

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD OPTIMA
PARA EL TRANSPORTE DE ALEVINOS EN
TRES ESPECIES ICTICAS CONTINENTALES**

**HENRY ALBERTO CORAL ENRIQUEZ
CLAUDIA MARCELA PALMA ORDOÑEZ
HADA LILIANA RODRIGUEZ VALENZUELA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA EN PRODUCCION ACUICOLA
PASTO - COLOMBIA
2004**

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD OPTIMA
PARA EL TRANSPORTE DE ALEVINOS EN
TRES ESPECIES ICTICAS CONTINENTALES**

**HENRY ALBERTO CORAL ENRIQUEZ
CLAUDIA MARCELA PALMA ORDOÑEZ
HADA LILIANA RODRIGUEZ VALENZUELA**

**Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar al
título de Ingenieros en Producción Acuícola.**

**Presidente
JAIRO OLIVA BURBANO
Zootecnista
Especialista en Docencia Universitaria y Ecología**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA EN PRODUCCION ACUICOLA
PASTO - COLOMBIA
2004**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”.

Artículo 1º del acuerdo número 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

ARMANDO ARROYO OSORIO
Jurado de Tesis

GUIDO GOMEZ GUERRERO
Jurado de Tesis

JAIRO OLIVA BURBANO
Presidente

San Juan de Pasto, Junio 18 de 2004.

AGRADECIMIENTOS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola, San Juan de Pasto.

MARCO ANTONIO IMUES, Zootecnista, Director Programa de Ingeniería en Producción Acuícola, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

JAIRO OLIVA BURBANO, Zootecnista, Contraloría General de la Republica, San Juan de Pasto.

GUIDO OLMEDO GOMEZ GUERRERO, Zootecnista, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

ARMANDO ARROYO, Zootecnista, Corporación Autónoma de Nariño CORPONARIÑO, San Juan de Pasto.

FRANCISCO TORRES MARTINEZ, Especialista en Ecología y docencia universitaria, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

ALVARO JOSE CASTILLO MARIN, Ingeniero Agrónomo, Secretario académico, facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

JAIME RODRIGUEZ, Ingeniero en Producción Acuícola, Universidad de Nariño.

PIEDAD MEJIA, Secretaria Departamento de Recursos Hidrobiológicos, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

OSCAR MEJIA, Bibliotecario Departamento de Recursos Hidrobiológicos, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.

LUIS CARLOS CACERES, Ingeniero Eléctrico, San Juan de Pasto.

JUAN CARLOS VASQUEZ, Operario Pesca Deportiva, Chachagui.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, a mis hermanas a mi hija, personas que día a día me consienten el alma y me alegran el corazón.

CLAUDIA MARCELA PALMA

DEDICATORIA

A DIOS, compañero incondicional que generosamente me ha dado la oportunidad de compartir con mis padres, hermanos y amigos del pasado y del presente, la inmensa alegría de vivir y amar en cada instante.

A mi ángel, siempre en un lugar privilegiado de mi corazón, enseñándome a ser gaviota: “idea ilimitada de la libertad”

HADA LILIANA RODRIGUEZ VALENZUELA

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	25
ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA	26
2. FORMULACION DEL PROBLEMA	28
3. OBJETIVOS	29
3.1 OBJETIVO GENERAL	29
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	29
4. MARCO TEORICO	30
4.1 ACONDICIONAMIENTO DE PECES PARA EL TRANSPORTE	30
4.2 TRANSPORTE DE ALEVINOS	30
4.3 DENSIDADES DE TRANSPORTE PARA ALEVINOS	32
4.3.1 Cachama	32
4.3.2 Trucha	32
4.4 CALIDAD DE AGUA	34
4.4.1 Oxígeno	34
4.4.2 Dióxido de carbono (CO ₂)	37
4.4.3 Amoniaco	40
4.4.4 pH	43
4.4.5 Temperatura	45

4.5 FISILOGIA DE LOS PECES	47
4.5.1 Respiración	47
4.5.2 Circulación	49
4.5.3 Excreción y regulación osmótica	50
5 DISEÑO METODOLOGICO	51
5.1 LOCALIZACION	51
5.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS	51
5.2.1 Acuarios	51
5.2.2 Cilindro de oxígeno	52
5.2.3 Bolsas plásticas	52
5.2.4 Bandas elásticas	53
5.2.5 Cajas de cartón	53
5.2.6 Kit para análisis de aguas FF – 1 A HACH	53
5.2.7 Peachimetro digital	53
5.2.8 Termómetro	54
5.3 MATERIAL BIOLÓGICO	54
5.3.1 Alevinos de tilapia roja	54
5.3.2 Alevinos de cachama	54
5.3.3 alevinos de trucha	54
5.4 PLAN DE MANEJO	54
5.4.1 Recepción y adaptación	54
5.4.2 Control de temperatura	55
5.4.3 Alimentación	55

5.4.4 Recambios	56
5.5 TECNICAS DE CAMPO	56
5.5.1 Conteo	56
5.5.2 Proceso de empaque	57
5.6 TECNICAS DE LABORATORIO	59
5.7 TRATAMIENTOS	60
5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL	60
5.9 HIPOTESIS	61
5.10 VARIABLES A EVALUAR	62
5.10.1 Parámetros físicos y químicos	62
5.10.2 Sobrevivencia	62
5.10.3 Costos	62
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
6.1 TRABAJO EXPERIMENTAL EN TRANSPORTE DE ALEVINOS DE TRUCHA	63
6.1.1 Comportamiento de los parámetros físico-químicos en el agua de transporte de alevinos de trucha	63
6.1.1.1 Oxígeno disuelto	63
6.1.1.2 Temperatura	66
6.1.1.3 Dióxido de carbono	68
6.1.1.4 pH	69
6.1.1.5 Amonio y amoniaco	72
6.1.2 Sobrevivencia	76
6.1.2.1 Sobrevivencia a las 12 horas de transporte	76

6.1.2.2 Sobrevivencia a las 72 horas post transporte	77
6.1.3 Análisis de costo	78
6.2 TRABAJO EXPERIMENTAL EN TRANSPORTE DE ALEVINOS DE TILAPIA	81
6.2.1 Comportamiento de los parámetros físico-químicos en el agua de transporte de alevinos de tilapia	81
6.2.1.1 Oxígeno disuelto	81
6.2.1.2 Temperatura	84
6.2.1.3 Dióxido de carbono	85
6.2.1.4 pH	87
6.2.1.5 Amonio y amoniaco	90
6.2.2 Sobrevivencia	94
6.2.3 Análisis de costo	95
6.3 TRABAJO EXPERIMENTAL EN TRANSPORTE DE ALEVINOS DE CACHAMA	98
6.3.1 Comportamiento de los parámetros físico-químicos en el agua de transporte de alevinos de cachama	98
6.3.1.1 Oxígeno disuelto	98
6.3.1.2 Temperatura	100
6.3.1.3 Dióxido de carbono	102
6.3.1.4 pH	104
6.3.1.5 Amonio y amoniaco	106
6.3.2 Sobrevivencia	110
6.3.3 Análisis de costo	110
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113

7.1 CONCLUSIONES	113
7.2 RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	116
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Parámetros recomendados para el transporte de cachama	32
Tabla 2. Parámetros recomendados para el transporte de trucha	33
Tabla 3. Factores por los cuales hay que multiplicar los valores de oxígeno de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar	36
Tabla 4. Reacciones de unas especies de peces sobre la concentración de dióxido de carbono.	31
Tabla 5. Porcentajes de amonio total en forma no ionizada (NH ₃) a diferentes temperaturas y valores de pH	39
Tabla 6. Valores registrados mg/l para el parámetro oxígeno disuelto en el agua de transporte de alevinos de trucha	63
Tabla 7. Valores registrados °C para el parámetro temperatura en el agua de transporte de alevinos de trucha	66
Tabla 8. Valores registrados mg/l para el parámetro dióxido de carbono en el agua de transporte de alevinos de trucha	68
Tabla 9. Valores registrados para el parámetro pH en el agua de transporte de alevinos de trucha	70
Tabla 10. Valores registrados mg/l para el parámetro amonio en el agua de transporte de alevinos de trucha	72
Tabla 11. Valores registrados mg/l para el parámetro amoniaco en el agua de transporte de alevinos de trucha	74
Tabla 12. Presupuesto total de costos para el transporte de alevinos de trucha	79

Tabla 13. Análisis económico en el transporte de alevinos de trucha	79
Tabla 14. Valores registrados mg/l para el parámetro oxígeno disuelto en el agua de transporte de alevinos de tilapia	82
Tabla 15. Valores registrados °C para el parámetro temperatura en el agua de transporte de alevinos de tilapia	84
Tabla 16. Valores registrados mg/l para el parámetro dióxido de carbono en el agua de transporte de alevinos de tilapia	86
Tabla 17. Valores registrados para el parámetro pH en el agua de transporte de alevinos de tilapia	87
Tabla 18. Valores registrados mg/l para el parámetro amonio en el agua de transporte de alevinos de tilapia	90
Tabla 19. Valores registrados mg/l para el parámetro amoniaco en el agua de transporte de alevinos de tilapia	92
Tabla 20. Presupuesto total de costos para el transporte de alevinos de tilapia	96
Tabla 21. Análisis económico en el transporte de alevinos de tilapia	96
Tabla 22. Valores registrados mg/l para el parámetro oxígeno disuelto en el agua de transporte de alevinos de cachama	98
Tabla 23. Valores registrados °C para el parámetro temperatura en el agua de transporte de alevinos de cachama	101
Tabla 24. Valores registrados mg/l para el parámetro dióxido de carbono en el agua de transporte de alevinos de cachama	103
Tabla 25. Valores registrados para el parámetro pH en el agua de transporte de alevinos de cachama	105
Tabla 26. Valores registrados mg/l para el parámetro amonio en el agua de transporte de alevinos de cachama	107
Tabla 27. Valores registrados mg/l para el parámetro amoniaco en el agua de transporte de alevinos de cachama	109

Tabla 28. Presupuesto total de costos para el transporte de alevinos de cachama	111
Tabla 29. Análisis económico en el transporte de alevinos de cachama	111

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Forma de averiguar el porcentaje de saturación De oxígeno conociendo la temperatura del agua y la Altura sobre el nivel del mar	35
Figura 2. Instalaciones acondicionadas para el estudio	52
Figura 3. Sistema de empaque de los alevinos en bolsas	53
Figura 4. Aclimatación de los alevinos	55
Figura 5. Conteo de los alevinos	57
Figura 6. Proceso de empaque de los alevinos	58
Figura 7. Sistema de embalaje de los alevinos	58
Figura 8. Muestreo de los parámetros de estudio	59
Figura 9. Comportamiento del oxígeno disuelto en el agua de de transporte de alevinos de trucha	64
Figura 10. Comportamiento de la temperatura en el agua de Transporte de alevinos de trucha	67
Figura 11. Comportamiento del dióxido de carbono en el agua De transporte de alevinos de trucha	69
Figura 12 Comportamiento del pH en el agua de transporte de alevinos de trucha	71
Figura 13. Comportamiento del amonio en el agua de transporte de alevinos de trucha	73
Figura 14 Comportamiento del amoniaco en el agua de transporte de alevinos de trucha	75

Figura 15. Supervivencia a la 12 horas de transporte de alevinos de trucha	76
Figura 16. Supervivencia a la 72 horas post - transporte de alevinos de trucha	78
Figura 17. Incremento en el valor unitario de alevinos de Trucha por efecto del embalaje y transporte	81
Figura 18. Comportamiento del oxígeno disuelto en el agua de de transporte de alevinos de tilapia	83
Figura 19. Comportamiento de la temperatura en el agua de Transporte de alevinos de tilapia	85
Figura 20. Comportamiento del dióxido de carbono en el agua De transporte de alevinos de tilapia	87
Figura 21. Comportamiento del pH en el agua de transporte de alevinos de tilapia	89
Figura 22. Comportamiento del amonio en el agua de transporte de alevinos de tilapia	91
Figura 23. Comportamiento del amoniaco en el agua de transporte de alevinos de tilapia	93
Figura 24. Supervivencia a la 12 horas de transporte de alevinos de tilapia	94
Figura 25. Incremento en el valor unitario de alevinos de tilapia por efecto del embalaje y transporte	97
Figura 26. Comportamiento del oxígeno disuelto en el agua de de transporte de alevinos de cachama	99
Figura 27. Comportamiento de la temperatura en el agua de Transporte de alevinos de cachama	101
Figura 28. Comportamiento del dióxido de carbono en el agua De transporte de alevinos de cachama	104
Figura 29. Comportamiento del pH en el agua de transporte de alevinos de cachama	106

Figura 30. Comportamiento del amonio en el agua de transporte de alevinos de cachama	108
Figura 31. Comportamiento del amoniaco en el agua de transporte de alevinos de tilapia	109
Figura 32. Incremento en el valor unitario de alevinos de cachama por efecto del embalaje y transporte	112

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Manual de manejo Kit modelo FF 1 HACH para análisis de agua.

Anexo B. Análisis de varianza para el parámetro oxígeno disuelto en el transporte de alevinos de trucha

Anexo C. Análisis de varianza para el parámetro temperatura en el transporte de alevinos de trucha

Anexo D. Análisis de varianza para el parámetro dióxido de carbono en el transporte de alevinos de trucha

Anexo E. Análisis de varianza para el parámetro pH en el transporte de alevinos de trucha

Anexo F. Análisis de varianza para el parámetro amonio en el transporte de alevinos de trucha

Anexo G. Análisis de varianza para el parámetro amoniaco en el transporte de alevinos de trucha

Anexo H. Análisis de varianza para el parámetro oxígeno disuelto en el transporte de alevinos de tilapia

Anexo I. Análisis de varianza para el parámetro temperatura en el transporte de alevinos de tilapia

Anexo J. Análisis de varianza para el parámetro dióxido de carbono en el transporte de alevinos de tilapia

Anexo K. Análisis de varianza para el parámetro pH en el transporte de alevinos de tilapia

Anexo L. Análisis de varianza para el parámetro amonio en el transporte de alevinos de tilapia

Anexo M. Análisis de varianza para el parámetro amoniaco en el transporte de alevinos de tilapia

Anexo N. Análisis de varianza para el parámetro oxígeno disuelto en el transporte de alevinos de cachama

Anexo O. Análisis de varianza para el parámetro temperatura en el transporte de alevinos de cachama

Anexo P. Análisis de varianza para el parámetro dióxido de carbono en el transporte de alevinos de cachama

Anexo Q. Análisis de varianza para el parámetro pH en el transporte de alevinos de cachama

Anexo R. Análisis de varianza para el parámetro amonio en el transporte de alevinos de cachama

Anexo S. Análisis de varianza para el parámetro amoniaco en el transporte de alevinos de cachama

GLOSARIO

Para interpretar el presente documento deben tenerse en cuenta las siguientes definiciones:

ACLIMATACIÓN: proceso mediante el cual se estabiliza la temperatura del agua en el interior de la bolsa con alevinos y la temperatura del agua del estanque.

ACTIVIDAD BIOLÓGICA: concierne a toda la actividad que los seres vivos desarrollan en el universo.

ACTIVIDAD FISIOLÓGICA: funcionamiento de los diferentes órganos en un organismo.

ALEVINO: Cría de ciertos peces de agua dulce que se utiliza para repoblar ríos, lagos y estanques. Pez en la etapa post larval.

AMONIACO: compuesto formado por tres átomos de hidrógeno y uno de nitrógeno. Fórmula NH_3 . Gaseoso a temperatura y presión normales, comúnmente se halla disuelto en el agua.

AMONIO: ión monovalente positivo derivado del amoniaco por adición de un ión hidrógeno. Fórmula NH_4 .

ANOXIA: ausencia de oxígeno.

BASTIDOR: elemento rectangular en madera y fondo en malla, que permite mantener peces pequeños, facilitando los procesos de selección y conteo.

CINÉTICA: ciencia que estudia el movimiento.

CRITICO: cercano al límite de tolerancia sin ocasionar daños irreversibles.

DIÓXIDO DE CARBONO: producto de la respiración de los seres vivos.

EMBALAJE: cajas, empaques o estuches, con que se protegen mercancías u objetos diversos.

ENZIMA: proteína catalizadora producida en el interior de un organismo vivo que acelera reacciones químicas específicas.

ESPECIES ICTICAS: especies que viven en un medio acuático ej: peces, crustáceos, etc.

FLETE: costo de transporte.

DENSIDAD: número de ejemplares por unidad de superficie.

INMUNOSUPRESION: acción deficiente del sistema inmunológico

LETAL: que ocasiona la muerte.

METABOLISMO: son las variadas reacciones químicas y cambios energéticos concernientes que se efectúan en las células vivientes.

METABOLITOS: sustancias de desecho, producto del metabolismo de los seres vivos

NAZAS: utensilios que se usan para la captura de peces vivos.

OSMOSIS: tendencia del agua a empujan sus moléculas desde la porción más concentrada a través de una membrana semipermeable hacia la menos concentrada.

SOBREVIVENCIA: individuos que viven después de un suceso.

TISULAR: concerniente a los tejidos.

VIABLE: dícese de la criatura que esta en condiciones de poder vivir.

RESUMEN

El Presente estudio se llevó a cabo con el fin de establecer la densidad del transporte de alevinos de trucha, cachama y tilapia roja, que asegure los mejores resultados, en cuanto a sobrevivencia y bajo costo.

Se efectuó un análisis de los parámetros físico-químicos oxígeno disuelto, dióxido de carbono, pH, amonio y temperatura del agua de transporte durante 12 horas, con muestreos periódicos cada tres horas. Además se evaluó la sobrevivencia durante el transporte y 72 horas posteriores al estudio.

Los resultados obtenidos demostraron que los parámetros químicos más críticos para la sobrevivencia y viabilidad de los alevinos en las tres especies estudiadas fueron el dióxido de carbono, las variaciones de pH y la acumulación de amonio.

Después de efectuar las pruebas y analizar las variaciones de los diferentes parámetros durante el transporte, se estableció que trabajando con una densidad de 100 alevinos por litro de agua se obtienen los mejores resultados en cuanto a sobrevivencia y costos para trucha y tilapia; en cambio el mejor resultado biológico y económico para cachama se logró con 150 alevinos por litro, demostrando la gran rusticidad de la especie.

Las densidades registradas como las mejores para este estudio, están por encima de la densidad que se maneja comercialmente 50 alevinos por litro y reportan una sobrevivencia del 99.25% para trucha y del 100% para tilapia roja y cachama.

ABSTRACT

The Present study was carried out with the purpose of establishing the density of the transport of trout alevinos, cachama and red tilapia that it assures the best results, as for survival and low cost.

An analysis of the parameters physical-chemical dissolved oxygen, dioxide of carbon, was made pH, ammonium and temperature of the water of transport during 12 hours, with periodic samplings every three hours. You also evaluates the survival during the transport and 72 later hours to the study.

The obtained results demonstrated that the most critical chemical parameters for the survival and viability of the alevinos in the three studied species were the dioxide of carbon, the pH variations and the ammonium accumulation.

After to make the tests and to analyze the variations of the different parameters during the transport, he/she settled down that working with a density of 100 alevinos for liter of water the best results is obtained as for survival and costs for trout and tilapia; on the other hand the best biological and economic result for cachama was achieved with 150 alevinos by liter, demonstrating the great wildness of the species.

The densities registered as the best for this study, are above the density that is managed 50 alevinos commercially by liter and they report a survival of 99.25% for trout and of 100% for red tilapia and cachama of 99.25% for trout and of 100% for red tilapia and cachama

INTRODUCCION

El considerable desarrollo alcanzado por la piscicultura, ha generado necesidad de mejorar ciertos factores, que inciden en la producción tales como el transporte de peces vivos, más aún si se considera que el éxito de la actividad piscícola no solo depende del manejo adecuado de los peces, sino también del adecuado transporte y correcta siembra de los alevinos.

Actualmente para el transporte de organismos hidrobiológicos vivos, se utilizan diferentes recipientes y vehículos especiales, que permiten el control del oxígeno y la temperatura, lo cual garantiza disminución de pérdidas y graves daños. Sin embargo en Colombia el empleo de mecanismos sofisticados de transporte es limitado, generalizándose los embalajes con bolsas plásticas en cajas de cartón.

En el departamento de Nariño el transporte de alevinos se realiza por vía aérea y terrestre, presentando deficiencias debido al desconocimiento de los cambios físicos y químicos que se presentan durante el transporte y las divergencias que se observan entre las densidades de envío manejadas en la práctica y las recomendadas en la literatura. Lo anterior se traduce en altos porcentajes de mortalidad que son asumidos por el piscicultor, constituyéndose en una limitante para el desarrollo de este tipo de proyectos productivos distantes de los centros de producción de semilla.

Con el presente proyecto se pretende evaluar tres densidades para el transporte de alevinos de cachama, tilapia y trucha, analizando los cambios en los parámetros físicos y químicos que se suceden en el agua durante el transporte y de esta manera determinar la densidad más adecuada para el transporte de cada especie, con lo cual se garanticen altas sobrevivencias y viabilidad de los alevinos para el engorde.

1. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

La piscicultura de aguas continentales es una actividad que ha venido desarrollándose en los diferentes pisos térmicos del territorio nacional. La cachama, la tilapia y la trucha, sobresalen entre las especies cultivadas por la adaptación que presentan a los climas típicos de Colombia, lo cual ha ampliado la demanda de insumos acuícolas y de semilla de buena calidad.

En el departamento de Nariño el desarrollo de esta actividad pecuaria presenta inconvenientes, en lo relacionado con la adquisición de semilla de especies ícticas de aguas cálidas, debido a que la producción de alevinos en el departamento es escasa y solo se limita a la producción de trucha en diferentes centros públicos y privados, lo que obliga a los piscicultores a solicitar envíos de semilla de diferentes partes del país donde se ubican los principales centros de producción.

Para cubrir la demanda el método utilizado actualmente para el transporte de alevinos, consiste en el envío de los animales en bolsas plásticas dentro de cajas de cartón con una relación oxígeno – agua de 3:1, lo cual no garantiza que los animales lleguen en condiciones físicas óptimas, puesto que las densidades en dicho proceso son inconsistentes y en extremo variables.

Las condiciones de transporte actuales, aumentan el estrés de los animales, ocasionando graves daños corporales, que dan mal aspecto a los alevinos en el punto de llegada y originan altos porcentajes de mortalidad.

Lo anterior genera sobre costos no solo por la pérdida de los ejemplares, sino porque los animales que sobreviven experimentan condiciones de tensión fisiológica, requiriendo tiempo y alimentos adicionales para recuperar su estado e iniciar con éxito la fase de juveniles y engorde en las empresas piscícolas, quienes son en últimas las que cubren dichos costos, disminuyendo la rentabilidad de estos proyectos productivos dado que la semilla representa entre 15 – 20% de los costos totales de producción.

Al analizar los cambios físicos y químicos que se suceden en el agua durante el transporte, se establecen los fundamentos teóricos para calcular las densidades de transporte, dependiendo de las distancias a recorrer y la biomasa enviada; en este caso para las tres especies de mayor importancia comercial en Colombia.

