___ fecha informe: 15 de mayo de 2007

ANALISIS FISICO – QUIMICO DE AGUA

PROCEDENCIA	: MUNICIPIO DE POPAYAN CAUCA
FUENTE	: PISCICULTURA EL DIVISO LTDA.
ANALISIS SOLICITADO	: FISICO – QUIMICO
PUNTO DE CAPTACION	: AGUA CRUDA SALIDA DEL LAGO
ORDENADO POR	: PISCIFACTORIA EL DIVISO LTDA.
RECOLECTADO POR	: EDUARDO RUALES
FECHA DE TOMA	: 15 de mayo de 2007
FECHA RECIBO DE MUESTRA	: 15 de mayo de 2007
FECHA DE ANALISIS	: 15 de mayo de 2007

ANALISIS	CONCENTRACION	DATOS EXPRESADOS EN	NORMAS M.S.P. Dto. No. 475/98	
			H ₂ O CRUDA	H ₂ O TRATADA
CONDUCTIVIDAD	61.2	Micr/cm.	<=1500	50 a 1000
TURBIEDAD	2.0	N.T.U	<=15	<=5
COLOR APARENTE	6.2	Pt. Co.	<=25	<=25
p.H	7.5	Unidades	6.5/ 9.0	6.5 / 8.5
ALCALINIDAD TOTAL	34.0	Mg/lit CaCO ₃	120	100
DUREZA TOTAL	47.0	Mg/lit CaCO ₃	180	160
HIERRO TOTAL	0.1	Mg/lit Fe.	0.5	0.3
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	30.6	Mg/lit	<1000	<=500
NITRITOS	0.03	NO ₂	1.0	0.1
OXIGENO DISUELTO	6.7	Mg/lit O ₂		> 6.0
D.Q.O ₅		Mg/lit		
D.B.O ₅		Mg/lit		
CLORO		Mg/lit		
FOSFATOS		Mg/lit		
CLORUROS		Mg/lit		

NOTA: AGUA CON PRESENCIA DE NITRITOS CARACTERISTICOS DE AGUAS RESIDUALES, REQUIERE TRATAMIENTO Y DESINFECCION PARA CONSUMO HUMANO.

ing.: Rodrigo Velasco
Jefe de Control de Calidad

Anexo E. Análisis de varianza para la mortalidad pre y post tratamiento

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Entre Grupos	5	600051,225	120010,245	73,866	< 0,0001
Intra Grupos	11	17871,833	1624,712		
Total corregido	16	617923,059			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Presenta diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$)

GDL: Grados de libertad

P-F: Valor Probabilidad de F

Anexo G. Análisis de varianza para conversión alimenticia

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	5	0,010	0,002	19,153	< 0,0001
Error	11	0,001	0,000		
Total corregido	16	0,012			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Presenta diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$)

GDL: Grados de libertad

P-F: Valor Probabilidad de F

t0 / Tukey (HSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%:

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
T1 vs t0	-0,060	-6,293	3,410	0,001	Si
T1 vs t5	-0,060	-7,036	3,410	0,000	Si
T1 vs t4	-0,040	-4,690	3,410	0,007	Si
T1 vs t2	-0,040	-4,690	3,410	0,007	Si
T1 vs t3	0,000	0,000	3,410	1,000	No
T3 vs t0	-0,060	-6,293	3,410	0,001	Si
T3 vs t5	-0,060	-7,036	3,410	0,000	Si
T3 vs t4	-0,040	-4,690	3,410	0,007	Si
T3 vs t2	-0,040	-4,690	3,410	0,007	Si
T2 vs t0	-0,020	-2,098	3,410	0,354	No
T2 vs t5	-0,020	-2,345	3,410	0,254	No
T2 vs t4	0,000	0,000	3,410	1,000	No
T4 vs t0	-0,020	-2,098	3,410	0,354	No
T4 vs t5	-0,020	-2,345	3,410	0,254	No
T0 vs t5	0,000	0,000	3,410	1,000	No

Valor crítico del d de Tukey: 4,823

Anexo H. Análisis de varianza para el incremento de peso periódico (IPC)

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	5	60,022	12,004	134,544	< 0,0001
Error	11	0,981	0,089		
Total corregido	16	61,003			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Presenta diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$)

GDL: Grados de libertad

P-F: Valor Probabilidad de F

Anexo I. Prueba de Tukey para el incremento de peso periódico (IPC)

t0 / Tukey (HSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%:

Contraste	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
T0 vs t4	-5,512	-20,213	3,410	< 0,0001	Si
T0 vs t2	-5,075	-18,612	3,410	< 0,0001	Si
T0 vs t3	-5,038	-18,477	3,410	< 0,0001	Si
T0 vs t5	-5,038	-18,477	3,410	< 0,0001	Si
T0 vs t1	-2,065	-7,573	3,410	0,000	Si
T1 vs t4	-3,447	-14,132	3,410	< 0,0001	Si
T1 vs t2	-3,010	-12,342	3,410	< 0,0001	Si
T1 vs t3	-2,973	-12,191	3,410	< 0,0001	Si
T1 vs t5	-2,973	-12,191	3,410	< 0,0001	Si
T3 vs t4	-0,473	-1,941	3,410	0,429	No
T3 vs t2	-0,037	-0,150	3,410	1,000	No
T3 vs t5	0,000	0,000	3,410	1,000	No
T5 vs t4	-0,473	-1,941	3,410	0,429	No
T5 vs t2	-0,037	-0,150	3,410	1,000	No
T2 vs t4	-0,437	-1,790	3,410	0,508	No

Valor crítico del d de Tukey: 4,823

Anexo J. Tabla de alimentación suministrada por la casa productora del alimento concentrado para alevinos de trucha arcoiris (*O. Mykiss*)

TABLA DE ALIMENTACION			
Temperatura base: 14 a15 grados centígrados			
TAMAÑO PEZ EN GRAMOS	RACIONES DIARIAS	CONSUMO VERANO Biomasa /día Tanque %	CONSUMO INVIERNO Biomasa /día Tanque %
0.25 – 0.91	16	8	8.24
0.93 – 1.13	16	7.5	7.73
1.15 – 1.42	16	6.67	6.87
1.42 – 179	16	6.17	6.36
1.80 – 2.23	16	5.94	6.12
2.26 – 2.76	16	5.79	5.96
2.80 – 3.39	16	5.6	5.77
3.45 – 4.10	16	5.4	5.56
4.15 – 4.92	16	5.18	5.34
5.0 – 5.85	16	4.98	5.13
5.9 – 6.9	16	4.78	4.92
7.0 – 8.0	16	4.6	4.74
8.1 – 9.3	16	4.42	4.55
9.4 – 10.7	16	4.25	4.38
10.8 – 12.2	16	4.1	4.22
12.3 – 13.8	10	3.95	4.07
13.9 – 15.5	10	3.81	3.92
15.6 – 17.5	10	3.68	3.79
17.6 – 19.5	10	3.55	3.66
20.0 – 21.5	10	3.43	3.53

Solla 2007.

Anexo K. Análisis de varianza para consumo de alimento

Fuente	GDL	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Modelo	5	4336,979	867,396	533,683	< 0,0001
Error	11	17,878	1,625		
Total corregido	16	4354,858			

Calculado contra el modelo

Y=Media(Y)

Presenta diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$)

GDL: Grados de libertad

P-F: Valor Probabilidad de F

Anexo L. Prueba de Tukey para consumo de alimento

T0 / Tukey (HSD) / Análisis de las diferencias entre las categorías con un intervalo de confianza de 95%:

Contraste	Diferencia		Valor crítico	Pr > Dif	Significativo
	Diferencia	estandarizada			
T0 vs T4	-46,317	-39,798	3,410	< 0,0001	Si
T0 vs T2	-40,883	-35,129	3,410	< 0,0001	Si
T0 vs T5	-33,483	-28,771	3,410	< 0,0001	Si
T0 vs T3	-32,483	-27,912	3,410	< 0,0001	Si
T0 vs T1	-8,683	-7,461	3,410	0,000	Si
T1 vs T4	-37,633	-36,154	3,410	< 0,0001	Si
T1 vs T2	-32,200	-30,934	3,410	< 0,0001	Si
T1 vs T5	-24,800	-23,825	3,410	< 0,0001	Si
T1 vs T3	-23,800	-22,864	3,410	< 0,0001	Si
T3 vs T4	-13,833	-13,289	3,410	< 0,0001	Si
T3 vs T2	-8,400	-8,070	3,410	< 0,0001	Si
T3 vs T5	-1,000	-0,961	3,410	0,921	No
T5 vs T4	-12,833	-12,329	3,410	< 0,0001	Si
T5 vs T2	-7,400	-7,109	3,410	0,000	Si
T2 vs T4	-5,433	-5,220	3,410	0,003	Si
Valor crítico de Tukey:			4,823		