2. FORMULACION DEL PROBLEMA

Existen inconsistencias en la determinación de la densidad óptima para el transporte de alevinos de cachama, tilapia y trucha que garantice alta sobrevivencia y viabilidad.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar las densidades adecuadas en el transporte de alevinos de trucha, tilapia y cachama con el fin de mejorar los índices de sobrevivencia y viabilidad del material hidrobiológico en el cultivo.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- § Determinar las fluctuaciones de los parámetros químicos: oxígeno, dióxido carbono, amonio, amoniaco y pH en el agua durante 12 horas de transporte de tres especies ícticas a diferentes densidades de empaque.
- § Establecer las fluctuaciones de temperatura que se suceden en el agua de transporte en los tratamientos experimentales.
- § Cuantificar la sobrevivencia de los alevinos en los tratamientos experimentales durante el transporte y 72 horas post aclimatación.
- § Determinar los costos por transporte en relación con tres densidades de embalaje de alevinos de cachama, tilapia y trucha.

4. MARCO TEORICO

4.1 ACONDICIONAMIENTO DE PECES PARA EL TRANSPORTE

Con respecto a las tareas que deben llevarse a cabo antes del transporte de peces vivos Vollman expresa:

Para el transporte de grandes efectivos piscícolas a largas distancias sin sufrir pérdidas, hay que tomar medidas especiales. Ante todo los peces deben reponerse por completo del stress ocasionado por la pesca. Las branquias deben estar completamente limpias y el intestino evacuado, antes de comenzar el transporte.

Los peces deben disponerse de antemano en diferentes depósitos, clasificados según la edad y tamaño. Transportarlos mezclados supone desventajas para los alevinos pequeños que son comprimidos por los de mayor edad o son golpeados por sus coletazos¹.

A este respecto Gonzáles y Heredia establecen:

Que los peces transportados deben guardar ayuno 1 – 2 días antes y durante el transporte. La presencia de alimento en el tubo digestivo de los animales transportados aumenta el consumo de oxígeno disuelto, debido a los procesos de digestión, asimilación y excreción. Simultáneamente deben ser aclimatados al tipo de agua donde serán transportados².

¹ VOLLMAN SCHIPPER, Ferdinand. Transporte de de peces vivos . Zaragoza: Acribia , 1978. p. 20

² GONZALES , José Alberto y HEREDIA, Brunilda. El cultivo de cachama. Maracay: Fondo Nacional de investigaciones Agropecuarias FONAIAP, 1989. p. 124

4.2 TRANSPORTE DE ALEVINOS. Vollman afirma que:

Para la remisión de huevos de peces, crías y alevines hasta unos 1,5 cm de longitud, se recomienda especialmente el transporte en sacos de plástico. Estos sacos o bolsas están fabricados de polietileno en forma de manga, con un grosor de pared de 0,08 a 0,15 mm, con una longitud de 0,80 a 1,20 m, y un diámetro de 0,40 a 0,50 m. El fondo, en lo posible debe ser redondo, de manera que no se produzcan esquinas en las que se puedan comprimir los peces.

Así mismo sostiene que las bolsas plásticas son muy resistentes al desgarrar, pero fáciles de pinchar ó incidir, por lo cual es recomendable efectuar los envíos en dos bolsas introducidas una dentro de la otra. Para preparar el envío hay que disponer de una botella de oxígeno, con válvula reguladora y delgado tubo de salida, pero sin ventilador. Para el cierre se usan cuatro anillos de goma³.

En este sentido, Amaya y Anzola proponen:

“Para la fase de alevinaje realizar el transporte, en bolsas plásticas de fondo circular o cuadrado de un calibre de 2.5 a 3”⁴.

A este mismo respecto Rubin sostiene que:

“Para el transporte de alevinos, basta en efecto, con una bolsa de polietileno semitransparente y medianamente grueso, de 0,70 m de ancho por 1,0 m de alto, para efectuar sin bajas cualquier viaje de 6 a 8 horas”⁵.

³ VOLLMANN, Op. Cit., p. 62

⁴ AMAYA, Rafael y ANZOLA, Eduardo. Generalidades sobre el cultivo de trucha. Bucaramanga: INDERENA, 1988. p. 58.

⁵ RUBIN, Ramón. La Piscifactoría: Cría industrial de los peces de agua dulce. 7 ed. México: Continental, 1985. p. 150.

4.3 DENSIDADES DE TRANSPORTE PARA ALEVINOS

4.3.1 Cachama. Woynarovich, elaboró una tabla de transporte de alevinos, si la temperatura de transporte se mantiene entre 27 y 28 °C y la relación de oxígeno y agua es de 2:1 en las bolsas⁶.

Tabla 1. Parámetros recomendados para el transporte de cachama

Longitud (cm)	Peso (g)	Numero de alevinos		Duración (horas)
		10 litros	15 Litros	
(2 – 2.5)	(0.3 – 0.5)	2000	3000	24
(2 – 2.5)	(0.3 – 0.5)	1300	2000	48
2	0.3	2700	4000	(6 – 7)
3	0.6	1700	2500	(6 – 7)
4	1.0	1200	1800	(6 – 7)
5	1.8	1000	1500	(6 – 7)
6	2.9	700	1000	(6 – 7)

Woynarovich, 1986

Diaz y Oliva aseguran que:

“En Colombia se empacan 60 – 80 alevinos de 2,5 cm./l, para viajes cortos (3 –5 horas), mientras que para viajes largos (10 – 12 horas) se transporta de 20 – 30 alevinos/l, de agua”⁷.

⁶ WOYNAROVICH, E. Tambaquie e Pirapitinga propagacao e criacao de alevinos. Brasil: Programa nacional de Irrigafao, 1986. p 67.

⁷ DIAZ, Jaime y OLIVA Wisley. Manejo de alevinos de cachama negra (*Colossoma macropomun*) en la estación piscícola Santa Juliana de Villa Garzón (Putumayo). San Juan de Pasto, 1994. p.33. Trabajo de grado (Tecnólogo en Hidrocultura). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Hidrocultura.

4.3.2 Trucha. Las experiencias realizadas con crías de truchas transportadas en bolsas de plástico de 110 X 55 cm. Según Rehbronn, citado por Vollmann,⁸ han demostrado que el enriquecimiento del agua con oxígeno depende muy especialmente de los movimientos de la bolsa durante el transporte.

De igual manera, el autor antes citado menciona que con temperatura del agua de 8 y 9 °C se ha comprobado la ausencia de riesgo, cuando el transporte duraba 12 horas, la proporción de peces y agua era de 1:4, y se disponía de 25 litros de oxígeno para 10 litros de agua en un saco convenientemente tenso.

Tabla 2. Parámetros recomendados para el transporte de truchas

Longitud (cm)	Volumen de la bolsa (L)	Volumen de agua (L)	Temperatura del agua (°C)	No. Peces y/o Peso (g)	Duración Transporte (horas)
2 – 4	50	15	10	50 p 800 – 1200 g	15
9 – 12	50	10	10	100 p 1500 g	12
12 – 15	50	15	10	100 p 2500 g	12

Jens (1973), citado por Vollman – Schipper

La experiencia registrada por Ortega⁹ en la estación piscícola Mallas – Cumbe, indica que la distribución de alevinos se realizó en bolsas plásticas de 60 X 90 cm, con una densidad de 2000 alevinos por cada 20 litros de agua.

⁸ VOLLMANN, Op. Cit., p. 62

⁹ ORTEGA FONSECA, Edy Patricio. Manejo y producción de semilla de trucha Arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). San Juan de Pasto, 1995. p. 33. Trabajo de grado (Tecnólogo en Hidroicultura). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Hidroicultura.

4.4 CALIDAD DEL AGUA

4.4.1 Oxígeno. De acuerdo con Gonzales y Heredia:

Los peces tienen un mecanismo muy eficiente para capturar el oxígeno del ambiente, el cual consiste en una difusión pasiva del elemento a través de la membrana de las lamelas branquiales a la sangre. La sangre desoxigenada circula en dirección opuesta al agua (contra corriente), en permanente contacto de intercambio. La eficiencia del proceso puede llegar hasta un 90%, si las concentraciones de oxígeno son adecuadas.

Uno de los elementos más importantes es el oxígeno, el cual no debe ser inferior a 6 ppm., cuando el pez se transfiere desde los estanques hasta un recipiente limitado utilizado en el transporte, se muestra inquieto e hiperactivo, el metabolismo es acelerado y hay un consumo extra de oxígeno, sobre todo en la primera hora de viaje.

Para el transporte de alevinos de cachama, estos autores recomiendan que el oxígeno no baje de 5,0 mg/L, debe mantenerse concentraciones adecuadas suministrando aire y oxígeno, por medio de aireadores, bombas de agua y bombonas de oxígeno comprimido, instalados en el vehículo de transporte cuando se utilizan tanques descubiertos¹⁰.

Por su parte Coll expresa:

Si la cantidad de oxígeno desciende por debajo de los niveles mínimos requeridos por los peces, el metabolismo se reduce a niveles incompatibles con la vida y el animal muere. Hay especies muy sensibles a la disminución de la cantidad de oxígeno disuelto, por ejemplo los salmónidos. La trucha tiene

¹⁰ GONZALES, Op. Cit., p. 30 – 104.

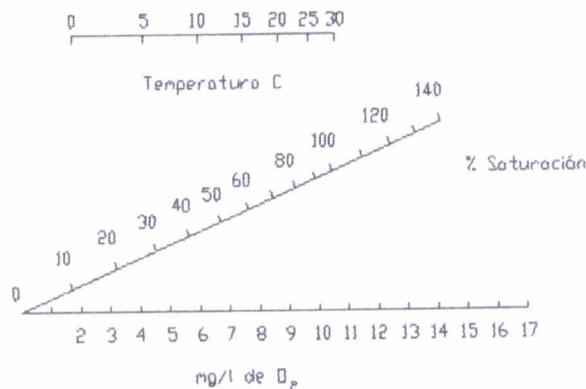
unas necesidades mínimas de 5 mg/l, aunque los niveles óptimos son de 10 – 11 mg/l¹¹.

De acuerdo con Roldan:

La solubilidad del oxígeno en el agua aumenta a medida que disminuye la temperatura. Un cuerpo de agua dulce puede aumentar la solubilidad en cerca de un 40% al bajar la temperatura de 25 °C a cerca del punto de congelación. Esto se debe a que en el agua fría, las moléculas se unen más, entre sí reteniendo, por lo tanto, mayor cantidad de oxígeno. Conocer este hecho es muy importante, pues valores iguales de oxígeno en términos de miligramos por litro tienen un significado distinto, si dicho valor es tomado a 20 °C a nivel del mar o a 20 °C a 1800 msnm.

Debido a lo anterior, es más conveniente presentar los resultados de oxígeno en términos de porcentaje de saturación y no de peso. La Fig. 1 muestra la forma de averiguar el porcentaje de saturación de oxígeno, conociendo la temperatura y la altura sobre el nivel del mar.

Figura 1. Forma de averiguar el porcentaje de saturación de oxígeno conociendo la temperatura del agua y la altura sobre el nivel del mar



¹¹ COLL MORALES, Julio. Acuicultura marina animal. 3 ed. Madrid: Mundi Prensa, 1991. p. 560

La tabla 3 indica como a cada altura y a cada presión barométrica corresponde un factor por el cual hay que multiplicar el valor de oxígeno medido en miligramos por litro. El producto obtenido se busca en la línea horizontal marcada en mg.l-1 y la temperatura medida, en la línea superior marcada en grados centígrados. Con una regla se unen estos dos valores y el porcentaje de saturación se lee en el punto sobre el cual cruza la línea inclinada¹².

Tabla 3. Factores por los cuales hay que multiplicar los valores de oxígeno de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar

Altura	Presión	Factor	Altura	Presión	Factor
0	760	1.00	1400	639	1.19
100	750	1.01	1500	631	1.20
200	741	1.03	1600	623	1.22
300	732	1.04	1700	615	1.24
400	723	1.05	1800	608	1.25
500	714	1.06	1900	601	1.26
600	705	1.08	2000	594	1.28
700	696	1.09	2100	587	1.30
800	687	1.11	2200	580	1.31
900	679	1.12	2300	573	1.33
1000	671	1.13	2400	565	1.34
1100	663	1.15	2500	560	1.36
1200	655	1.16	2600	555	1.37
1300	647	1.17	2700	550	1.39
			2800	545	1.41
			2900	540	1.43
			3000	535	1.45

Roldan, 1992

Así mismo Heinz y Klinke, con relación a la sobresaturación de oxígeno en el agua afirman:

¹² ROLDAN PEREZ, Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia, 1992. p. 227 – 229.

Sobresaturaciones de oxígeno del 200% o más, son poco toleradas por muchos peces. La llamada enfermedad de las burbujas se relaciona con esto. En ella se hallan en la piel pequeñas vesículas repletas de gas, que son atribuibles a una sobrepresión de gases en los vasos sanguíneos. Si estas vesículas son muy abundantes, sobre todo en el epitelio respiratorio, los peces pueden morir¹³.

4.4.2 Dióxido de Carbono (CO₂). Torres sostiene que:

“El dióxido de carbono es producido por la respiración de los organismos acuáticos; altas concentraciones pueden ser toleradas por los peces, siempre y cuando el oxígeno sea alto”¹⁴.

Montagut, citado por Ortega¹⁵, sostiene que los peces generan dióxido de carbono como subproducto de la respiración, un incremento exagerado de CO₂ en la sangre, hace que se reduzca el oxígeno transportado por la hemoglobina, lo cual reduce la tasa de crecimiento por anoxia en los tejidos. El dióxido de carbono debe estar por debajo de 20 mg/L.

A este respecto Gonzales y Heredia afirman que:

“Concentraciones de dióxido de carbono por encima de 10 mg/L, pueden ser peligrosas, sobre todo cuando simultáneamente las concentraciones de oxígeno en el agua son menores de 4 mg/L”¹⁶. Según lo expresado por Gomez:

Como altas concentraciones de CO₂ son tóxicas para los peces, hay que tener en cuenta la producción de CO₂ por los

¹³ HEINZ, Herman y KLINKE, Reichemba. Enfermedades de los peces. 2 ed. Zaragoza: Acribia S.A., 1982. p. 373

¹⁴ TORRES, Enrique; MAZO, Elias y RIOS Campoelias. La mojarra plateada: cultivo en estanques. Huila: Indugraficas, 1981. p. 22.

¹⁵ ORTEGA, Op. Cit., p. 9.

¹⁶ GONZALES, Op. Cit., p. 35.

mismos peces en recipientes donde el gas no puede escapar al aire, como por ejemplo en bolsas de transporte.

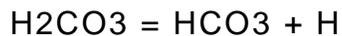
En la tabla 4 se registran las reacciones de dos especies de peces sobre las concentraciones de dióxido de carbono experimentado en agua decalcificada, hervida o con una temperatura de 15 °C, (de Schaeper-claus, 1979, cambiado). En paréntesis valores de otros autores registrados en alteraciones ecológicas¹⁷.

Sobre este parámetro Roldan afirma:

Cuando el CO₂ entra en contacto con el agua una pequeña porción se hidrata para formar ácido carbónico, como se muestra:



El ácido carbónico (H₂CO₃) es un ácido débil, por lo que parte de él se disocia formando bicarbonato e hidrógeno, produciendo una disminución del pH, fenómeno típico cuando el CO₂ se disuelve en el agua:



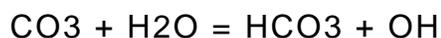
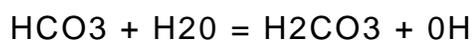
¹⁷ ENTREVISTA con Ariel Gómez Ceron, Biólogo Marino. Docente Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, Mayo 26 de 2004.

Tabla 4. Reacciones de unas especies de peces sobre la concentración de dióxido de carbono

Concentración de CO ₂ en mg/l	Reacción de los peces
5 – 10	Optimo para los peces
18 (9)	La trucha se vuelve inquieta
20	Peligroso para larvas y huevos de peces. Limite superior para los peces
40	Escasez de oxígeno para la trucha Otros peces pierden vitalidad y están expuestos a enfermedades.
55 (20 – 70)	La trucha tambalea
70 (20)	La carpa se vuelve inquieta
130 (30)	La trucha muere
200 (100)	La carpa tambalea
250 (60 – 300)	La carpa muere

Schaeper-claus, 1979, citado por ARIEL.

Los iones carbonatos y bicarbonatos también se disocian para establecer un equilibrio:



Nótese que el CO₂ en el agua puede estar libre (como CO₂) o combinado en forma de bicarbonato (HCO₃) o carbonato (CO₃).

La anterior reacción involucra tres conceptos muy importantes en la química del agua, como son: la producción y consumo de CO₂, el cambio de pH al ritmo de la producción y consumo de CO₂ y el concepto de alcalinidad, o sea la medida de la cantidad de bicarbonatos y carbonatos presentes en el agua.

El dióxido de carbono en el agua juega dos papeles fundamentales. El primero está relacionado con la acción buffer en el agua, lo que permite que no se presenten cambios bruscos de pH en el agua, y el segundo, quizás más importante, es el que constituye la materia prima para la fotosíntesis y en especial el carbono (C), elemento básico para la constitución de materia orgánica¹⁸.

4.4.3 Amoniaco. Según Gonzales y Heredia:

“El amoniaco al igual que el dióxido de carbono, son productos de desecho de los peces, se acumulan en los recipientes de transporte y reducen la capacidad del pez en la toma de oxígeno del agua”¹⁹.

Al respecto Torres expresa que:

El amoniaco resulta como producto final del metabolismo de los organismos acuáticos y por la descomposición de la materia orgánica por bacterias. Es peligroso en altas concentraciones, especialmente en su estado natural no ionizado; el pH y la temperatura del agua, regulan la proporción de amoniaco y un aumento de pH en una unidad,

¹⁸ ROLDAN, Op. Cit., p.

¹⁹ GONZALES, Op. Cit., p. 104.

causa aproximadamente, un aumento diez veces la proporción de amoniaco no ionizado²⁰.

Según Herrera:

El amoniaco libre es un compuesto orgánico bastante fuerte, mortal en dosis pequeñas. Normalmente se produce de la transformación del amoniaco en la base no tóxica amonio, dependiendo del pH del agua. Con pH 7 se transforma la totalidad del amoniaco al cabo de algún tiempo; si por el contrario el pH aumenta, permanece gran parte del amoniaco tóxico sin disociar. Con temperaturas bajas, la tasa de amoniaco es menor que con temperaturas altas. El amoniaco tóxico ataca las mucosas, especialmente las branquias e intestino, destruyéndolas y también actúa a través de los nervios y sobre la sangre. Los peces con trastornos de amoniaco presentan lesiones muy profundas con hemorragias externas e internas²¹.

De acuerdo con lo reportado por el INPA:

Los niveles tóxicos del amonio no ionizado para exposiciones de corta duración, por lo general están entre 0,6 y 2,0 mg/L. Los efectos subletales se manifiestan en valores entre 0,1 y 0,3 mg/l. El pH y la temperatura regulan la proporción total de amoniaco, el aumento del pH y de la temperatura incrementa el porcentaje de amoniaco. Para poder evaluar el grado de toxicidad que un valor de amonio/amoniaco determinado representa para los peces, es indispensable determinar también el valor del pH. En la tabla 5 se indica la proporción de amoniaco libre en función del pH y la temperatura²².

²⁰ TORRES, Op. Cit., p. 22.

²¹ HERRERA ROMO, Miryam. Bioensayos para hidrocultores. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, 1988. p. 80.

²² INSTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUACULTURA. Fundamentos de acuicultura continental. Santa Fe de Bogotá: INPA, 1993. p. 102.

Tabla 5. porcentajes de amonio total en la forma no ionizada (NH3) a diferentes temperaturas y valore de pH

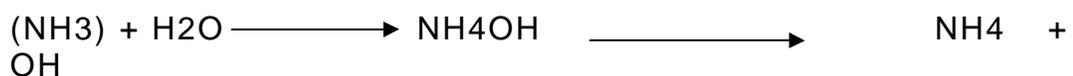
Temperatura °C	pH				
	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
16	0.1	0.3	0.9	2.9	8.5
18	0.1	0.3	1.1	3.3	9.8
20	0.1	0.4	1.2	3.8	11.2
22	0.1	0.5	1.4	4.4	12.7
24	0.2	0.5	1.7	5.0	14.4
26	0.2	0.6	1.9	5.8	16.2
28	0.2	0.7	2.2	6.6	18.2
30	0.3	0.8	2.5	7.5	20.3

Emerson et. al. 1975, citado por el INPA.

A este respecto Solla indica que:

El amoniaco es el primer producto de excreción de los peces, es un elemento tóxico. La toxicidad del amoniaco, aumenta con una concentración baja de oxígeno, un pH alto (alcalino) y una temperatura alta. En pH bajos (ácidos) no causa mortalidades.

La reacción que ocurre es la siguiente:



Amonio no ionizado	Su velocidad de conjugación	
Amonio		
Forma Tóxica.	Con el agua depende del pH	No
tóxico		
Producto de excreción		
de los peces		

Los valores de amoníaco deben fluctuar entre 0.01 mg/l a 0.1 mg/l; valores cercanos a 2 mg/l son críticos.

Una concentración alta de amoníaco en el agua causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias, afecta el balance de las sales, produce lesiones en órganos internos, inmunosupresión y susceptibilidad a las enfermedades, reducción del crecimiento y la sobrevivencia, exoftalmia (ojos brotados) y ascitis (acumulación de líquido en el abdomen)²³.

4.4.4 PH. Sobre este parámetro químico Gonzales y Heredia afirman que:

“El pH debe mantenerse cerca de valores neutros, pH altos en los recipientes de transporte, pueden favorecer el estado de amonio no ionizado, el cual es tóxico para los peces”²⁴.

De acuerdo a lo establecido por Estevenson, citado por Ortega²⁵ para el manejo de truchas un pH neutro o ligeramente alcalino es mejor (7 y 8). Las aguas ácidas con pH menor a 6 deben evitarse.

A este respecto Bardach y Passino expresan que:

Existe una relación inversa entre pH y CO₂ de tal manera que un aumento en la concentración de CO₂ disminuye el PH en el agua, lo cual afecta el metabolismo tisular: PH inferiores a 6 ocasionan graves problemas en los peces y la no valoración de estos al momento de la aclimatación puede ocasionar schok en detrimento de la sobrevivencia de los animales²⁶.

²³ SOLLA. Revista informativa aguas cálidas. Santa Fe de Bogotá: Solla S.A., 2002. p. 14.

²⁴ GONZALES, Op. Cit., p. 104.

²⁵ ORTEGA, Op. Cit., p. 15.

²⁶ BARDACH, Lagler y PASSINO, Miller. Ictiología. México: 1984. p. 227.

De acuerdo con Kinkelin:

El carácter ácido o básico del pH produce en los peces, un efecto directo de irritación, incluso corrosión, que entraña, según la intensidad con la que se vean afectados, una hipersecreción de moco, hemorragias cutáneas y/o la muerte.

Así mismo asegura que la acción directa del pH actúa con fenómenos de toxicidad: los pH bajos elevan la toxicidad de los metales y de los nitritos; a la inversa un pH elevado aumenta el amoníaco. Los pH favorables a la vida piscícola se sitúan entre 7 y 8.5. Entre 6 y 9 no hay accidentes por efecto directo; pero la acción tóxica del amoníaco es inminente²⁷.

Sobre este aspecto el INPA sostiene que:

Los extremos letales de pH para la población de peces de cultivo están por debajo de pH 4 y por encima de pH 11. Aunque los peces pueden sobrevivir en valores de pH cercanos a estos extremos, se observa un crecimiento lento. Sin embargo cambios bruscos de pH pueden causar la muerte. Las aguas ácidas irritan las branquias de los peces, las cuales tienden a cubrirse de moco llegando a algunos casos a la destrucción del epitelio. Así mismo la presencia del dióxido de carbono acidifica más el agua, causando alteraciones de la osmoregulación y acidificando la sangre²⁸.

De acuerdo con Solla:

El rango óptimo de pH para especies de aguas cálidas, está entre 6.5 y 9.0. Valores por encima o por debajo, causan cambios de comportamiento en los peces como letargia, inapetencia, disminuyen y retrasan la reproducción y disminuyen el crecimiento. Valores cercanos a 5 producen

²⁷ KINKELIN, Pierre; MICHEL, Christian y GUITTINO, Pietro. Tratado de las enfermedades de los peces. Zaragoza: Acribia, 1985. p. 35.

²⁸ INPA, Op. Cit., p. 98.

mortalidad en un periodo de 3 a 5 horas, por fallas respiratorias, además causan pérdida de pigmentación e incremento en la secreción de mucus²⁹.

4.4.5 Temperatura. De acuerdo con lo reportado por el INPA:

La temperatura es importante en el transporte, tiene influencia en el consumo de oxígeno y la excreción de amonio, a través de las branquias. Es recomendable mantener temperaturas estables durante el viaje, temperaturas más bajas que las ambientales favorecen el traslado, ya que reduce la tasa metabólica y la actividad de los peces, aumenta la concentración de saturación de oxígeno en el agua y aminora los efectos nocivos del CO₂ y NH₃.

A cada especie de peces hay que suministrarle su rango de temperatura óptima para que realice normalmente sus procesos metabólicos y fisiológicos. Los peces presentan poca tolerancia a los cambios bruscos de temperatura. Por esta razón hay que evitar el traslado de peces de un lugar a otro cuando existe una marcada diferencia; y en tal caso, hay que proceder a la aclimatación para igualar las temperaturas y luego hacer la liberación³⁰.

A este mismo respecto Bardach y Passino sostienen que:

Los peces como los anfibios y reptiles, son vertebrados poiquiloterms de sangre fría. La temperatura del cuerpo se ajusta pasivamente a la del agua ambiente. El calentamiento o enfriamiento rápidos pueden ser fatales para algunos peces, e especialmente para las especies delicadas que viven en aguas frías, como las truchas.

Las dificultades que encuentran los peces para ajustarse a los cambios de temperatura se deben no solamente a la baja tolerancia heredada para los cambios termales, sino,

²⁹ SOLLA, Op. Cit., p. 13.

³⁰ INPA, Op. Cit., p. 89.

especialmente, por lo que respecta a la elevación de la temperatura, a la tensión metabólica o la respiración.

Los cambios de temperatura de ligeros a moderados se transmiten rápidamente a través de todo el cuerpo del pez mediante la transmisión positiva o negativa del calor realizada por medio de los capilares de la piel y la gran capa de capilares de las branquias. Los peces jóvenes, que tienen un radio branquias – superficie del cuerpo muy elevado, se ajustan más rápidamente que los más grandes³¹.

Según Coll:

Los peces carecen de una regulación térmica que les permita mantener una temperatura constante e independiente de la temperatura ambiental. Su temperatura depende de la del ambiente y se adaptan dentro de un margen muy estrecho a las variaciones de la misma. Cada especie tiene un intervalo de temperaturas al que su organismo se ha adaptado a vivir. No obstante, la temperatura de los animales acuáticos, como consecuencia de la actividad que realizan y que produce calor, se mantiene algunos grados por encima de la temperatura del agua.

Así mismo expresa que el mecanismo de absorción del oxígeno por la sangre, se ve afectado por los aumentos bruscos de temperatura, ya que estos fenómenos provocan un aumento brusco de la temperatura de la sangre en los animales de sangre fría (peces, moluscos y crustáceos), lo que lleva a una disminución de la solubilidad de los gases disueltos en ella (nitrógeno y oxígeno fundamentalmente), provocando la enfermedad de las burbujas que puede causar muertes masivas en un corto intervalo de tiempo³².

³¹ BARDACH, Op. Cit., p. 213.

³² COLL, Op. Cit., 558.

De acuerdo con Kinkelin:

La temperatura corporal de los peces está en función de las variaciones del medio acuático y se sitúa alrededor de 0.5 °C por encima del valor de esta última.

Cada especie vive dentro de unos límites térmicos que le son propios, más allá de los cuales se encuentran temperaturas letales, ya sean superiores o inferiores.

Así mismo afirma, que en el seno de una especie las reacciones fisiológicas en función de la temperatura obedecen la ley <<Q10>> que dice que una elevación térmica de 10 °C, entraña la duplicación de la cinética de las reacciones enzimáticas, así como de los fenómenos fisiológicos. De este modo el efecto de la temperatura varía según de la función de que se trate. Es decir que ciertas funciones se aceleran constantemente hasta el momento en que se alcance la temperatura letal, mientras que otras sólo lo hacen al llegar a la temperatura óptima fisiológica y a partir de ahí, se relentizan³³.

4.5 FISILOGIA DE LOS PECES

4.5.1 Respiración. Según Lotina y Hormaechea:

La respiración es branquial en todos los peces, las branquias están formadas por finísimos tubos capilares, que después de absorber el oxígeno por medio de la hemoglobina lo distribuyen en forma de oxihemoglobina gracias al aparato circulatorio, que hace pasar la sangre por las diferentes partes del cuerpo hasta llegar a los lugares cuyas células tengan necesidad de oxígeno.

³³ KINKELIN, Op. Cit., p. 20.

Además sostienen que los peces no aprovechan el oxígeno que hace parte del agua, es decir, no aprovechan el O de la estructura molecular del H₂O, sino que respiran aprovechando el oxígeno del aire disuelto en el agua. Por eso las aguas superficiales o muy batidas son muy ricas en oxígeno para la respiración del pez³⁴.

Según Coll:

La respiración, es decir, los flujos de oxígeno (O₂), y dióxido de carbono (CO₂), entre los peces y el agua, se realiza a través de superficie de intercambio llamadas branquias. Las branquias son unas 10 – 50 veces más extensas que la superficie del animal. Se sitúan en la faringe a los lados de la cabeza, están constituidas por arcos cartilagosos de los que parten filamentos branquiales ramificados a su vez en laminillas. Esta disposición aumenta mucho la superficie de intercambio entre la sangre y el agua. El agua entra por la boca y sale por las aberturas branquiales las cuales se hayan cubiertas por los opérculos para su protección³⁵.

De acuerdo con Bardach Y Pasino:

La función del complejo formado por la sangre y las branquias no consiste solamente en intercambio de gases, sino también en la excreción de ciertos compuestos nitrogenados y la adquisición o eliminación de minerales solubles.

El éxito del pez para sobrevivir depende de su capacidad para obtener oxígeno del medio externo con el auxilio de las branquias vascularizadas, transportar este oxígeno a los tejidos y descargarlo en los mismos. De igual manera el dióxido de carbono que resulta de la oxidación celular de los

³⁴ LOTINA BENGURIA, Roberto y HORMAECHEA CAMIÑA, Mario. Peces de mar y de río. Bilbao: URMO S.A. 1986. p. 49.

³⁵ COLL, Op. Cit., p. 185.

compuestos que contienen carbono, debe ser transportado en la sangre y eliminado a través de las branquias³⁶.

4.5.2 Circulación. Según Coll:

La circulación en los peces es cerrada, es decir que no se extravasa en su recorrido por el organismo. La cantidad de sangre es alrededor del 2% del peso del cuerpo. El corazón está constituido por dos cámaras situadas en serie. La sangre bombeada por el corazón pasa por las branquias y es distribuida después por el cuerpo del pez. La sangre de los peces es coagulable y esta formada por eritrocitos (glóbulos rojos) y leucocitos (glóbulos blancos)³⁷.

Según Lotina y Hormachea:

“Por medio del aparato circulatorio llega oxígeno y sustancias nutritivas a todas las células del cuerpo mediante la sangre arterial, al mismo tiempo que se libera anhídrido carbónico de los residuos de la combustión gracias a la sangre venosa”³⁸.

De acuerdo a lo expresado por Bardach y Passino:

Las funciones de la respiración, el equilibrio de los fluidos, la excreción e inclusive la digestión, están muy relacionados con la sangre y los vasos sanguíneos que hacen parte del sistema circulatorio cerrado de los peces, que acarrea gases respiratorios, desperdicios celulares, metabolitos, excretas, minerales y sustancias nutritivas en solución o suspensión³⁹

³⁶ BARDACH, Op. Cit., p. 193.

³⁷ COLL, Op. Cit., p. 184.

³⁸ LOTINA, Op. Cit., p. 54.

³⁹ BARDACH, Op. Cit., p. 193.

4.5.3 Excreción y Regulación Osmótica. Según Bardach y Passino:

Muchos desperdicios nitrogenados de los peces pasan a través de los riñones, órganos que participan en el mantenimiento del equilibrio agua – sal (homeostasis) mediante la excreción o retención de ciertos minerales. Las branquias también toman parte prominente en la excreción de las sustancias de desecho, eliminando principalmente el amoniaco⁴⁰.

Con respecto a la regulación osmótica Coll afirma que:

La concentración de sales dentro del cuerpo de los peces tiende a igualarse con la del medio externo, debido a fuerzas físicas (ósmosis), sin embargo estos poseen los mecanismos para mantener su concentración interna de sales. El intercambio iónico necesario para este control se efectúa a través de las branquias, los riñones y el intestino.

El mismo autor sostiene que la excreción de productos metabólicos se lleva a cabo a través de los riñones, el producto principal de excreción es el amoniaco y pequeñas cantidades de urea y otros compuestos nitrogenados⁴¹.

Según Roldan:

El nitrógeno se incorpora a los tejidos animales, como nitratos o como ión amonio y entra en el proceso de síntesis de

⁴⁰ BARDACH, Op. Cit., p. 195.

⁴¹ COLL, Op. Cit., p. 247.

proteínas para la reparación de células y tejidos y suministro parcial de energía. A través de los procesos metabólicos los organismos acuáticos devuelven el nitrógeno al medio ambiente en forma de heces y orina. Los peces de agua dulce excretan el nitrógeno en forma de amoníaco⁴².

⁴² ROLDAN, Op. Cit., p. 299.

5. DISEÑO METODOLOGICO

5.1 LOCALIZACION

El presente proyecto se desarrolló en la Empresa “ESPECIES”, ubicada en la calle 5 sur No. 25 - 40 barrio Mijitayo, de la ciudad de San Juan de Pasto, departamento de Nariño, situada geográficamente a 1°12'27,5" latitud norte y 77°17'42,5" longitud oeste.

Por su ubicación, este sector cuenta con una altitud de 2580 msnm, temperatura ambiente promedio de 14 - 15 grados centígrados, precipitación pluvial 155.4 mm, humedad relativa 83,0%, brillo solar 105,5 horas, evaporación de 95.1 mm. (Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, 2000, 3).

5.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS

La Empresa “ESPECIES”, cuenta con un invernadero, de dimensiones de 7 m de largo por 4 m de ancho, el cual está específicamente diseñado para albergar alevinos. Está cubierto por tres capas de material sintético: una cubierta, exterior en plástico de invernadero y una capa media, de protección en polisombra y una capa interna en plástico negro.

El invernadero permite aprovechar la radiación solar, con el fin de ganar temperatura ambiente, evitando así cambios bruscos de temperatura en los acuarios que permanecen en su interior.

5.2.1 Acuarios. Para recepcionar y aclimatar los alevinos objeto de estudio, se dispuso de tres acuarios de forma rectangular con dimensiones de 2m de largo, 0.50 m de ancho y 0.45 m de alto; con una capacidad de 380 litros cada uno.

Cada acuario estuvo dotado de termostatos, aireadores y un filtro interno, estos equipos permitieron mantener constantes los

parámetros físicos temperatura y turbidez y aireación, en el agua para cada una de las especies que se albergaron durante el tiempo que duró este estudio (figura 2).

Figura 2. Instalaciones acondicionadas para el estudio



5.2.2 Cilindro de Oxígeno. Para el proceso de empaque de los alevinos se utilizó un cilindro de oxígeno con capacidad de 1.5 m³, que permite suministrar oxígeno individualmente a cada una de las bolsas de empaque. Este cilindro está dotado de un regulador, que permite establecer con precisión la cantidad de oxígeno suministrado en las bolsas de empaque para cada tratamiento.

5.2.3 Bolsas Plásticas. Para el empaque y transporte de los alevinos se utilizarán bolsas plásticas calibre 3 de fondo cuadrado, con capacidad de 10 litros.

Cada bolsa estuvo provista de un dispositivo metálico que roscado en la bolsa y con la ayuda de una sonda permitió la extracción de las muestras del agua de transporte para el monitoreo de los

parámetros físicos y químicos cada tres horas, sin que se modificaran las condiciones del empaque.

Figura 3. Sistema de empaque de alevinos en bolsas



5.2.4 Bandas Elásticas. Para el cierre hermético de las bolsas de transporte.

5.2.5 Cajas de Cartón. Las bolsas de transporte, se empaquetaron en cajas de cartón debidamente selladas para su protección. Las cajas evitan la acción directa de la luz sobre los animales y actúan como medio aislante entre la temperatura ambiente y la temperatura del agua de transporte.

5.2.6 Kit para Análisis de Aguas FF – 1A HACH. Para medir los parámetros químicos: oxígeno, dióxido de carbono y amonio, del agua del transporte durante el estudio.

5.2.7 Peachímetro digital. Para determinar el pH en el agua durante el transporte.

5.2.8 Termómetro. Para medir la temperatura del agua de transporte.

5.3 MATERIAL BIOLÓGICO

5.3.1 Alevinos de Tilapia Roja: Para efectos de este estudio los alevinos de tilapia roja (*Oreochromis* sp) fueron adquiridos en la empresa Alevinos del Valle. La semilla recepcionada pertenece a la línea Red Florida y al momento de llegada contaba con una edad de un mes, talla 2.5 cm. de longitud total y 1,2 gr. de peso.

5.3.2 Alevinos de cachama: Los ejemplares de cachama blanca (*Colosoma bidens*) provinieron de la empresa Acuicultura Primavera ubicada en Villavicencio. Al momento de llegada los animales contaban con un mes de edad, talla 2 Cm. de longitud total y 1 Gr. de peso.

5.3.3 Alevinos de trucha: Los alevinos de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) se adquirieron en la estación “Dos Quebradas”, ubicada en el corregimiento de Meneces, municipio de Buesaco. La semilla recibida pertenece a la línea Kamloop, de 1 mes, talla 2.5 cm. de longitud total y 1 gr de peso.

5.4. PLAN DE MANEJO

Para efectos de este estudio y por tratarse de tres especies cuyos requerimientos ambientales, específicamente la temperatura del agua son diferentes, cada especie se trabajó por separado, procurando que el manejo fuese adecuado a las necesidades que presentan los alevinos.

5.4.1 Recepción y adaptación. Una vez recibidos los alevinos en la ciudad de San Juan de Pasto se procedió a la aclimatación mediante inmersión de las bolsas en los acuarios por espacio de 15 minutos para equilibrar la temperatura. Posteriormente se liberaron los peces en los acuarios previamente dispuestos, donde permanecieron una semana. Los alevinos se mantuvieron en número de 1200 por cada acuario de 380 litros.

Figura 4. Aclimatación de los alevinos



5.4.2 Control de temperatura. Para el mantenimiento de los alevinos de trucha se tomaron todas las medidas necesarias para que la temperatura no excediera los 18 °C. En general se presentaron algunas oscilaciones especialmente en el periodo día – noche, sin embargo el rango se mantuvo entre 14 y 18 °C.

El trabajo con alevinos de cachama y tilapia exige mantener una temperatura promedio de 28 y 24 °C respectivamente, para garantizar el desempeño óptimo de las funciones fisiológicas de las especies. Temperaturas inferiores causan depresión del sistema inmunológico y por ende los animales quedan expuestos al ataque de microorganismos del medio acuático.

5.4.3 Alimento. Los alevinos de cachama y tilapia, se alimentaron con concentrado comercial Mojarra 38 pulverizada a razón del 10% de la biomasa, repartido en ocho raciones comenzando con la primera ración a las 9 a.m. y así sucesivamente hora a hora hasta terminar con la ultima ración a las 4 p.m.

Para los alevinos de trucha se utilizó Truchina al 45% sin pigmento a razón del 10 % de la biomasa diario, de acuerdo a lo recomendado para alevinos de 3 cm de talla. de esta especie a 18 °C.

5.4.4 Recambios. Para mantener la calidad del agua, diariamente se realizó un recambio de fondo del 30% del agua utilizada; el agua de reposición se mantenía en reposo en tanques de almacenamiento, hasta lograr la evaporación del cloro y la temperatura adecuada.

Para el trabajo con cachama y tilapia, el agua de reposición tenía igual temperatura que el agua de los acuarios, esto con el fin de evitar cambios bruscos de este parámetro.

5.5 TECNICAS DE CAMPO

Los alevinos una vez recepcionados y aclimatados se liberaron en los acuarios donde permanecieron por espacio de siete días para lograr su aclimatación y adaptación al nuevo medio.

Antes de proceder al desarrollo del trabajo experimental los alevinos se sometieron a un periodo de ayuno de 24 horas, según lo recomendado por Gonzales y Heredia⁴³.

5.5.1 Conteo. Para trucha, tilapia y cachama las cantidades de alevinos empacadas por bolsa fueron las mismas de acuerdo a cada tratamiento y por tratarse de tres especies diferentes, cada una se trabajó por separado. Con la ayuda de nazas y bastidores, los alevinos se contabilizaron de acuerdo a lo establecido para los diferentes tratamientos, cada uno con sus respectivas réplicas así:

Tratamiento 1 (T1)	200 alevinos
Tratamiento 2 (T2)	400 alevinos
Tratamiento 3 (T3)	600 alevinos

⁴³ GONZALES, op. cit. p. 124.

Figura 5. conteo de alevinos



5.5.2 Proceso de empaque. En cada bolsa se llenaron 4 litros de agua y el número de alevinos correspondientes a cada tratamiento, se inyectó 10 libras de oxígeno que corresponde a una relación 2.5:1 y se procedió al cierre hermético con bandas elásticas (figura 6).

Cada bolsa lista para el transporte se rotuló de acuerdo al tratamiento y replica correspondiente las cuales se definieron por sorteo. Posteriormente se empacaron en cajas de cartón y se dio inicio al transporte por 12 horas, para ello se colocaron en un vehículo en movimiento el cual cubrió la ruta Pasto – Chachagui, durante el tiempo experimental, realizando las paradas correspondientes cada tres horas para los muestreos de los parámetros de estudio (figura 7).

Figura 6. Proceso de empaque de los alevinos



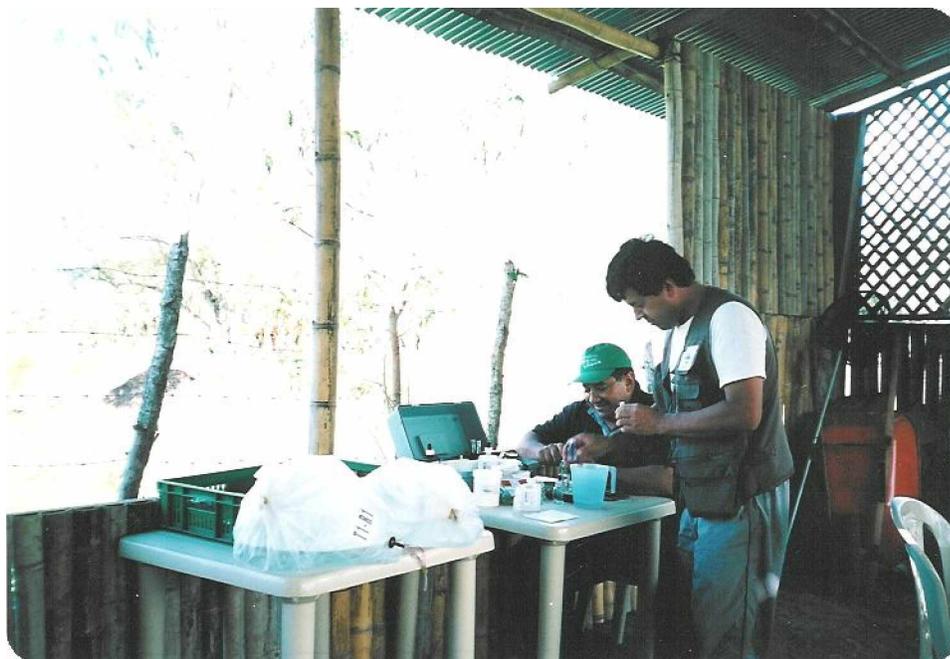
Figura 7. Sistema de embalaje de los alevinos



5.6 TECNICAS DE LABORATORIO

Terminado el proceso de empaque y antes de iniciar el transporte, se procedió a realizar la toma de muestras de agua para el análisis inicial de los parámetros físicos y químicos: oxígeno, dióxido de carbono, amonio, PH y temperatura. Para llevar a cabo este trabajo se extrajo de cada bolsa de agua aproximadamente 100cc del líquido, de acuerdo a lo requerido por el kit FF – 1A HACH para estos análisis, según metodología anexo A.

Figura 8. Muestreo de los parámetros de estudio



5.7 TRATAMIENTOS

Los tratamientos corresponden a trabajar con tres densidades por cada especie de estudio. El número de alevinos en cada tratamiento, para cada especie se determinó de acuerdo a las densidades que se trabajan comercialmente. Cada réplica de los diferentes tratamientos es una unidad experimental, constituida por un número determinado de alevinos empacados en similares condiciones y sometidos a 12 horas de transporte.

TRUCHA

- T1: Densidad de transporte 50 alevinos /litro
- T2: Densidad de transporte 100 alevinos /litro
- T3: Densidad de transporte de 150 alevinos /litro

CACHAMA

- T1: Densidad de transporte 50 alevinos /litro
- T2: Densidad de transporte 100 alevinos /litro
- T3: Densidad de transporte 150 alevinos /litro

TILAPIA

- T1: Densidad de transporte 50 alevinos /litro
- T2: Densidad de transporte 100 alevinos /litro
- T3: Densidad de transporte 150 alevinos /litro

5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

Es un diseño irrestrictamente al azar, de agrupamiento doble, constituido por tres tratamientos y tres réplicas por tratamiento para cada especie. Cada uno de los tratamientos con sus respectivas réplicas se sometieron a igual número de muestreos de los parámetros de estudio, para un total de 5 muestreos, con intervalos de tres horas entre cada prueba de valoración química.

El diseño experimental elegido, permite establecer con claridad las diferencias que se presentan entre las hileras al igual que entre las columnas. Este arreglo elimina las diferencias constantes entre los tratamientos y las diferencias entre los 5 periodos de muestreo.

Para las variables oxígeno, dióxido de carbono, amonio, amoniaco, pH y sobrevivencia al final del transporte, se realizó un análisis de varianza para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos, de existir diferencias significativas, se utilizará la prueba de Tukey o contraste de medias para evidenciar el mejor tratamiento.

Se realizaron correlaciones para estimar el efecto de la densidad de transporte sobre los parámetros físico - químicos: oxígeno, dióxido de carbono, amoniaco, pH y temperatura.

Para la sobrevivencia al final del transporte y a las 72 horas post aclimatación se empleará un análisis estadístico con datos ordenados de dos clases, mediante la prueba de X^2 para la contingencia de $2 \times t$ donde 2 corresponde a las únicas posibilidades de respuesta (vivos – muertos) y t es igual al número de tratamientos, en las pruebas que determinaron diferencias estadísticas, se utilizó la formula de Brandt-Snedecor, para determinar el mejor tratamiento.

El análisis de costos se presenta mediante porcentajes y razones que se representará mediante y diagramas de barras (estadísticas descriptiva)

5.9 HIPOTESIS

- a) **Hipótesis Nula:** la densidad en el transporte de alevinos no influye en las condiciones físico – químicas del agua de transporte, por tanto no se afecta la sobrevivencia y viabilidad de los ejemplares.

- b) **Hipótesis Alternativa:** En por lo menos un tratamiento la densidad afecta las variables de estudio ocasionando aumento en la mortalidad y disminución en la viabilidad de los alevinos.

5.10 VARIABLES A EVALUAR

5.10.1 Parámetros Físicos y Químicos: los parámetros evaluados fueron, oxígeno mg/l, dióxido de carbono mg/l, amonio mg/l, pH y temperatura °C. Se tomaron muestras de agua cada tres horas, con un muestreo inicial a las cero horas, para un total de cinco pruebas por tratamiento. Las muestras se tomaron directamente del agua de transporte para ser analizadas mediante pruebas químicas por colorimetría como se indica en el anexo A.

Los datos recogidos por cada tratamiento y sus réplicas se registraron en tablas diseñadas para tal fin. De estos registros se sacaron promedios para evaluar los cambios que presentaron los parámetros a través del tiempo experimental. A estos datos, se les aplicó las pruebas estadísticas mencionadas.

5.10.2 Sobrevivencia. Se presenta en porcentaje, mediante la siguiente fórmula:

$$S\% = \frac{\text{Población viva al final del transporte}}{\text{Población inicial del experimento}} \times 100$$

Parámetro que se verificó cada 3 horas mediante revisión de cada bolsa.

5.10.3 Costos. El análisis de costos, tuvo en cuenta como costos fijos los rubros de empaque y el flete; mientras que como costo variable se determinó el valor comercial de los alevinos para cada especie en relación a las cantidades de transporte para cada tratamiento.

6. PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Trabajo experimental en transporte de alevinos de trucha

6.1.1 Comportamiento de los parámetros físico químicos en el agua de transporte de alevinos de trucha

6.1.1.1 Oxígeno Disuelto. En la tabla 6 se encuentran los resultados obtenidos durante el periodo de ensayo para el parámetro oxígeno disuelto.

Tabla 6. Valores registrados mg/l para el parámetro oxígeno disuelto en el agua de transporte de alevinos de trucha

Muestreos	0H	3H	6H	9H	12H
T1	13.00	18.00	20.33	19.00	20.00
T2	13.00	15.33	14.33	14.33	12.00
T3	13.00	12.66	10.00	12.00	10.33

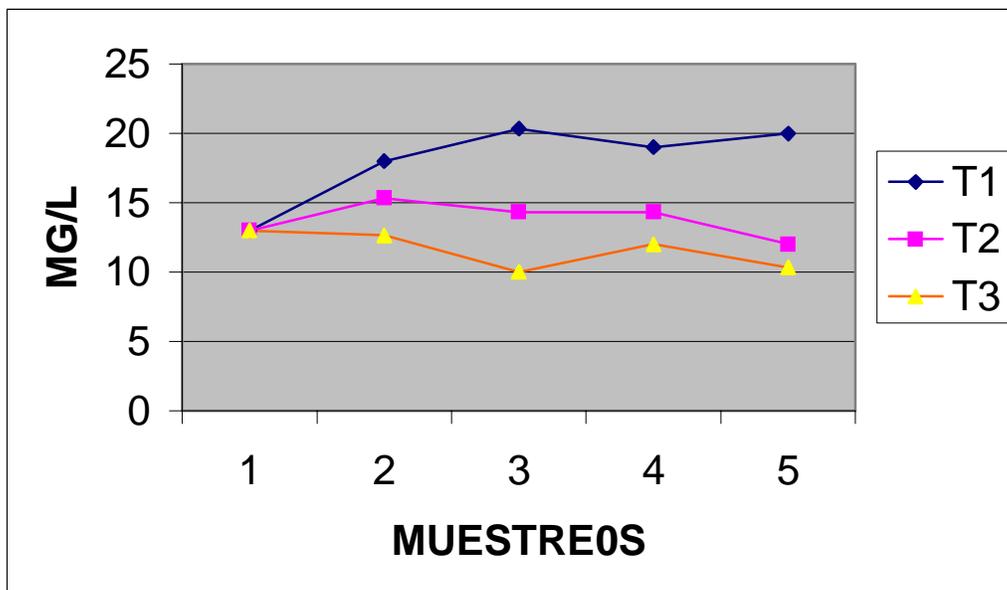
H = Horas

El valor inicial registrado para oxígeno disuelto es de 13 mg/l para todos los tratamientos, lo cual corresponde a un nivel de saturación del 115%, teniendo en cuenta la temperatura inicial (16.5°C), debido al suministro de oxígeno al momento del embalaje.

El comportamiento de la concentración de oxígeno durante la fase experimental se encuentra registrado en la figura 9 y muestra que transcurridas tres horas de transporte, en T1 y T2 los tratamientos con menor densidad, la concentración de oxígeno disuelto aumenta, ya que por efecto del transporte el oxígeno gaseoso se mezcla con el agua mecánicamente.

En T3, el tratamiento con mayor densidad, se evidencia el mayor consumo de oxígeno y por tanto muestra una baja de concentración con respecto al valor inicial, con una diferencia de 2.7 mg/l, desde el inicio del transporte hasta la etapa final del experimento, presenta sin embargo aumento en el porcentaje de saturación de Oxígeno en 118% en función de la temperatura del agua (22.4°C), a las 12 horas de transporte .

Figura 9. Comportamiento del Oxígeno disuelto en el transporte de alevinos de trucha



A las seis horas de transporte únicamente en T1 se mantiene una alta concentración de Oxígeno, por efecto de la agitación del agua y el bajo consumo biológico registrado por los peces transportados, mientras T2 y T3 registran paulatinamente descenso en la concentración de oxígeno, lo cual esta relacionado de manera directa con el numero de ejemplares transportados.

Después de este periodo se observa estabilización en los niveles de oxígeno que para el T1 corresponde a 20 mg/l, el doble de la concentración que experimenta el T3 (10.33 mg/l); así mismo el T2 presenta una tendencia al descenso en la concentración de este gas.

El comportamiento del parámetro de estudio, podría explicarse si se tiene en cuenta que transcurrido este periodo los alevinos se han adaptado al medio de transporte, atenuando la intensidad del stress inicial, por tanto disminuye el consumo de oxígeno y como el medio esta saturado de este gas, cualquier movimiento ocasionado durante el transporte hace que el oxígeno sea incorporado con el agua por efecto mecánico, proceso que se ve favorecido por el aumento de presión al interior de la bolsa.

Terminado el tiempo experimental, en T1 se incrementó la concentración de oxígeno en 7 mg/l con respecto al valor inicial; de manera contundente, el valor final supero al inicial; debido a las condiciones de saturación que se presentaron en el medio de empaque y el bajo consumo de oxígeno en relación con la densidad manejada; además los ejemplares se observaron activos y sin movimientos erráticos.

Para T2 y T3, se registro un descenso con respecto al valor inicial en 1.0 y 2.7 mg/l respectivamente, a pesar de presentar concentraciones más bajas, están alejadas de los valores críticos de oxígeno para esta especie 6 mg/l.

Según el análisis de varianza registrado en el anexo B, se establece que no existen diferencias significativas entre los tres tratamientos, por lo tanto el número de alevinos transportados no influye de manera significativa en la concentración de oxígeno disuelto en el agua durante el empaque y transporte de los mismos, cuando se mantienen condiciones de saturación de oxígeno en el medio de transporte.

La saturación lograda con el subsidio de oxígeno exógeno a este sistema cerrado, suple de manera suficiente los requerimientos de este gas para los diferentes tratamientos, en consecuencia no es esta una limitante determinante en el éxito del transporte de alevinos, puesto que los resultados indican que existe suficiente disponibilidad con relación a la biomasa cautiva.

Al determinar la correlación entre número de animales transportados y la concentración de oxígeno, se observa que para todos los casos existe una relación alta e inversa ($r = -0.75$) entre las variables, de tal manera que un aumento en la densidad

implica una reducción en la concentración de O₂ durante el transporte. Este comportamiento se explica en el 57 % de los casos (R²=0.57), es decir que no se descarta la influencia de otros factores aunque en de menor intensidad, como moduladores de la concentración de O₂ en estos sistemas.

6.1.1.2 Temperatura. En tabla 7 se registra las oscilaciones de temperatura experimentadas por los diferentes tratamientos. La temperatura inicial registrada para todos los tratamientos fue de 16 °C y a medida que transcurrieron las horas de transporte la temperatura subió en todas las unidades experimentales.

El incremento gradual de temperatura, se explica porque cada bolsa a pesar de estar aislada del medio ambiente por cajas de cartón, permaneció la mayor parte del tiempo confinada en un vehículo en movimiento, donde la temperatura ambiente es elevada.

Tabla 7. Valores registrados en °C para el parámetro temperatura en el agua de transporte de alevinos de trucha

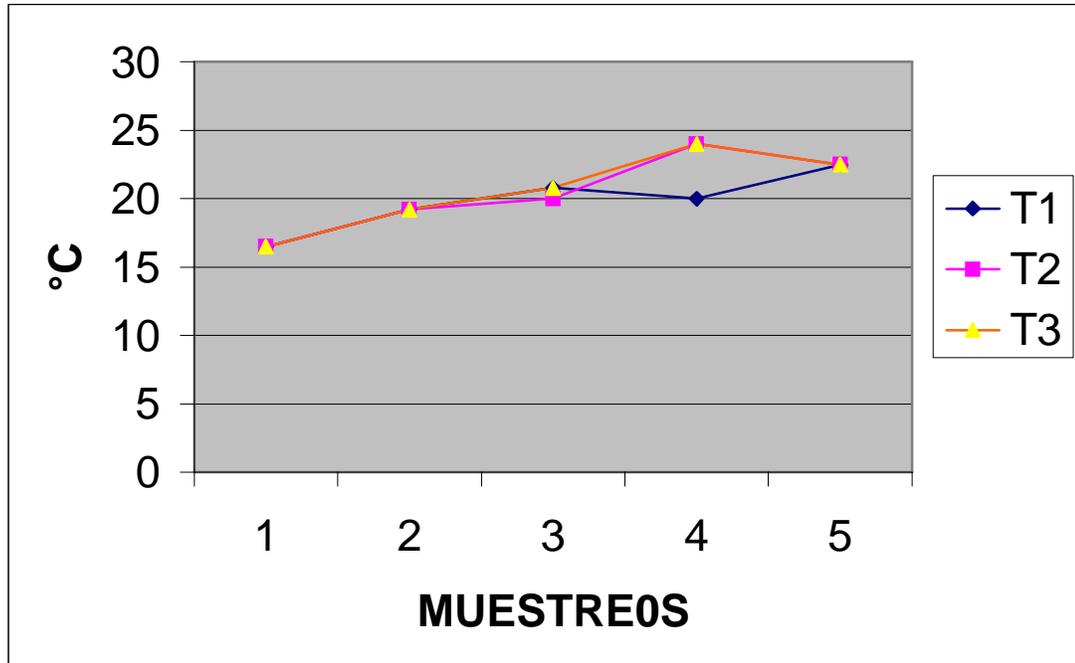
Muestras	0H	3H	6H	9H	12H
T1	16.5	19.2	20.8	20.0	22.4
T2	16.5	19.2	20.0	24.0	22.4
T3	16.5	19.2	20.8	24.0	22.4

H = horas

La figura 10, muestra comportamientos similares para los tres tratamientos, sin embargo es interesante observar, como para T2 y T3, los tratamientos con mayor densidad, se presentan variaciones más marcadas y picos más altos en comparación con T1. Lo anterior puede deberse a la mayor actividad biológica de los alevinos, donde los procesos fisiológicos desencadenan una serie de reacciones químicas que conllevan a la liberación de energía, manteniendo su temperatura corporal algunos grados por encima de la temperatura del agua⁴⁴.

⁴⁴ COLL, Op. Cit., p 296.

Figura 10. Comportamiento de la temperatura en el agua de transporte de alevinos de trucha



El análisis estadístico anexo C, establece que no existen diferencias significativas, lo que permite asegurar con un grado de confianza del 95% que el comportamiento del parámetro temperatura es similar para los tres tratamientos.

La correlación existente entre temperatura y densidades de transporte, no indica relación alguna, en este caso las condiciones ambientales de temperatura durante el transporte a las cuales se expusieron las unidades experimentales, determinaron el comportamiento en esta variable.

Debido a que el aumento de temperatura es gradual y por tratarse de ejemplares pequeños las altas temperaturas no afectaron el comportamiento de los alevinos durante el transporte y como veremos más adelante, tampoco interfirió en la sobrevivencia y viabilidad de los mismos.

6.1.1.3 Dióxido de carbono. En la tabla 8, se encuentran los resultados obtenidos para CO₂ durante el periodo de ensayo.

Tabla 8. Valores registrados mg/l para el parámetro CO₂ en el agua de transporte de alevinos de trucha

Muestras	0H	3H	6H	9H	12H
T1	5.00	15.00	17.33	20.00	25.00
T2	5.00	17.33	22.33	27.33	37.33
T3	5.00	22.33	32.33	37.33	42.33

H= Horas

La lectura inicial registrada para este parámetro es de 5 mg/l, valor que se fue incrementando paulatinamente a medida que transcurrían las 12 horas de transporte (figura 11).

El dióxido de carbono como producto de la respiración de los peces, presenta una relación directa con las densidades de empaque y el tiempo de transporte. En cada una de las unidades experimentales por estar aisladas de influencias externas, los productos de la actividad metabólica se acumularon en el medio, sin la posibilidad de ningún tipo de intercambio o actividad secundaria como la fotosíntesis tal como ocurre en el medio natural.

Los valores máximos de CO₂ registrados al final de transporte para T2 y T3, superaron ampliamente los recomendados para peces que deben estar por debajo de 20 mg/l. Sin embargo esta condición no afectó los alevinos por las concentraciones altas de oxígeno presentes en el medio, lo cual corrobora lo expuesto por Torres⁴⁵.

⁴⁵ TORRES, Op. Cit., p 22.

Figura 11. Comportamiento del CO₂ en el agua de transporte de alevinos de trucha



Las concentraciones altas de CO₂ desencadenan una serie de reacciones que se traducen en la presencia de bicarbonato e hidrógeno, en el agua lo que produce la disminución del pH, fenómeno típico cuando el CO₂ se disuelve en el agua.

En el anexo D se puede observar que estadísticamente no existen diferencias significativas entre los tres tratamientos.

La correlación para esta variable es alta y directamente proporcional ($r= 0.8$), comportamiento que se explica en el 69 % de los casos ($R=0.69$), lo cual indica que a mayor cantidad de animales transportados mayor es la producción de CO₂ en el medio.

6.1.1.4 pH. Este parámetro por estar ligado a las reacciones químicas que se presentan en el agua debido a la producción de CO₂ y las fluctuaciones de temperatura que inciden en el ritmo

metabólico de los peces, presenta variaciones considerables, como se demuestra en la tabla 9.

Tabla 9. Valores registrados para el parámetro pH en el agua de transporte de alevinos de trucha

Muestreos	0H	3H	6H	9H	12H
T1	8.40	8.10	6.70	5.80	6.30
T2	8.40	7.60	5.90	5.20	5.40
T3	8.40	6.30	5.40	5.03	5.35

H= Horas

El valor inicial registrado es básico, condición que favorece la actividad biológica previa de los alevinos, ya que de acuerdo a lo citado por Ortega⁴⁶, pH neutro o ligeramente alcalino entre 7 y 8 es óptimo para el desarrollo de las truchas.

A medida que transcurre el tiempo experimental el pH al relacionarse con temperatura y CO₂ experimenta para todos los tratamientos un descenso, dando paso a pH ácidos, que a excepción de T1, están por debajo de los recomendados para esta especie. Las aguas ácidas con pH menor a 6 deben evitarse⁴⁷ (figura 12).

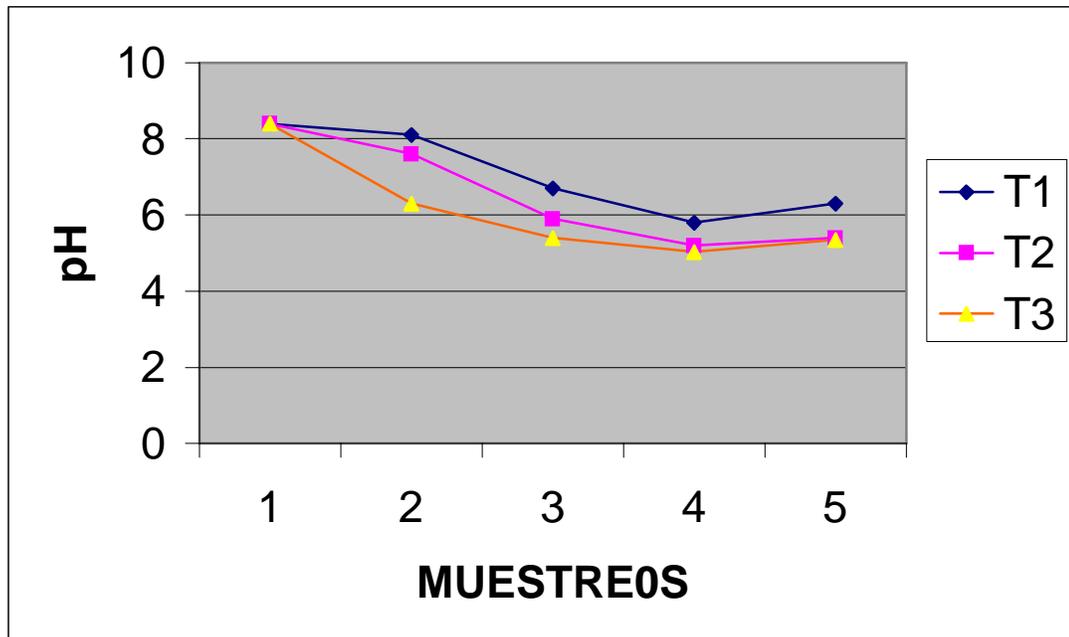
Los valores críticos de pH para los tres tratamientos se observaron a las 9 horas de transporte, que para el T1 fue de 5.6, para el T2 5.2 y para el T3 de 5; claramente este cambio se explica por que a mayor cantidad de alevinos mayor producción de CO₂, lo que hace que el medio acuático se torne ácido. Posterior a las 9 horas el medio experimenta una condición de estabilidad en este parámetro, inclusive un ligero incremento lo cual puede explicarse como la acumulación de bicarbonatos que ejercen un

⁴⁶ ORTEGA, Op. Cit., p 23.

⁴⁷ Ibid., p. 23

efecto buffer sobre el medio, de acuerdo con lo encontrado por Roldan⁴⁸

Figura 12. Comportamiento del pH en el agua de transporte de alevinos de trucha



Durante el periodo experimental no se presento mortalidad, muy seguramente debido a que los cambios registrados de pH, para todos los tratamientos son progresivos y la exposición de los ejemplares a estas condiciones poco favorables fue por un lapso relativamente corto, exposiciones prolongadas a pH inferiores a 6 afectan el metabolismo tisular, causan irritación, hipersecreción de moco y hemorragias cutáneas, situación que no se observó en los diferentes tratamientos experimentales.

Estadísticamente los tratamientos no presentan diferencias significativas. Anexo E .

Al observar la correlación existente se puntualiza que existe una relación alta e inversa ($r=-0.91$) entre las cantidades de alevinos

⁴⁸ ROLDAN, Op. Cit., p 244.

transportados y el pH, lo cual se explica en el 83 % de los casos ($R^2=0.83$), de tal manera que a mayor densidad de transporte, se presentan menores valores de pH.

6.1.1.5 Amonio y Amoniaco. Como se indica en la tabla 10 el amonio es otro de los parámetros que muestra fluctuaciones considerables, lo cual está relacionado con la actividad fisiológica de los peces durante el transporte.

El amonio junto con el CO_2 y el pH, son los parámetros que mejor ilustran como la actividad excretora de los peces puede transformar el medio acuático y desde el punto de vista biológico convertirlo en un medio adverso. Sin embargo las relaciones existentes entre amonio(NH_4), pH y temperatura limitan la producción de amoniaco (NH_3), cuya presencia en concentraciones elevadas influiría en la mortalidad de los peces.

Tabla 10. Valores registrados mg/l para el parámetro amonio (NH_4) en el agua de transporte de alevinos de trucha

Muestras	0H	3H	6H	9H	12H
T1	0.6	0.92	2.00	2.70	2.82
T2	0.6	1.52	2.75	3.00	3.46
T3	0.6	1.75	3.00	5.15	7.33

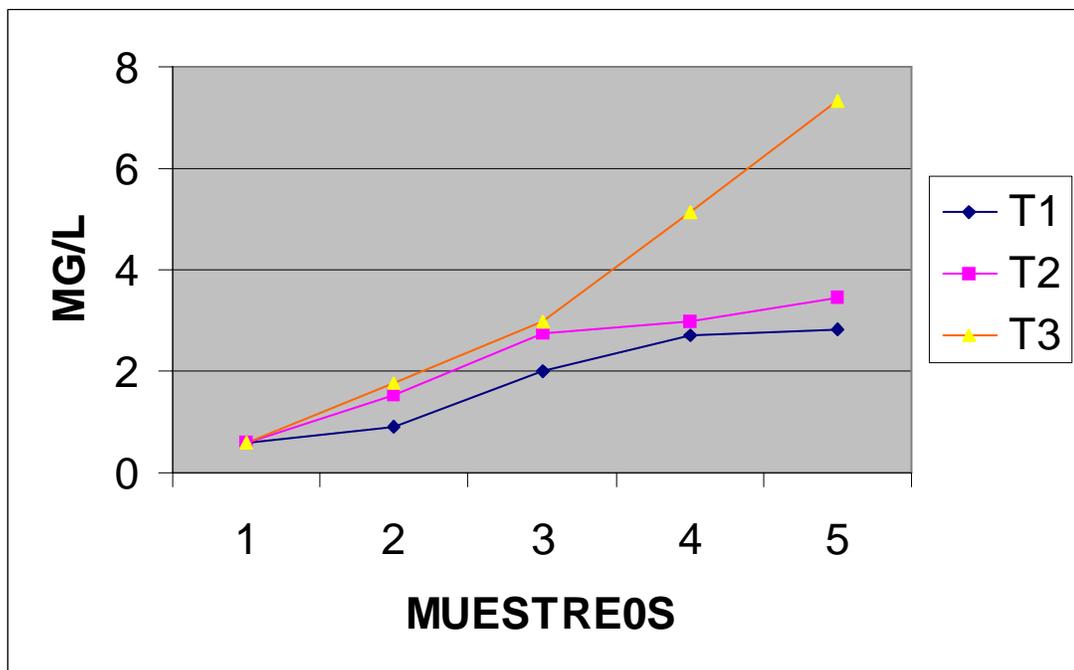
H= Horas

Los niveles de máxima concentración de amonio se encontraron al final del periodo de transporte (12 horas) con 2.82 mg /l. para T1, con 3.46 mg/l para el T2 y para T3 7.33 mg /l, concentraciones toleradas por los animales siempre que las condiciones de pH del agua permanezcan en la neutralidad, disminuyendo el riesgo de la transformación de amonio en amoniaco⁴⁹.

⁴⁹ BOYD, Claude. Water quality in warmwater fish ponds. Alabama: Auburn University. 1979. p. 73

En el anexo F, se consignan los estadígrafos donde se expresa que no existen diferencias significativas para la variable evaluada, entre los tratamientos experimentales. La correlación establecida entre la concentración de amonio y las densidades de transporte, muestran una relación alta y directa ($r = 0.93$), situación que se verifica en el 88% de los casos ($R^2 = 0.88$)

Figura 13. Comportamiento del amonio (NH_4) en el agua de transporte de alevinos de trucha



Los resultados encontrados si bien, superan los niveles críticos indicados anteriormente, las condiciones de pH del agua, que se mantuvieron ácidas impidieron la transformación de NH_4 en NH_3 , lo cual evito concentraciones de amonio no ionizado, letales para los ejemplares, en niveles menores de 0.04 mg/l los cuales resultan inocuos para la especie.

El nivel máximo de amonio registrado en el T3 (7.33 mg/l), no produjo alteraciones en el comportamiento de los ejemplares como tampoco se observó mortalidad, no obstante el limitado periodo

de exposición de los alevinos a esta condición, posiblemente fue un factor que impidió la mortalidad presumida.

Con relación al amoníaco (NH_3) la tabla 11, indica el comportamiento de este parámetro en los diferentes tratamientos experimentales.

Tabla 11. Valores registrados mg/l para el parámetro amoníaco (NH_3) en el agua de transporte de alevinos de trucha

Muestras	0H	3H	6H	9H	12H
T1	0.040	0.059	0.008	0.012	0.014
T2	0.040	0.024	0.012	0.018	0.019
T3	0.040	0.006	0.014	0.032	0.040

H= horas

Los valores de amoníaco están estrechamente relacionados con las concentraciones de amonio, las variaciones de pH y temperatura para cada tratamiento; estos factores regulan la proporción de amoníaco total que existe en forma no ionizada, el aumento del pH y la temperatura incrementa el porcentaje de NH_3 y por consiguiente su toxicidad como se indica en la tabla 5.

Los valores registrados durante las primeras seis horas de transporte, muestran una clara tendencia a la disminución de la concentración inicial, lapso después del cual dichas concentraciones empiezan a aumentar, sin que los valores finales superen los iniciales (figura 14).

Figura 14. Comportamiento del amoniaco (NH₃), en el agua de transporte de alevinos de trucha



A pesar de que las concentraciones de amonio aumentan en relación con las densidades de transporte y teniendo en cuenta la tendencia hacia un pH ácido en el medio, el riesgo de producción de amoniaco queda minimizado, como lo demuestran las oscilaciones de este parámetro, durante el periodo experimental.

Considerando que los niveles letales de amonio no ionizado están entre 0.6 y 2.0 mg/l y los sub letales entre 0.1 y 0.3 mg/l, de acuerdo con lo reportado por el INPA⁵⁰, encontramos que los datos obtenidos para este estudio, se encuentran alejados de los valores que pudieran representar riesgos de toxicidad, puesto que para el T1 la concentración final de NH₃ fue de 0.014 ppm, para el T2 0.019 ppm y 0.040 para T3.

La información estadística consignada en el anexo G, indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, así mismo, la correlación establecida muestra una relación alta y

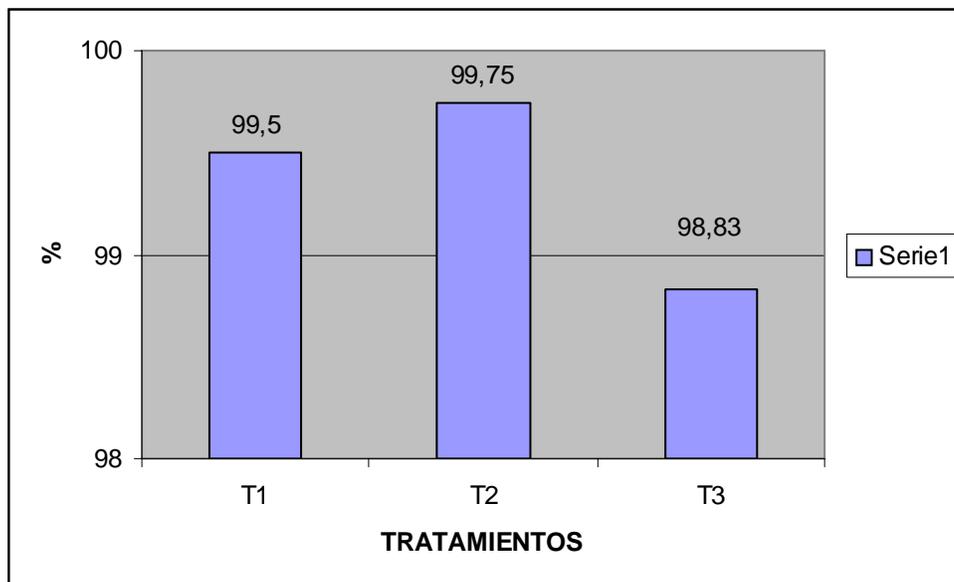
⁵⁰ INPA, Op. Cit., p 102.

directa ($r= 0.84$) entre la concentración de NH_3 y las densidades de transporte, situación que se explica en el 75% de los casos ($R^2=0.75$).

6.1.2. Supervivencia. Este parámetro fue estimado en dos etapas: la primera que corresponde a la supervivencia durante las 12 horas de transporte y la segunda que evaluó la supervivencia a las 72 horas posteriores al transporte, tiempo durante el cual los alevinos fueron confinados en acuarios en condiciones ambientales adecuadas para esta especie.

6.1.2.1 Supervivencia a las 12 horas de transporte. La figura 15 registra la supervivencia para cada tratamiento, al finalizar el periodo de transporte, el mayor porcentaje lo registro T2 con el 99.75%, seguido por T1 con el 99.50% y T3 con el 98.83%.

Figura 15. Supervivencia a las 12 horas de transporte de alevinos de trucha



La prueba de Chi cuadrado determinó con un nivel de confianza del 99%, que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos experimentales, por tanto se procedió a comparar los tratamientos por separado mediante la prueba de Brand Snecord.

Los resultados obtenidos muestran que T1 y T2 no presentan diferencias significativas, presentando un comportamiento similar. Lo contrario ocurrió con T3, el cual presenta diferencias altamente significativas con respecto a los tratamientos en cuestión.

Lo anterior indica que los mejores tratamientos son el T1 y T2 y que la menor sobrevivencia se produjo en el T3, lo cual evidencia un efecto negativo de la densidad sobre la viabilidad de los ejemplares transportados.

A pesar de que el porcentaje de sobrevivencia para T3 es el más bajo, la mortalidad registrada (1.17%), está por debajo del riesgo que comercialmente se presume en el transporte de alevinos, el cual corresponde al 3%.

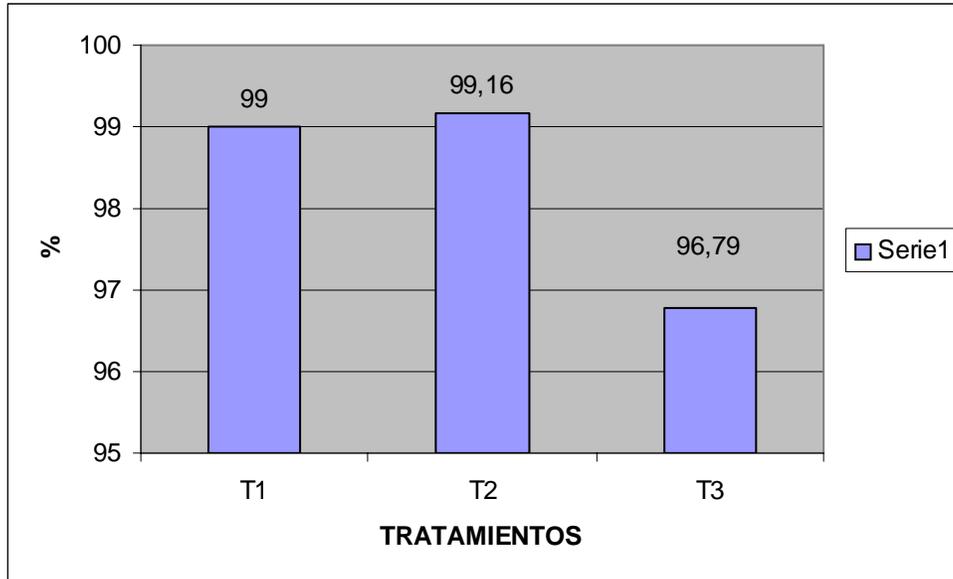
6.1.2.2 Sobrevivencia a las 72 horas de post transporte de alevinos de trucha

El análisis de sobrevivencia a las 72 horas post transporte registrado en la figura 16, permitió verificar, que los alevinos no sufrieron daños fisiológicos que pudieran interferir con su viabilidad.

Con relación a este parámetro de estudio, es importante destacar que las mortalidades para los tres tratamientos, solo se presentaron durante las 48 horas posteriores al transporte, tiempo después del cual no se registraron bajas.

La prueba de Chi cuadrado aplicada a los datos de sobrevivencia a las 72 horas, indica que existen diferencias significativas entre los tres tratamientos, por tanto el mejor tratamiento sería T2, seguido de T1 y T3.

Figura 16. Supervivencia 72 horas post transporte de Alevinos de trucha



6.1.3 ANALISIS DE COSTO. Se realizó un análisis de costos, tomando como costos fijos para los tres tratamientos los elementos de embalaje (cajas, bolsas plásticas, bandas elásticas y cinta), el oxígeno y el flete, con el fin de determinar el costo de transporte de un alevino para cada tratamiento.

El embalaje para cada tratamiento estuvo compuesto por tres unidades experimentales (réplicas), donde se utilizaron 3 bolsas dobles y dos cajas.

El valor del flete, (\$5000 por caja), corresponde al promedio obtenido de las diferentes tarifas establecidas por las empresas de transporte terrestre dentro del departamento para el primer semestre del año 2003 periodo durante el cual se realizó el estudio (tabla 12).

Tabla 12. Presupuesto total de costos para el transporte de alevinos de trucha

Items	T1	T2	T3
Cajas	1.000	1.000	1.000
Bolsas plásticas	2.400	2.400	2.400
Bandas elásticas	120	120	120
Cinta	120	120	120
Oxígeno	330	330	330
Flete	10.000	10.000	10.000
Total embalaje + flete	13.970	13.970	13.970

De acuerdo a lo registrado en la tabla 13, para establecer el costo real de un alevino transportado en cada tratamiento, se ha incluido el valor unitario de los peces, el número total de animales transportados para cada caso y el número de peces sobrevivientes. El costo del alevino se toma como costo variable ya que es el único que determina la diferencia entre tratamientos de acuerdo a la cantidad de alevinos transportados

Tabla 13. Análisis económico en el transporte de alevinos de trucha

Items	T1	T2	T3
Total embalaje + flete	13.970	13.970	13.970
Total alevinos transportados	600	1.200	1.800
Sobrevivencia No.	597	1.197	1.779
Sobrevivencia %	99,5	99,75	98,83
Costo real de transporte	23,79	11,67	7.85
Costo unitario de alevinos	150	150	150
Costo unitario + transporte	173,79	161,73	157.85

El costo real de transporte se obtuvo de dividir el valor total del embalaje más flete (que para todos los tratamientos es el mismo), entre el número de alevinos sobrevivientes, terminadas las 12

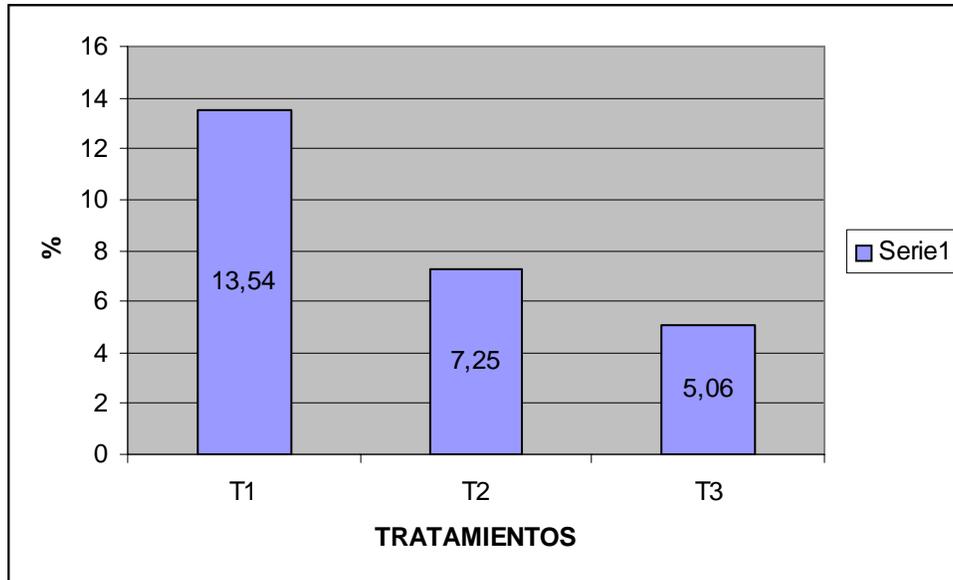
horas del transporte para cada tratamiento, este valor se sumó al costo comercial del alevino para determinar el valor unitario final.

Desde el punto de vista económico los datos obtenidos nos indican que el tratamiento más favorable corresponde al T3 seguido de T2, mientras que T1 resulta ser el más costoso, sin embargo al evaluar el número de alevinos transportados y la mortalidad al final del transporte para cada tratamiento se observó que el T3 presenta mayor mortalidad 1.17%, mientras que en T2 fue de 0.25% y en T1 0.5%. Evidentemente el mejor tratamiento en relación a costos y sobrevivencia es el T2, porque permite transportar mayor número de alevinos, sin correr altos riesgos de mortalidad.

Con respecto al comportamiento de los parámetros físico químicos, se ratifica que T2 es el mejor tratamiento ya que presenta un comportamiento similar al T1, permitiendo transportar el doble de alevinos bajo similares condiciones favorables desde el punto de vista físico químico.

Tal como se indica en la figura 17, otro análisis permitió establecer en términos de porcentajes el incremento en el valor unitario de los alevinos por efecto del embalaje y el flete, Estos porcentajes permiten ser aplicados a cualquier cantidad de alevinos que se vayan a transportar de acuerdo a cada uno de los tratamientos y permiten conocer los costos incurridos por flete y transporte.

Figura 17. Incremento en el valor unitario de alevinos de trucha por efecto del embalaje y transporte.



6.2 Trabajo experimental en transporte de alevinos de tilapia

6.2.1 Comportamiento de los parámetros físico químicos en el agua de transporte de alevinos de tilapia

6.2.1.1 Oxígeno Disuelto. Las fluctuaciones de este parámetro, durante el tiempo experimental, se encuentran consignadas en la tabla 14.

Para todas las unidades experimentales la concentración inicial de oxígeno fue de 4 mg/l, valor que a pesar de estar por debajo del óptimo requerido por las especies de aguas cálidas (4.5 mg/l), no se torna crítico para efectos de la presente investigación si se tiene en cuenta que la sobrevivencia se garantiza bajo estas condiciones. El porcentaje de saturación de oxígeno correspondiente es del 75% teniendo en cuenta la temperatura inicial del agua que fue de 24 °C

Tabla 14. Valores registrados mg/l para el parámetro oxígeno disuelto en el agua de transporte de alevinos de tilapia

Muestras	0H	3H	6H	9H	12H
T1	4.00	16.33	19.00	20.00	13.33
T2	4.00	17.33	19.00	20.33	9.00
T3	4.00	14.00	15.00	14.00	8.00

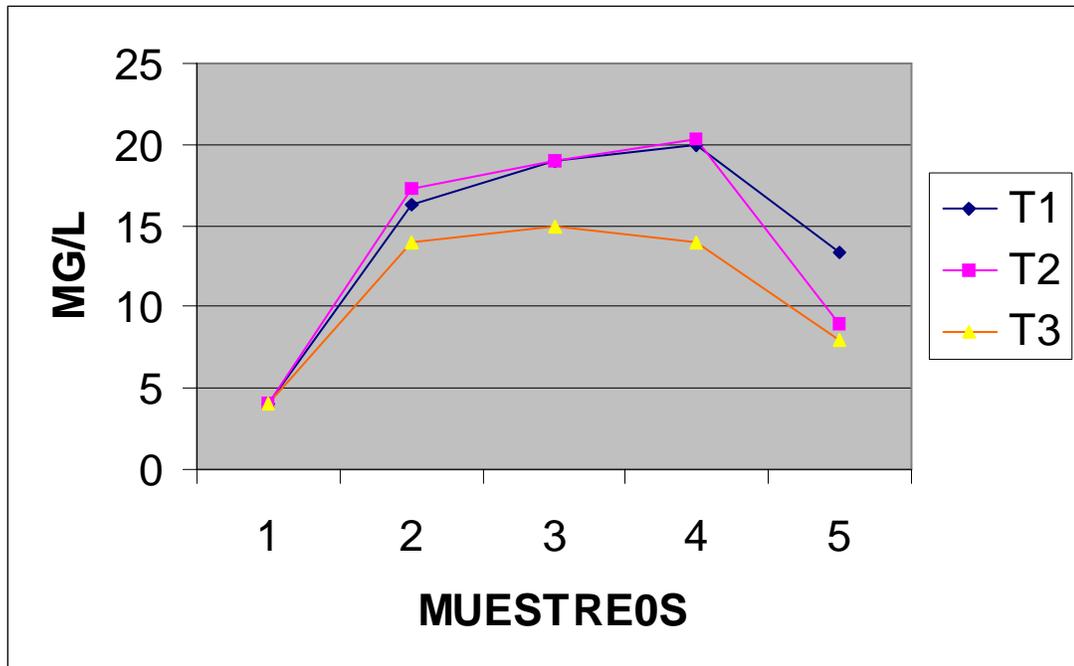
H= Horas

Tal como se observa en la figura 18, las concentraciones de oxígeno para T1 Y T2, se comportan de manera similar, con aumento paulatino de la concentración hasta alcanzar un valor máximo de 20 mg/l a las 9 horas de transporte. Transcurrido este lapso las concentraciones bajan obteniéndose valores finales de 13.33 mg/l y 9.00 mg/l para T1 y T2, los cuales corresponden a porcentajes de saturación del 140% y 125% respectivamente, si se tiene en cuenta que las temperaturas registradas al final del experimento fueron de 23 y 24 °C.

Los datos que registra T3, muestran desde el inicio del experimento y durante 6 horas de transporte un incremento en la concentración de oxígeno con un valor máximo de 15 mg/l, producto de la incorporación mecánica de oxígeno al agua durante el transporte; pasadas nueve horas y hasta el final se verifica consumo de oxígeno, condición no solo debida a los requerimientos fisiológicos de los peces, sino que este consumo podría verse aumentado como consecuencia del estrés que experimentan los ejemplares, por el manejo de altas densidades

En general, el comportamiento de esta variable de estudio, comprueba que la adicción de oxígeno al interior del sistema de transporte, junto con el movimiento causado por el desplazamiento del vehículo y el incremento en la presión al interior de la bolsa, permiten la incorporación de este gas en el medio líquido por encima de su capacidad de saturación, elevando por consiguiente la concentración de oxígeno disuelto, condición que favorece la actividad biológica de los organismos transportados en dichos sistemas.

Figura 18. Comportamiento del Oxígeno disuelto en el transporte de alevinos de tilapia



A pesar de que la concentración inicial de oxígeno disuelto en el agua, es baja y que en condiciones de cultivo sería una limitante, se debe recordar que los peces de aguas tropicales poseen adaptaciones fisiológicas y morfológicas que les permiten soportar las variaciones bruscas de oxígeno que se presentan en el medio acuático tropical. El aumento de ventilación branquial es una de las respuestas fisiológicas más frecuentes utilizadas por estos organismos para lograr un mejor aprovechamiento del oxígeno disuelto en el agua.

El análisis estadístico anexo H, indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Así mismo las correlaciones establecidas denotan una relación alta e inversa ($r=-0.74$) entre las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua y las densidades de transporte, este comportamiento se explica en el 58% de los casos ($R^2=0.58$), es decir que no descarta la posibilidad de que otras variables influyen en menor intensidad en la concentración de oxígeno en el agua durante el transporte.

6.2.1.2 Temperatura. A Largo del periodo experimental las oscilaciones de temperatura como aparecen registradas en la tabla 15, para los tres tratamientos muestran comportamientos similares, con una baja general a las tres horas, debido a la manipulación de las bolsas e inicio del transporte en las primeras horas de la mañana. Transcurridas 6 horas y en adelante la temperatura parece estabilizarse, sin embargo al finalizar el transporte T3 presenta la más alta temperatura 25°C en comparación con T1 y T2.

Tabla 15. Valores registrados °C para el parámetro Temperatura en el agua de transporte de alevinos de tilapia

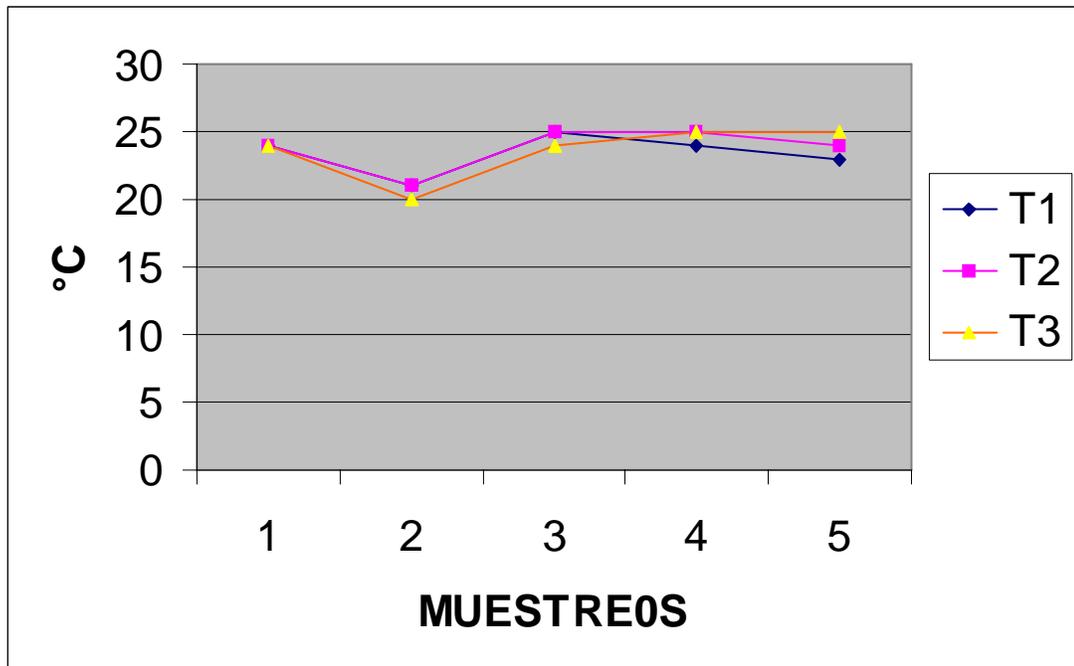
Muestreos	0H	3H	6H	9H	12H
T1	24.0	21.0	25.0	24.0	23.0
T2	24.0	21.0	25.0	25.0	24.0
T3	24.0	20.0	24.0	25.0	25.0

H= Hora

La figura 19 corrobora lo descrito anteriormente y evidencia que la temperatura se mantuvo estable y dentro del rango óptimo para el desarrollo de la tilapia, sin embargo el hecho de trabajar con temperaturas altas lleva inherente procesos metabólicos acelerados, con mayor consumo de oxígeno, mayor producción de CO₂ y NH₃, lo que en términos químicos, nos lleva a experimentar cambios drásticos en las concentraciones de metabolitos y pH.

Los datos estadísticos consignados en el anexo I, muestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, igualmente la correlación indica que no existe relación ($r=0.25$) entre la temperatura y la densidad de alevinos, situación que se verifica en el 62% de los casos ($R^2=0.62$), es decir hay otros factores que influyen significativamente en las variaciones de este parámetro físico, diferentes a la densidad de ejemplares, y que determinan las fluctuaciones de temperatura.

Figura 19. Comportamiento de la temperatura en el transporte de alevinos de tilapia



Los tratamientos con mayor densidad, registraron temperaturas mayores, fenómeno que podría explicarse, si se tiene en cuenta que los peces pequeños tienen una tasa metabólica más alta que los peces grandes, ya que la relación superficie/volumen es mayor, por lo que el animal cede más calor al medio, según lo expuesto por Coll⁵¹.

6.2.1.3 Dioxido de carbono. Los valores registrados en la tabla 16, indican desde el muestreo inicial un alto contenido de CO₂ (20mg/l), valor que concuerda con el límite superior que recomendado para peces. Sin embargo esta condición no limitó la supervivencia de los alevinos, por las condiciones de saturación de oxígeno que se dispusieron en el medio de transporte.

⁵¹ COLL, Op. Cit., p 307.

Tabla 16. Valores registrados mg/l para el parámetro CO2 en el agua de transporte de alevinos de tilapia

Muestras	0H	3H	6H	9H	12H
T1	20.00	25.00	25.00	27.33	32.33
T2	20.00	30.00	35.00	45.00	55.00
T3	20.00	33.33	46.66	60.00	70.00

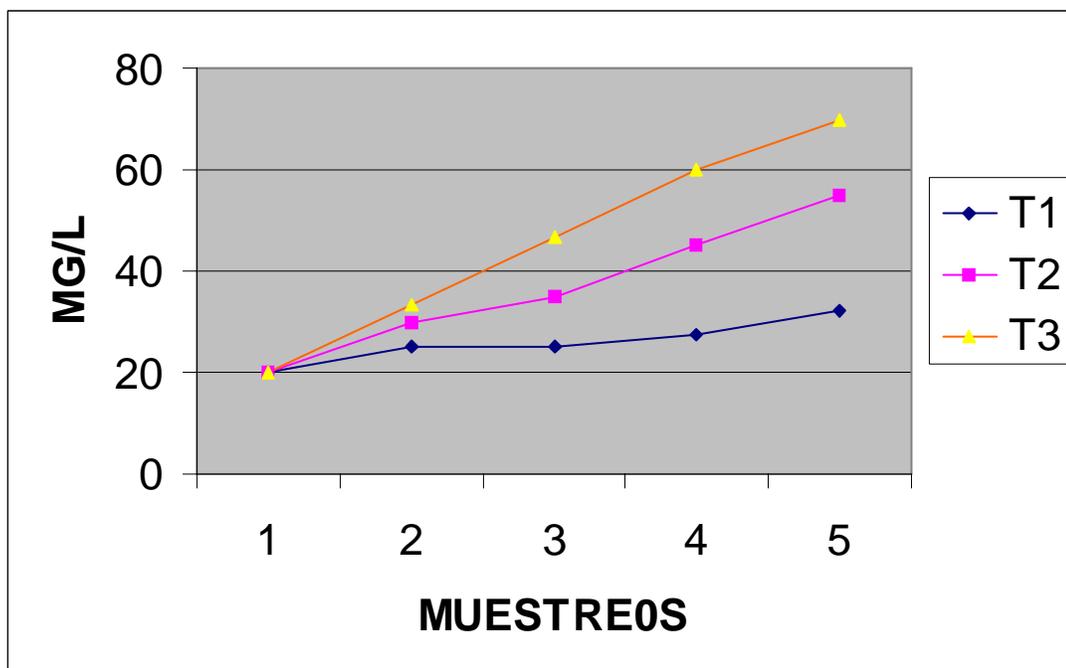
H= Hora

Como se había mencionado anteriormente, la tilapia por su condición de pez de aguas cálidas y hábito alimenticio omnívoro con tendencia a herbívoro, se presenta como una especie con alta tasa metabólica, donde el consumo de oxígeno es mayor y por ende, el aporte de CO₂ de los peces al sistema es elevado y se acumula en el medio, sin la posibilidad de escapar a la atmósfera como ocurre en el medio natural.

De acuerdo con lo presentado en la figura 20, existe una relación directa entre la producción de CO₂ y las densidades de transporte propuestas. La acumulación de este gas metabólico en las unidades experimentales, alcanza niveles altos al finalizar el transporte especialmente para T2 y T3 que registran concentraciones de 55 mg/l y 70 mg/l respectivamente si se tiene en cuenta que el nivel letal para este parámetro se ha establecido en 250 mg/l. de acuerdo con lo registrado en la tabla 4.

De acuerdo con el análisis de varianza del anexo J, no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Como era de esperarse las correlaciones para este parámetro indican una relación alta y directa ($r=0.91$), lo cual se confirma en el 85% de los casos ($R^2=0.85$), de ahí que pueda concluirse que a mayor cantidad de alevinos transportados, mayor será la producción y concentración de CO₂ en el agua de transporte.

Figura 20. Comportamiento del CO2 en el agua de de transporte de alevinos de tilapia



6.2.1.4 pH. Como se había considerado anteriormente, este parámetro por estar ligado con las concentraciones de CO2 en el agua y las variaciones de temperatura, registra un comportamiento predecible, manteniendo una tendencia enmarcada en pH ácido tal como aparece en la tabla 17.

Tabla 17. Valores registrados para el parámetro pH en el agua de transporte de alevinos de tilapia

Muestras	0H	3H	6H	9H	12H
T1	5.72	5.92	5.82	5.79	5.97
T2	5.72	5.88	5.68	5.76	5.76
T3	5.72	5.80	5.65	5.69	5.71

H= Hora

Los valores iniciales de pH para todos los tratamientos, son ligeramente ácidos y están por debajo del rango óptimo considerado para especies de aguas cálidas 6.5. De otra parte si se tiene en cuenta lo registrado por Solla⁵², que con pH cercanos a 5 se producen mortalidades en un periodo de 3-5 horas, por fallas respiratorias, y que además se presenta pérdida de pigmentación e incremento en secreción de mucus, situaciones que no se presentaron durante la fase experimental a pesar de esta condición de pH bajo en el agua los peces muestran una actividad normal.

Los valores no registraron descenso en este parámetro por debajo de pH 5.72, si se considera que la acumulación de CO₂ en el medio, produce reacciones químicas que involucran descensos de pH. De acuerdo con lo observado, la tendencia general para todos los tratamientos fue aumento de pH, en forma progresiva con acercamiento a la neutralidad.

La figura 21 indica como las oscilaciones de pH para T2 y T3 son más marcadas, presentando picos más altos y valores finales cercanos a 6. Por el contrario T1 presenta un comportamiento oscilatorio con leves ascensos y descensos de pH, y el valor final se encuentra alejado de la neutralidad en comparación con los tratamientos antes mencionados.

El comportamiento del pH, durante este experimento, se explica debido a que el CO₂ es un gas con alta capacidad para reaccionar en el agua, produce grandes modificaciones en la composición química de la misma, y para este caso específico ejerció un efecto buffer o amortiguador que impidió que el pH bajara a niveles más ácidos.

El mantenimiento del pH sin cambios bruscos se debe a la propiedad del agua, de ácido débil cuando contiene ácido carbónico y una de sus sales (bicarbonato o carbonato), lo cual le impone características de solución buffer, que resiste mejor los cambios de pH, cuando se le expone a reacciones ácidas o básicas.

⁵² SOYA, Op. Cit., p. 13

Figura 21. Comportamiento de pH en el agua de transporte de alevinos de tilapia



La producción de CO₂, el cambio de pH y el concepto de alcalinidad, o sea la medida de la cantidad de bicarbonatos o carbonatos presentes en el agua, se involucran al momento en que el CO₂ se mezcla con el agua, a partir de allí, se producen una serie de reacciones reversibles que involucran al pH y las tres formas en las cuales se puede encontrar el dióxido de carbono, o sea: libre, como bicarbonato o carbonato. Esta serie de reacciones presentan la característica de efecto buffer.

Para el presente estudio dadas las condiciones y concentración de CO₂ en el medio se puede concluir que las reacciones de dióxido de carbono – carbonatos – bicarbonatos impidieron cambios marcados en el pH y el agua de transporte adquirió las características de un sistema buffer, capaz de mantener en equilibrio las diversas reacciones que se presentaron al interior del sistema de transporte.

Estadísticamente los tratamientos no presentan diferencias significativas(anexo K), la correlación entre pH y cantidad de

alevinos transportados muestra una relación moderada e inversa ($r=-0,68$), situación que se verifica en el 48% de los casos ($R^2=0.48$), lo cual permite concluir que existen otros factores que influyen de manera determinante en el comportamiento del pH en el agua de transporte.

6.2.1.5 Amonio y Amoniaco. Como se había considerado con anticipación, los alevinos de tilapia presentan un metabolismo acelerado con mayor producción de productos de excreción, de ahí que las concentraciones de amonio en el medio sean elevadas, como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18. Valores registrados mg/l para el parámetro amonio en el agua de transporte de alevinos de tilapia

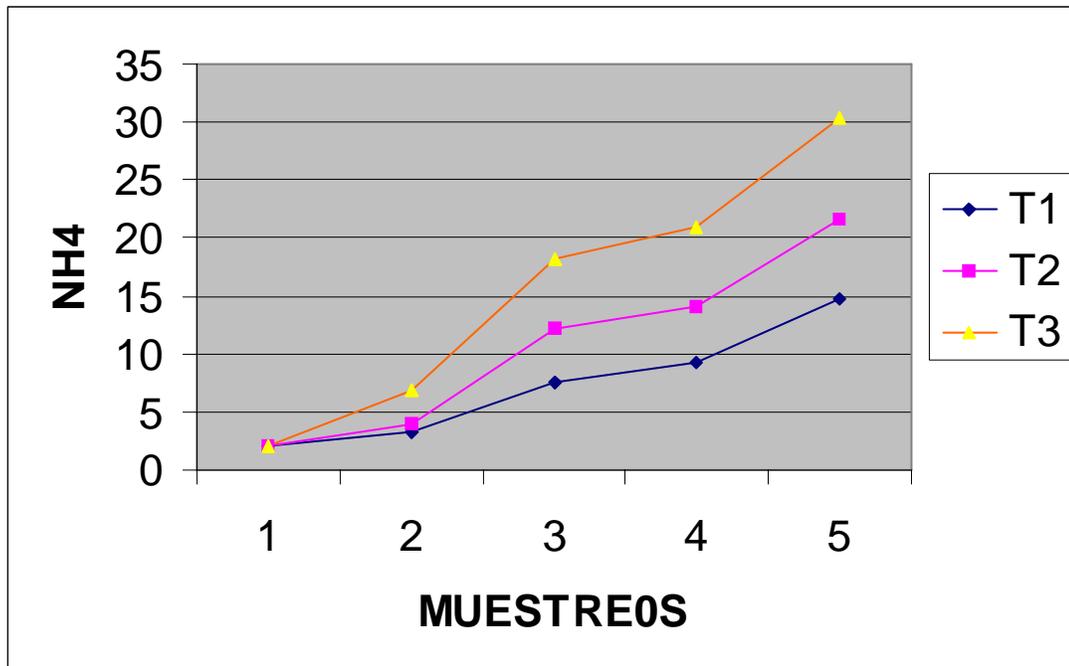
Muestras	0H	3H	6H	9H	12H
T1	2.0	3.22	7.56	9.34	14.80
T2	2.0	3.89	12.23	14.12	21.57
T3	2.0	6.83	18.12	21.00	30.41

H= Horas

El valor de partida para este parámetro fue de 2.0 mg/l, concentración que concuerda con un nivel tolerado por los peces.

Las oscilaciones en las concentraciones de amonio, son significativas, alcanzando niveles críticos, sin embargo el hecho de trabajar con pH ácidos en el agua de transporte, favoreció que el NH_3 excretado por los peces, se disociara en ión amonio e hidroxilos, los cuales no resultan letales, como si lo es el amoniaco.

Figura 22. Comportamiento del amonio(NH4) en el agua de transporte de alevinos de tilapia



El análisis de varianza aplicado expresa que no existen diferencias significativas entre los tratamientos (anexo M). Las correlaciones indican que existe una relación alta y directa entre las concentraciones de amonio y número de animales transportados ($R= 0.96$), situación que se verifica en el 95% de los casos ($R^2 = 0.95$).

Cabe recordar que los peces de agua dulce excretan el nitrógeno en forma de amoniaco, pero este producto en medio ácido o neutro es inestable y fácilmente se transforma en amonio, que no constituye ningún riesgo para los peces. Este estudio ratifica la afirmación anterior, ya que los niveles de amoniaco registrados en la tabla 19, están ubicados muy por debajo de los límites tóxicos (0.6 y 2.0 mg/l).

Tabla 19. Valores registrados mg/l para el parámetro amoniaco(NH3) en el agua de transporte de alevinos de tilapia

Muestras	0H	3H	6H	9H	12H
T1	0.007	0.003	0.018	0.015	0.043
T2	0.007	0.004	0.035	0.033	0.051
T3	0.007	0.008	0.040	0.050	0.070

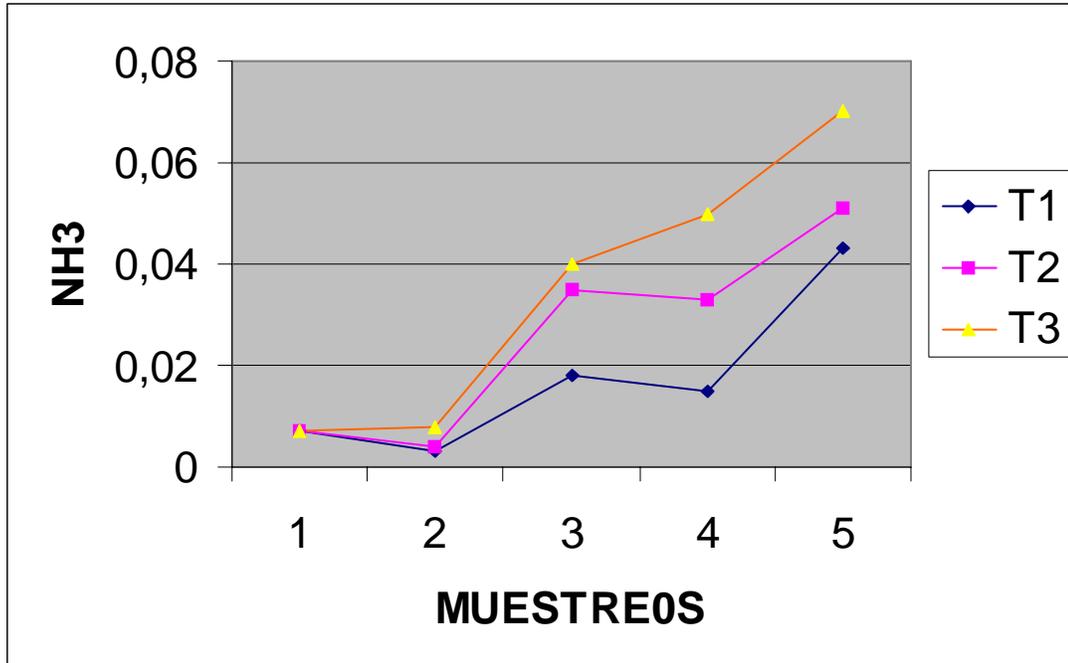
H= Horas

El comportamiento registrado para T1 y T2, es similar, durante todo el tiempo experimental. Inicialmente los dos tratamientos registran un descenso en la concentración de amoniaco (NH3), a las tres horas de transporte, situación relacionada con el descenso de temperatura que se registró al inicio del transporte y la inestabilidad de esta sustancia en pH ácidos. Este comportamiento inicial se explica, si se considera que en este mismo lapso se registro un ligero ascenso en los valores de pH, sin que este alcance la neutralidad o niveles de alcalinidad que hubieran favorecido el incremento de la concentración de amoniaco en el agua.

Pasadas 6 horas se registra un considerable aumento de concentración debido a la estabilización de la temperatura, a pesar de que los valores de pH siguen subiendo. A las nueve horas tiene lugar una leve disminución que coincide con una baja de temperatura y estabilización del pH. Terminado el experimento las concentraciones finales, superan ampliamente las iniciales, evidenciando la producción y acumulación de este metabolito en el agua en relación directa con las cantidades de alevinos en el transporte.

Contrario a lo anterior las concentraciones para T3, desde el inicio del muestreo se incrementan progresivamente, logrando una concentración final 10 veces mayor a la inicial, sin embargo este valor está alejado de los niveles críticos (figura 23).

Figura 23. Comportamiento del amoniaco (NH₃) en el agua de transporte de alevinos de tilapia



Un análisis comparativo, demuestra que la proporción de amoniaco, para todos los tratamientos, estuvo regulada por las condiciones de pH y temperatura prevalecientes durante todo el experimento, un ascenso en el pH y la temperatura podrían haber desencadenado la acumulación de NH₃ en el sistema, sin embargo los niveles son tan bajos que no afectaron la sobrevivencia de los alevinos.

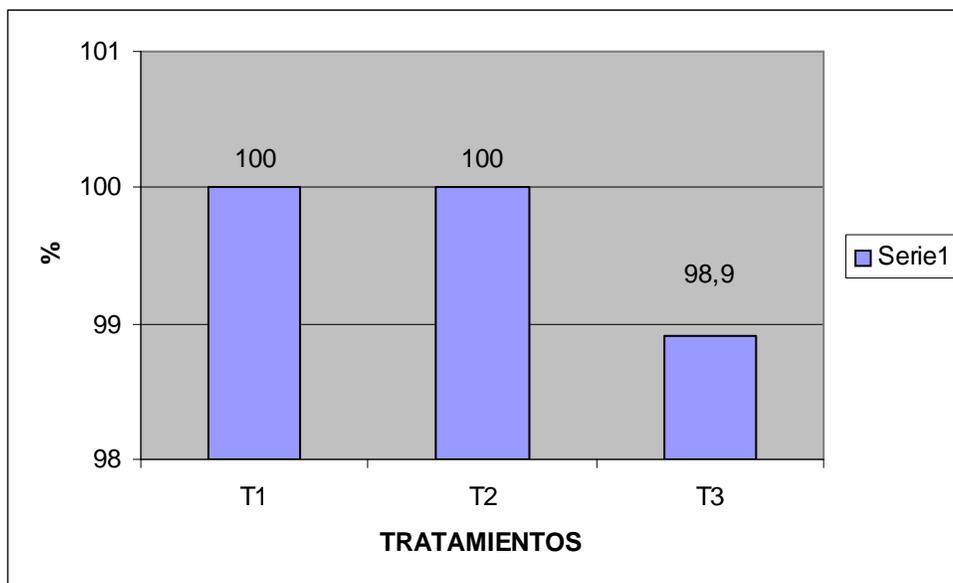
El análisis estadístico (Anexo N), demuestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, mientras que la correlación entre densidad de transporte y concentración de amoniaco establece una relación alta y directa ($r=0.91$), situación que se verifica en el 85% de los casos ($R^2= 0.85$).

Lo anterior corrobora que la relación entre la densidad y la acumulación de NH₃ en el medio de transporte existe, esta cantidad de metabolitos, en condiciones de transporte a altas densidades y por periodos mas largos de los evaluados en esta investigación, pueden en un momento dado sobrepasar los límites

de tolerancia para los peces y afectar de manera definitiva la sobrevivencia de los animales.

6.1.2. Sobrevivencia. Los datos registrados de este parámetro, para los tres tratamientos, corresponden a la sobrevivencia durante las 12 horas de transporte (figura 24).

Figura 24. Sobrevivencia a las 12 horas de transporte de alevinos de tilapia



Como se puede observar la sobrevivencia para T1 y T2 es del 100%, mientras que T3 registra el 98,9 %. Claramente el manejo de altas densidades influye en la mortalidad de los alevinos, sin embargo las bajas son mínimas, si se comparan con las mortalidades que comercialmente se presumen (3%) en el transporte de alevinos.

La prueba de Chi cuadrado, indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Al aplicar la prueba de Brand y Snecord se puede concluir que T1 y T2, presentan un comportamiento similar, mientras que T3 se comporta de manera diferente. Lo anterior nos permite concluir que los mejores

tratamientos son T1 y T2; y que T3 presentó un bajo desempeño en cuanto a sobrevivencia.

Los resultados indican que posiblemente los cambios químicos que experimento T3 como una alta concentración de amonio y dióxido de carbono, que superan los niveles que óptimos para la especie; afectaron la sobrevivencia, sin embargo el impacto no fue alto en cuanto al número de animales perdidos, pero si deja evidencia un riesgo que debe considerarse a la hora de tomar decisiones en la selección de la densidad más adecuada de transporte para esta especie sobre todo si el periodo de transporte es mayor de 12 horas.

La sobrevivencia 72 horas posteriores al transporte fue del 100% para todos los tratamientos lo cual indica que los ejemplares no sufrieron alteraciones fisiológicas severas, que pudieran ejercer efectos negativos sobre su estado de salud, hasta el punto de no retorno; más bien, la condición de stress fue superada fácilmente por los ejemplares, lo cual se constata no solo por la sobrevivencia de todos los animales, sino por su comportamiento activo, apariencia fenotípica normal y óptima aceptación de alimento. Lo anterior es una garantía para iniciar el proceso subsiguiente en la cría y engorde por parte del piscicultor.

6.1.3 ANALISIS DE COSTO. De acuerdo a lo registrado en la tabla 20, para el análisis de costos, se han tomado como costos fijos para los tres tratamientos los elementos de embalaje, el oxígeno y el flete. Cabe recordar que el embalaje esta compuesto de tres unidades experimentales (réplicas), las cuales requirieron la utilización de 3 bolsas dobles y dos cajas, así mismo el valor del flete (\$5000 por caja), corresponde a la tarifa promedio establecida dentro del departamento para el primer semestre del año 2003, lapso durante el cual se desarrollo el estudio.

Tabla 20. Presupuesto total de costos para el transporte de alevinos de tilapia

Items	T1	T2	T3
Cajas	1.000	1.000	1.000
Bolsas plásticas	2.400	2.400	2.400
Bandas elásticas	120	120	120
Cinta	120	120	120
Oxígeno	330	330	330
Flete	10.000	10.000	10.000
Total embalaje + flete	13.970	13.970	13.970

El valor comercial del alevino tal como aparece registrado en la tabla 21, se tomó como costo variable en relación a la densidad de transporte para cada tratamiento. El número total de animales transportados y el número de peces sobrevivientes, permitieron determinar el costo de transporte de un alevino para cada caso.

Tabla 21. Análisis económico en el transporte de alevinos de tilapia

Items	T1	T2	T3
Total embalaje + flete	13.970	13.970	13.970
Total alevinos transportados	600	1.200	1.800
Sobrevivencia No.	600	1.200	1.780
Sobrevivencia %	100	100	98,9
Costo real de transporte	23,28	11,64	7,84
Costo unitario de alevinos	100	100	100
Costo unitario + transporte	123,28	111,64	107,84

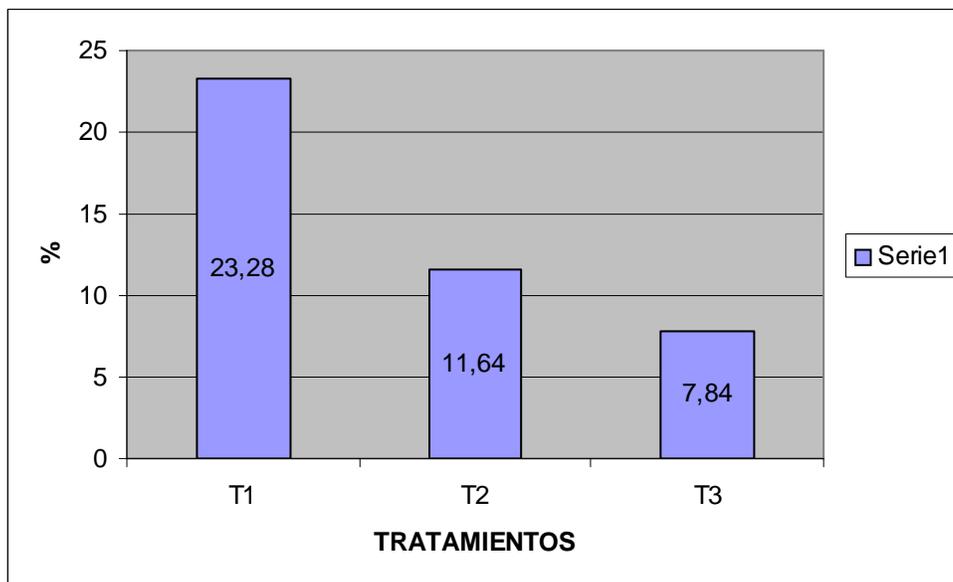
Al relacionar el costo de transporte de un alevino con la sobrevivencia registrada para tilapia, se concluye que T2, es el mejor tratamiento, ya que garantiza el 100% de sobrevivencia a menor costo si se compara con T1. Si bien es cierto que T3 es el

tratamiento de menor costo, para esta especie presenta una mortalidad del 1.1%, condición que limita su recomendación, sin embargo, este porcentaje es muy bajo y está alejado de los valores que comercialmente son aceptados para este parámetro (3%).

Lo anterior indica que las densidades de T2 para tilapia, permiten mantener sobrevivencias iguales a las de transportar alevinos en bajas densidades, logrando un ahorro del 50% en los costos; lo que significa que se optimizó el uso de recursos económicos manteniendo estándares biológicos óptimos, sin afectar la calidad de los alevinos; el transporte a mayores densidades que el T2, evidencian una respuesta negativa en cuanto a sobrevivencia, incremento en el riesgo durante el transporte y posibles alteraciones al sistema fisiológico de los ejemplares, lo cual podría incidir en la calidad de los alevinos para el inicio de la cría en las piscifactorías.

El incremento del valor unitario de los alevinos por efecto del embalaje y el flete, para esta especie, puede ser aplicado a cualquier cantidad de alevinos que se vaya a transportar de acuerdo a cada uno de los tratamientos.

Figura 25. Incremento en el valor unitario de alevinos de tilapia por efecto del embalaje y transporte.



6.3 Transporte de alevinos de cachama

6.3.1 Comportamiento de los parámetros físico químicos en el agua de transporte de alevinos de cachama

6.3.1.1 Oxígeno Disuelto. Los datos obtenidos de este parámetro se encuentran registrados en la tabla 22.

Tabla 22. Valores registrados mg/l para el parámetro oxígeno disuelto en el agua de transporte de alevinos de cachama

Muestras	0H	3H	6H	9H	12H
T1	6.00	22.33	20.33	18.33	20.33
T2	6.00	17.33	18.00	19.00	16.33
T3	6.00	18.00	9.00	16.33	17.00

H= Hora

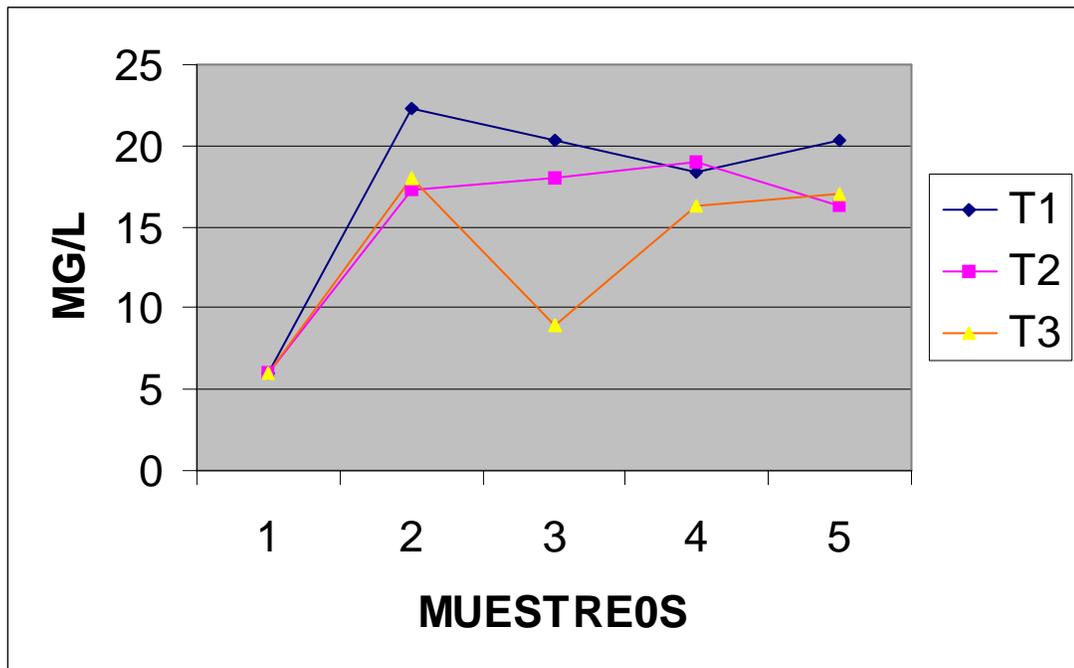
El valor inicial para todos los tratamientos es de 6 mg/l, concentración que equivale a un porcentaje de saturación del 85% en relación a la temperatura de 24 °C, que se registro en dicho muestreo.

En general para todos los tratamientos, este parámetro muestra un comportamiento inestable, es así que T1, T2 y T3 transcurridas tres horas de transporte se observa el pico más alto en comparación con las lecturas posteriores, este hecho se relaciona con la saturación inicial de oxígeno en el medio, lo que acompañado con la presión al interior de las bolsas y el movimiento, permite la incorporación de este gas en el medio líquido.

Con relación a T1, los datos obtenidos a las seis y nueve horas de transporte, muestran un descenso paulatino de oxígeno disuelto, relacionado con el consumo de oxígeno por los peces y el aumento de temperatura a 27°C, lo disminuye la capacidad del agua de

retener el oxígeno disuelto. Finalizado el tiempo experimental 12 horas, nuevamente se registra un aumento en la concentración de este parámetro como consecuencia de un descenso de temperatura a 21 °C.(figura 26).

Figura 26. Comportamiento del Oxígeno disuelto en el transporte de alevinos de cachama



El comportamiento de esta variable de estudio para T2 muestra un comportamiento estable, con tendencia a incrementar la concentración hasta pasadas nueve horas de viaje, tiempo después del cual se registra baja en la concentración.

T3 el tratamiento con mayor densidad, registra un comportamiento irregular con ascensos y descensos bruscos de concentración determinados, por las oscilaciones de temperatura y el consumo registrado por los alevinos.

En general para los tres tratamientos, los valores finales obtenidos superan ampliamente los valores iniciales antes de la saturación del medio con oxígeno, los porcentajes de saturación finales sobrepasan el 140% si se considera que la temperatura final registrada fue de 21 °C.

Es interesante considerar que durante todo el periodo experimental los valores obtenidos para oxígeno disuelto, están por encima de los requeridos por los alevinos de cachama, de tal forma que este parámetro no es una limitante para el transporte en relación con las densidades de estudio propuestas.

El análisis de varianza aplicado anexo N, indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, igualmente la correlación demuestra una relación inversa ($r = -0.73$) entre la concentración de oxígeno y las densidades de transporte, sin embargo esta condición tan solo puede verificarse en el 55% de los casos ($R^2 = 0.55$), por lo cual se puede afirmar que en la mayoría de los casos la concentración de oxígeno en el agua, no depende exclusivamente de la densidad de animales en el medio líquido, existen otras variables de menor importancia que afectan estas concentraciones como la temperatura, la incorporación mecánica de este gas por agitación y el aumento de la presión al interior de las bolsas.

Con respecto a lo afirmado anteriormente es importante aclarar que la relación existente entre el oxígeno disuelto en el agua y la temperatura es inversamente proporcional, a mayor temperatura menor solubilidad del oxígeno, a menor temperatura mayor solubilidad de este gas, lo cual se explica por cuanto a menor temperatura las moléculas de agua se unen más entre sí, y dejan espacios que son ocupados por el oxígeno reteniendo por lo tanto mayor cantidad de este gas, lo contrario ocurre a temperaturas elevadas.

6.3.1.2 Temperatura. Los datos generales obtenidos para temperatura, como lo indica la tabla 23 registran un comportamiento estable durante las tres primeras horas de viaje para los tres tratamientos.

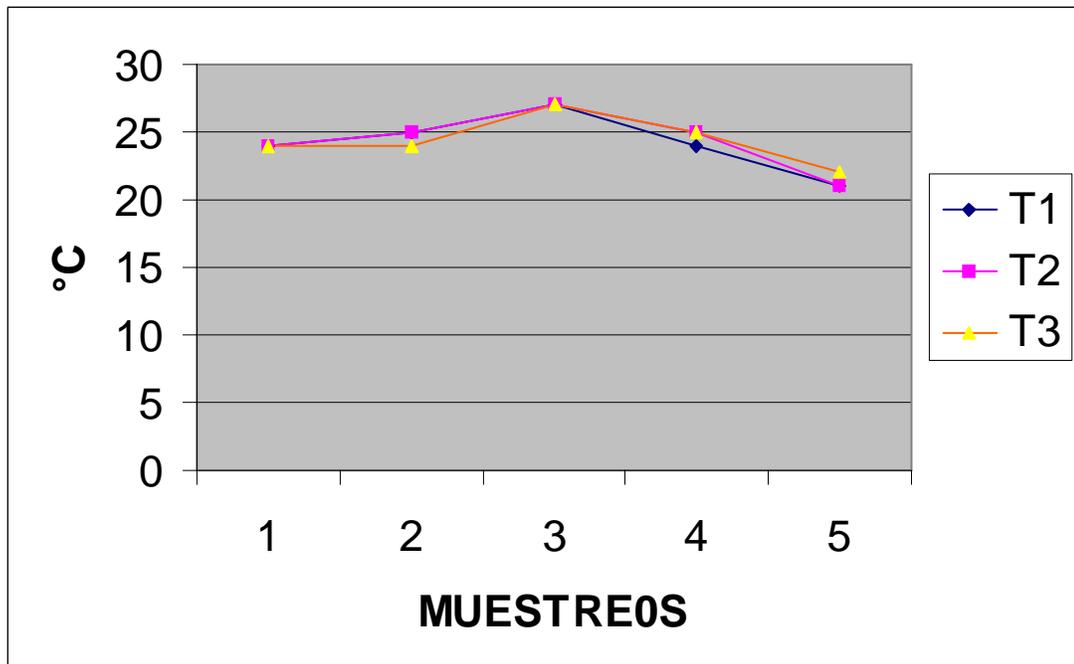
Tabla 23. Valores registrados °C para el parámetro temperatura el agua de transporte de alevinos de cachama

Muestreos	0H	3H	6H	9H	12H
T1	24.0	25.0	27.0	24.0	21.0
T2	24.0	24.0	27.0	25.0	21.0
T3	24.0	24.0	27.0	25.0	22.0

H= Hora

A las seis horas de transporte para todos los tratamientos se registra la más alta temperatura 27°C, lo que se relaciona con la temperatura ambiental prevaleciente, si se tiene en cuenta que este muestreo coincide con las 12:00 meridiano de un día soleado. Posterior a las nueve y 12 horas, la temperatura descende de manera paulatina, sin embargo los rangos están dentro del umbral térmico para la especie (figura 27).

Figura 27. Comportamiento de la temperatura en el transporte de alevinos de cachama



Lo anterior corrobora que este parámetro está influido de manera directa por las condiciones ambientales. El hecho de que las unidades experimentales estén aisladas por cajas de cartón, no garantizan de manera confiable mantener la temperatura constante

Es de esperar que el incremento de temperatura a las seis horas de transporte, genere cambios drásticos en la concentración de CO₂, pH, amonio y amoniaco, en relación con la mayor actividad biológica y aceleramiento de los procesos químicos.

En general las variaciones de temperatura para los tres tratamientos son similares, sin embargo es interesante anotar que los tratamientos con mayor densidad T2 y T3 pierden temperatura más lentamente en comparación con T1. Como se había anotado con anterioridad el hecho de trabajar con altas densidades implica mayor actividad fisiológica, más aún si se considera que la cachama por ser una especie de agua cálida presenta al igual que la tilapia una tasa metabólica alta y en un momento dado puede ceder energía al medio.

Los resultados estadísticos del análisis de varianza anexo O demuestran que no existen diferencias entre los tratamientos estudiados. La correlación indica la existencia de una relación baja directa ($r = 0.57$) entre las densidades de transporte y las oscilaciones de temperatura, condición que se verifica en el 75% de los casos ($R^2 = 0,75$), por tanto otros factores como la temperatura ambiental y el sistema de aislamiento influyen de manera más determinante sobre este parámetro.

6.3.1.3 Dióxido de carbono. De acuerdo a lo registrado en la tabla No. 24, la concentración de CO₂ para el trabajo experimental con alevinos de cachama, desde el muestreo inicial es alta, 15 mg/l, en comparación con el límite óptimo para el desarrollo de esta especie (inferior a 20 mg/l).

Tabla 24. Valores registrados mg/l para el parámetro CO2 en el agua de transporte de alevinos de cachama

Muestras	0H	3H	6H	9H	12H
T1	15.00	15.00	22.33	35.00	30.00
T2	15.00	20.00	32.33	52,33	55.00
T3	15.00	25.00	47.33	65.00	72.00

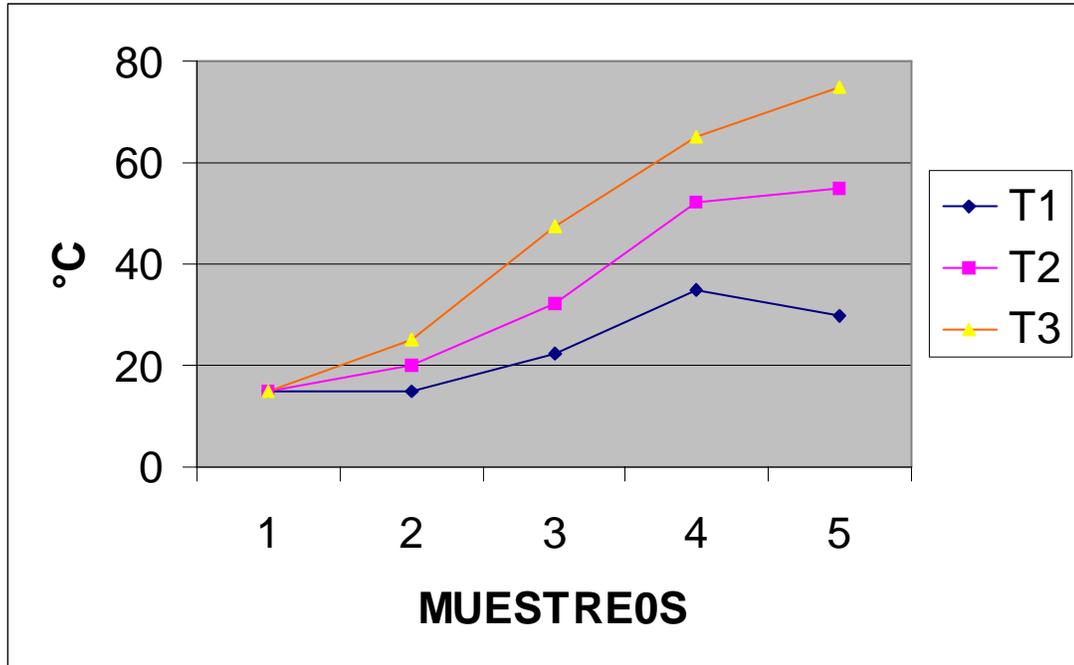
H= Hora

Este producto metabólico para todos los tratamientos, registra aumento paulatino de la concentración, hasta alcanzar niveles altos, sin embargo estas concentraciones están por debajo del nivel crítico (250 mg/l). El hecho de que los alevinos pudieran tolerar estas concentraciones, se debe a que el medio de transporte se encuentra saturado de oxígeno y por consiguiente el efecto del CO2 de disminuir la capacidad de la sangre para captar el oxígeno, queda minimizado y no se presentan los efectos de pérdida de equilibrio, adormecimiento y disminución de la frecuencia respiratoria que en condiciones diferentes podrían resultar nocivos, según lo reportado por INPA⁵³

Los datos registrados en la figura 28, evidencian que la cachama al igual que la tilapia, posee una alta tasa metabólica, generando mayor cantidad de metabolitos, así mismo es importante recordar que esta especie posee adaptaciones fisiológicas que le permiten soportar bajas en la concentración de oxígeno y altas concentraciones de CO2, ya que en el medio natural son frecuentes cambios bruscos de estos parámetros por efecto del ciclo del carbono, en relación con los procesos de respiración y fotosíntesis.

⁵³ INPA, Op. Cit., p 99.

Figura 28. Comportamiento del CO2 en el agua de transporte de alevinos de cachama



Los datos estadísticos consignados en la tabla 3 anexo C demuestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. La correlación para este parámetro indica una relación alta y directa ($r=0.98$), lo cual se confirma en el 97% de los casos ($R^2=0.97$), de ahí que pueda concluirse que a mayor cantidad de alevinos transportados, mayor será la producción y concentración de CO2 en el agua de transporte.

7.1.1.4 pH. Las variaciones de este parámetro consignadas en la tabla 25 evidencian una tendencia general a mantener pH ligeramente ácido.

En general el pH inicial de 6.2, para todos los tratamientos, como ya se dijo anteriormente es ligeramente ácido y se ubica por debajo del rango óptimo recomendado para esta especie 6.5.

Tabla 25. Valores registrados para el parámetro pH en el agua de transporte de alevinos de cachama

Muestreos	0H	3H	6H	9H	12H
T1	6.20	7.14	7.04	5.80	6.83
T2	6.20	6.84	6.63	6.63	6.75
T3	6.20	6.35	6.53	6.66	6.71

H= Horas

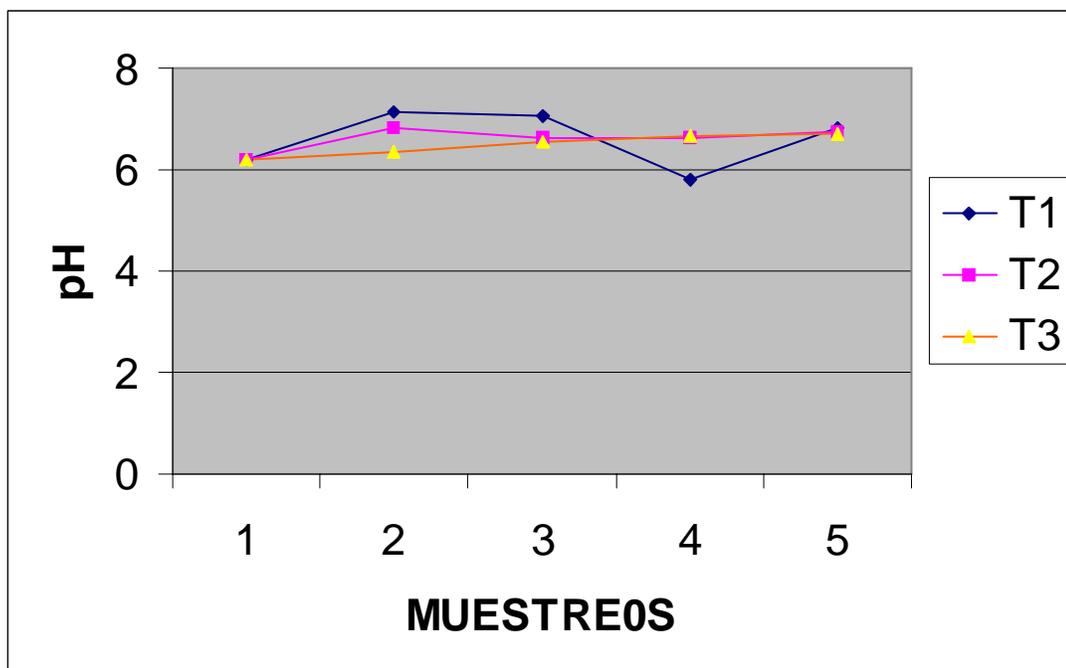
Contrario a lo esperado los valores no registraron descensos en este parámetro, si se considera que la acumulación de CO₂ en el medio, produce reacciones químicas que involucran descensos de pH. De acuerdo a lo observado la tendencia general para todos los tratamientos fue aumento ligero de pH, en forma progresiva con acercamiento a la neutralidad.

La figura 29 indica como las oscilaciones de pH para T2 y T3 muestra un comportamiento similar y estable, con cambios mínimos obteniéndose valores finales cercanos a 7. Por el contrario T1 presenta un comportamiento inestable, con ascensos y descensos de pH, sin embargo el valor final no está muy por encima del pH registrado para T2 y T3.

El comportamiento de estabilidad descrito anteriormente, se debe al efecto buffer que adquiere el agua cuando se mezcla con el CO₂ y se produce ácido carbónico (H₂CO₃), que por su condición de ácido débil, evita cambios bruscos de pH.

El aumento en las concentraciones de CO₂, en el agua de transporte, como se pudo constatar provoco cambios en el pH, lo que a su vez determinó un aumento y disminución de bicarbonatos o carbonatos en el agua, lo cual generó una estabilidad química, por el efecto buffer que adquiere el agua cuando se encuentra en presencia del ácido carbónico, según lo descrito anteriormente.

Figura 29. Comportamiento del pH en el agua de transporte de alevinos de cachama



En este trabajo experimental, las condiciones de producción de CO₂ y las reacciones químicas consecuentes, permitieron estabilizar el pH, impidiendo que este parámetro llegara a niveles más bajos que pudieran tornarse peligrosos

Con relación al análisis estadístico se comprueba que los tratamientos no presentan diferencias significativas (anexo Q). La correlación establecida entre las variaciones de pH y las cantidades de alevinos transportados indican una relación alta e inversa ($r = -0.70$), situación que se verifica en el 55% de los casos ($R^2 = 0.55$), en conclusión a mayor cantidad de alevinos transportados, se registran pH más bajos, sin embargo no se descarta que existen otros factores que inciden de alguna manera en los cambios de pH, como la concentración de carbonatos y bicarbonatos como elementos moduladores.

7.2.1.5 Amonio y Amoniaco. Los valores del parámetro amonio consignados en la tabla 26, evidencian una tasa metabólica alta, como es natural para esta especie.

Tabla 26. Valores registrados mg/l para el parámetro amonio (NH₄) en el agua de transporte de alevinos de cachama

Muestreos	0H	3H	6H	9H	12H
T1	1.20	1.28	2.17	7.45	11.79
T2	1.20	4.17	6.45	11.40	13.62
T3	1.20	4.06	9,28	21.70	31.25

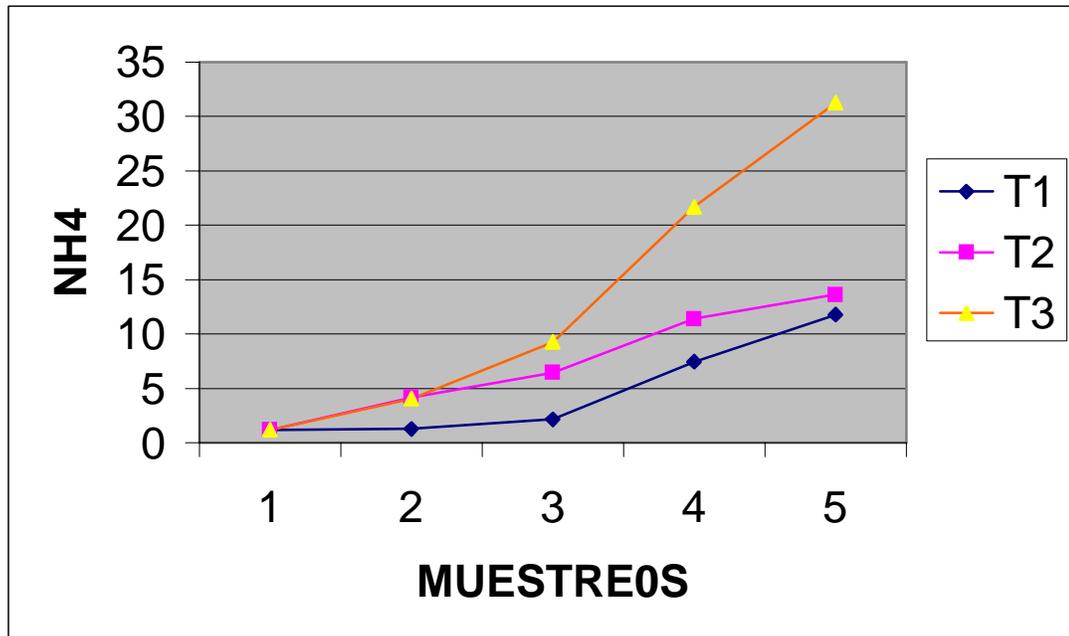
H= Hora

Un análisis general permite observar que el valor inicial registrado de 1.2 mg/l, partir de este valor, las concentraciones para todos los tratamientos se incrementan hasta alcanzar niveles muy altos en comparación con el inicial.

La figura 30 muestra como el incremento gradual de amonio se relaciona con las densidades de transporte. Es interesante observar como T1 y T2, mostraron un comportamiento similar durante todo el periodo experimental y las concentraciones finales obtenidas se encuentran cercanas entre si. El análisis para T3 muestra un comportamiento similar a T2 durante las seis primeras horas de viaje, lapso después del cual la concentración se incrementa de manera vertiginosa.

En general a pesar de que las concentraciones de amonio en el medio líquido son altas, las oscilaciones de pH descritas dentro de límites ácidos, favorecieron posiblemente el paso del amoniaco excretado por los peces a ión amonio e hidroxilos, productos que resultan inocuos a pesar de las altas concentraciones.

Figura 30. Comportamiento del amonio(NH4) en el agua de transporte de alevinos de cachama



El análisis de varianza aplicado expresa que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Las correlaciones establecen una relación alta y directa entre las concentraciones de NH4 y numero de animales transportados ($R= 0.82$), situación que se verifica en el 73% de los casos ($R^2 = 0.73$).

Los datos obtenidos de amonio, al relacionarse con el pH y la temperatura registrados al momento de los muestreos, son la base para el calculo de la concentración de amoniaco, sustancia toxica para los peces en concentraciones que oscilan entre 0.6 y 2.0 mg/l (tabla 27).

Las oscilaciones de amoniaco registradas durante la investigación, muestran que T1, en comparación con T2 y T3 registra las más bajas concentraciones de amoniaco, en relación directa con el numero de ejemplares transportados. El pico más alto de concentración se presentó a las 9 horas de viaje, coincidiendo con un aumento de temperatura, terminado el tiempo experimental, en este tratamiento disminuye la concentración de este producto, como consecuencia de un leve incremento en el valor de pH y la baja de temperatura.

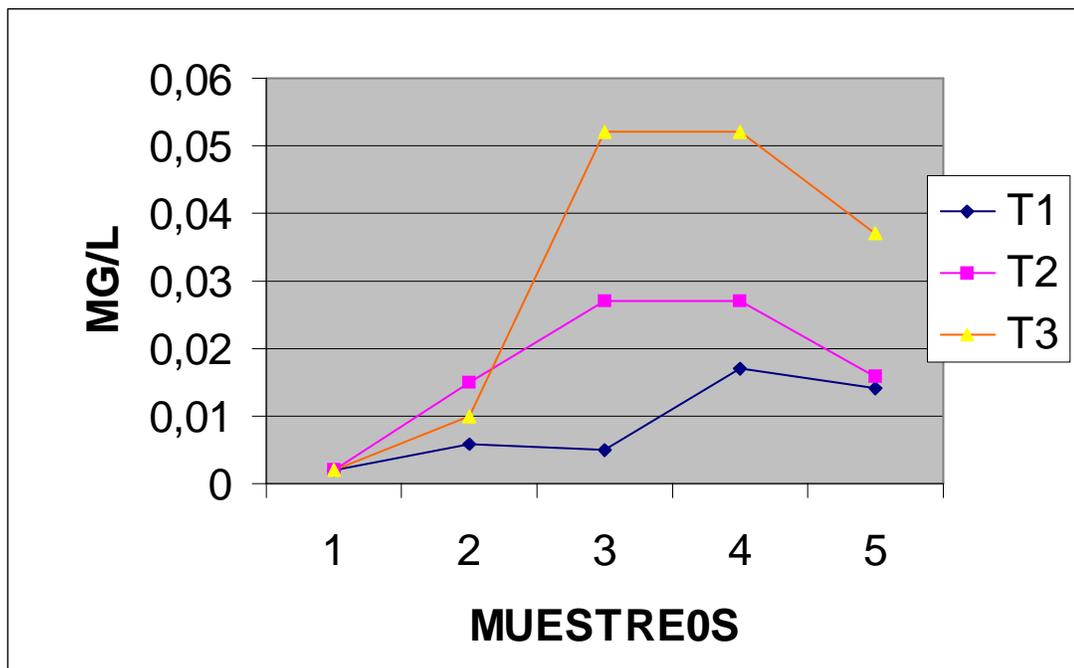
Tabla 27. Valores registrados mg/l para el parámetro NH3 en el agua de transporte de alevinos de cachama

Muestras	0H	3H	6H	9H	12H
T1	0.002	0.006	0.005	0.017	0.014
T2	0.002	0.015	0.027	0.027	0.016
T3	0.002	0.010	0.052	0.052	0.037

H= Hora

El comportamiento de este parámetro es similar para T2 y T3, presentando las concentraciones más altas a las seis horas de transporte, muestreo en el cual la temperatura del agua alcanzó los 27 °C, posteriormente ambos tratamientos mantuvieron estable la concentración pero al final descendió nuevamente cuando se alcanzó un aumento en el pH y la temperatura bajo a 21 °C y 22 °C para T2 y T3 respectivamente (figura 31).

Figura 31. Comportamiento del NH3 en el agua de transporte de alevinos de cachama



El análisis anterior comprueba que a mayor densidad mayor acumulación de este producto en las unidades experimentales, sin embargo el pH, interviene de manera definitiva en el proceso químico de transformación del amonio en amoniaco, así mismo, la temperatura juega un papel importante, ya que a mayor temperatura se incrementa la acumulación de este metabolito,

El análisis de varianza aplicado demuestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. La correlación evidencia una relación alta y directa ($r=0.84$), situación que se verifica en el 73% de los casos ($R^2= 0.73$). Los resultados obtenidos llevan a considerar que la densidad, determina el valor de amoniaco(NH_3), e indica que otros factores influyen en menor medida esta relación, como por ejemplo el comportamiento del pH y las fluctuaciones de temperatura.

6.3.2. Sobrevivencia. Durante la fase experimental no se presento mortalidad en los tratamientos de tal manera que en esta variable, el comportamiento fue el mismo en cada caso experimental, indicando que la densidad no afecta esta variable de evaluación y que la especie resulta altamente resistente a las condiciones de transporte en todos los casos.

Es pertinente considerar que la rusticidad propia de esta especie, le permitió soportar las condiciones de transporte de T3, sin registrar bajas. Esta característica que debe considerarse al momento de planear el transporte de esta especie, más si se tiene en cuenta que el medio acuático natural de los trópicos son sensibles a la eutroficación y las especies nativas de esta zona presentan adaptaciones fisiológicas que les permiten sobrevivir en condiciones ambientales extremas.

La sobrevivencia del 100%, de los ejemplares de los tres tratamientos, pasadas 72 horas post transporte, ratifica lo expuesto anteriormente y deja evidenciado que los animales no sufrieron daños fisiológicos que pudieran interferir con su posterior desarrollo.

6.3.3 ANALISIS DE COSTOS. Se realizó una análisis parcial de costos, tomando como costos fijos para los tres tratamientos los elementos de embalaje, el oxígeno utilizado y el flete.

El embalaje para cada tratamiento estuvo compuesto por tres unidades experimentales (replicas), donde se utilizaron 3 bolsas dobles y dos cajas. En tabla 28 se detallan los costos de estos elementos.

Tabla 28. Presupuesto total de costos para el transporte de alevinos de cachama.

Items	T1	T2	T3
Cajas	1.000	1.000	1.000
Bolsas plásticas	2.400	2.400	2.400
Bandas elásticas	120	120	120
Cinta	120	120	120
Oxigeno	330	330	330
Flete	10.000	10.000	10.000
Total embalaje + flete	13.970	13.970	13.970

El valor del flete (\$ 5.000 por caja) se tomó de la tarifa promedio, establecida por las diferentes empresas de transporte terrestre dentro del departamento.

Para este estudio se tomó como costo variable, el valor comercial de un alevino, que relacionado con las diferentes densidades de transporte permiten determinar el valor real de transporte de un alevino, considerando la población inicial y la sobrevivencia final (tabla 29).

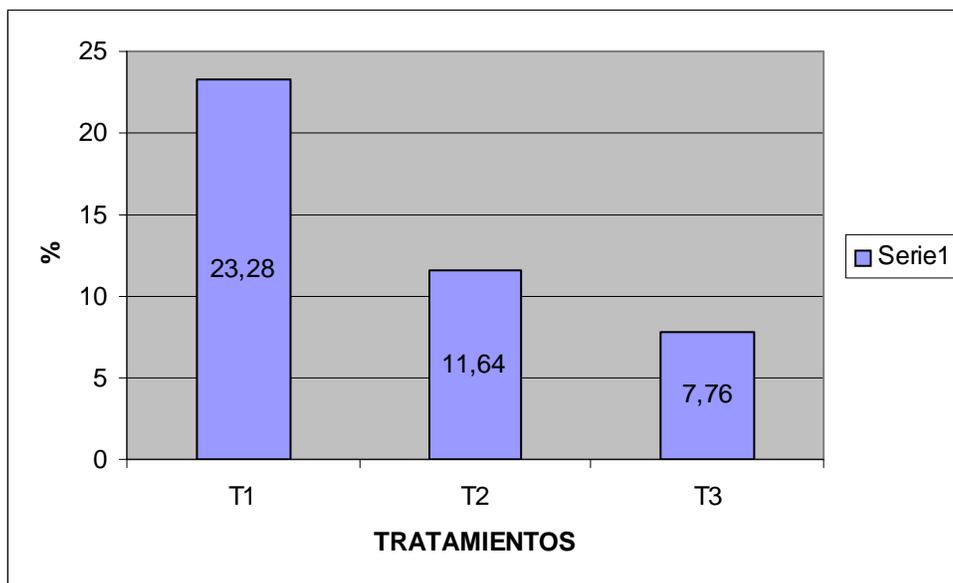
De acuerdo al análisis económico propuesto, T3 es el mejor tratamiento, puesto que representa el menor costo, garantiza sobrevivencia del 100% a 12 horas y 72 posteriores, lo cual permite recomendar para esta especie el transporte condensidad de 400 alevinos/l. Como ya se había expuesto la rusticidad propia de esta especie, le permitió soportar las condiciones de transporte, sin interferir con la sobrevivencia y la viabilidad de los mismos.

Tabla 29. Análisis económico en el transporte de alevinos de cachama

Items	T1	T2	T3
Total embalaje + flete	13.970	13.970	13.970
Total alevinos transportados	600	1.200	1.800
Sobrevivencia No.	600	1.200	1.800
Sobrevivencia %	100	100	100
Costo real de transporte	23,28	11,64	7,76
Costo unitario de alevinos	100	100	100
Costo unitario + transporte	123,28	111,64	107,76

Calcular el incremento del valor comercial del alevino de cachama por efecto del embalaje y el flete, tal como aparecen en la figura 32, permite aplicar estos porcentajes a cualquier cantidad de alevinos que se vayan a transportar de acuerdo al tratamiento elegido.

Figura 32. Incremento en el valor unitario de alevinos de cachama por efecto del embalaje y transporte.



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

El presente estudio permitió establecer que contrario a lo que se creía, el parámetro oxígeno disuelto, no es una limitante para el transporte de alevinos, ya que la saturación inicial del medio con este gas, permite mantener altas concentraciones y altos porcentajes de saturación, que favorecen la actividad fisiológica de los peces dentro del sistema y disminuyen los efectos nocivos que pudieran generar las altas concentraciones de CO₂ registradas.

Con relación al amoníaco, otro parámetro que se consideraba peligroso por su toxicidad, se demostró que las concentraciones de este producto al interior de los sistemas de empaque, no alcanzan los niveles tóxicos establecidos, además quedó evidenciado que más que las densidades de transporte, el pH y la temperatura determinan el grado de acumulación de este metabolito.

En cuanto a los parámetros que en un momento dado podrían, interferir con la sobrevivencia y viabilidad de los ejemplares, se estableció que las concentraciones de dióxido de carbono alcanzan niveles altos, sin embargo están dentro de los niveles tolerados por los peces, más si se tiene en cuenta que las concentraciones de oxígeno disuelto, minimizan los efectos de este gas en los peces.

El pH, es otro parámetro químico que por estar relacionado con la producción de CO₂, produjo cambios en el agua relacionaodos con valores bajos (pH ácido). Los valores registrados, estuvieron por debajo del óptimo establecido para las diferentes especies. Sin embargo los alevinos no fueron afectados por estas condiciones debido a que la disminución en este parámetro fue gradual y el tiempo de exposición fue corto.

Los análisis de varianza realizados, demostraron que no existen diferencias entre los tratamientos propuestos, con relación al comportamiento de los diferentes parámetros físico químicos. Es claro que para todos los tratamientos, los parámetros de estudio,

presentaron un comportamiento similar, por tanto cabe aclarar que la prueba estadística compara entre patrones de comportamiento de las variables y no entre valores numéricos.

Las correlaciones establecidas entre los parámetros oxígeno disuelto, dióxido de carbono amonio y amoniaco con relación a las densidades de transporte, demuestran una relación alta y directa, ya que a mayor número de alevinos mayor consumo de oxígeno y mayor producción de metabolitos.

La correlación de la densidad y el pH, indica una relación inversa y moderada para tilapia; inversa y alta para cachama, lo que indica que a mayor densidad se produce un descenso en el pH.

La correlación entre densidad y temperatura demuestra que no existe relación entre estas variables, estando sujeta la temperatura a los efectos ambientales.

En cuanto a la sobrevivencia para trucha y tilapia, las pruebas estadísticas, indican que T1 y T2, no presentan diferencias significativas, presentando un comportamiento similar. T3 es el tratamiento que registra mayor mortalidad, resultado que limita su recomendación por los riesgos que conlleva.

La sobrevivencia en cachama fue del 100% para los tres tratamientos, situación atribuida a la rusticidad de esta especie, que le permitió soportar las condiciones de stress por la densidad de transporte de T3 y las concentraciones altas de metabolitos en el sistema

Con relación a los costos se puede concluir que para el transporte de alevinos de trucha y tilapia, el mejor tratamiento, fue T2, el cual garantiza altos porcentajes de sobrevivencia determinando bajos costos. Para el transporte de alevinos de cachama se recomienda T3, tratamiento con mayor densidad, que representa más bajos costos y garantiza el 100% de sobrevivencia de la especie.

7.2 RECOMENDACIONES

Plantear el seguimiento de los parámetros de estudio para periodos más prolongados, 24 – 48 horas, con el fin de registrar de manera más exhaustiva las variaciones que se registran y determinar que parámetros se tornan peligrosos con el transcurso del tiempo.

Analizar como una practica tan utilizada en el transporte de alevinos, como lo es la reoxigenación, mejora las condiciones fisico químicas del agua de transporte.

Evaluar los parámetros de dureza y alcalinidad, como condiciones iniciales de transporte, ya que estos parámetros no fueron monitoreados en este estudio, pero debido al comportamiento que presento el pH, se estableció, que intervienen de manera definitiva en el efecto buffer que adquiere el agua en valores de pH ácido.

BIBLIOGRAFIA

AMAYA, Rafael Y ANZOLA, Eduardo. Generalidades sobre el cultivo de Trucha: Sugerencias de fauna y pesca terrestre. Bucaramanga: INDERENA, 1988. 8 p.

BARDACH, Lagler y PASSINO, Miller. Ictiología. México: A.G.T Editor, 1984. 227 p.

BOYD, Claude. Water quality in warmwater fish ponds. Alabama, United States: Auburn University, 1979. 213 p.

COLL MORALES, Julio. Acuicultura marina animal. 3 ed. Madrid: Mundi Prensa, 1991. 628 p.

DIAZ, Jaime y OLIVA CRUZ, Wisley. Manejo de alevinos de cachama negra (*Colossoma macropomun*) en la estación piscícola Santa Juliana de Villa Garzón (Putumayo). San Juan de Pasto, 1994, 33 p. Trabajo de grado (Tecnólogo en Hidrocultura). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Hidrocultura.

HEINZ, Herman y KLINKE, Reichenbach. Enfermedades de los peces. 2 ed. Zaragoza: Acribia S.A., 1982. 373 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA. Fundamentos de acuicultura continental. Santa Fe de Bogotá: INPA, 1993. 283 p.

GARZON ARCOS, Adiel del Socorro. Revisión sobre aspectos tecnológicos en producción de cachama. San Juan de Pasto, 1995, 69 p. Trabajo de grado (Tecnólogo en Hidrocultura). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Hidrocultura

GONZALES Y, José Alberto y HEREDIA, Brunilda. El cultivo de cachama. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay, Venezuela: FONAIAP, 1989. 124 p.

HERRERA ROMO, Miryam. Bioensayos para hidrocultores. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, 1988. 168 p.

KINKELIN, Pierre; MICHEL, Christian y GHITTINO Pietro. Tratado de las enfermedades de los peces. Zaragoza: Acribia S.A., 1985. 329 p.

LOTINA BENGURIA, Roberto y ORMAECHEA CAMIÑA, Mario. Peces de mar y de río. Bilbao: URMO S.A., 1975. 221 P.

ORTEGA FONSECA, Edy Patricio. Manejo y producción de semilla de trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*). San Juan de Pasto, 1995. 9p. Trabajo de grado (Tecnólogo en Hidrocultura). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Hidrocultura

ROLDAN PEREZ, Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín: Universidad de Antioquia, 1992. 225p.

RUBIN, Ramón. La Piscifactoria: Cría industrial de los peces de agua dulce. México: Continental, 1985. 191 p.

SOLLA. Revista informativa aguas cálidas. Santa Fe de Bogotá: Solla S.A., 2002. 52 p.

TORRES, Enrique; MAZO, Elias y RIOS, Campoelias. La mojarra plateada: Cultivo en estanque. Huila: Indugráficas, 1981. 130 p.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Sistema de información hidrometeorológica. San Juan de Pasto: IDEAM, 2000. 15 p.

VOLLMAN SCHIPPER, Ferdinand. Transporte de peces vivos.
Zaragoza: Acribia, 1978. 90 p.

ANEXOS

Anexo B. Análisis de varianza para el parámetro oxígeno disuelto en el agua de transporte de alevinos de trucha

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					F0.05	F0.01
Repetición	4	10.84	2.71	2.94	4.46	8.65
Tratamiento	2	108.15	54.08			
Error	8	146.92	18.37			
Total	14					

Anexo C. Análisis de varianza para el parámetro temperatura en el agua de transporte de alevinos de trucha

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					F0.05	F0.01
Repetición	4	77.12	19.71	0.65	4.46	8.65
Tratamiento	2	1.79	0.90			
Error	8	11.09	1.39			
Total	14					

Anexo D. Análisis de varianza para el parámetro dióxido de carbono en el agua de transporte de alevinos de trucha

FV	GL	SC	CM	FC	FT F0.05	F0.01
Repetición	4	240.51	60,13	2.23	4.46	8.65
Tratamiento	2	108.15	54.08			
Error	8	194.26	24.28			
Total	14					

**Anexo E. Análisis de varianza para el parámetro pH
en al agua de transporte de alevinos de trucha**

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					F0.05	F0.01
Repetición	4	19.64	4.91	2.69	4.46	8.65
Tratamiento	2	2.34	1.17			
Error	8	3.49	0.44			
Total	14					

**Anexo F. Análisis de varianza para el parámetro amonio
en el agua de transporte de alevinos de trucha**

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					F0.05	F0.01
Repetición	4	30.66	7.66	2.03	4.46	8.65
Tratamiento	2	8.32	4.16			
Error	8	16.39	2.05			
Total	14					

Anexo G. Análisis de varianza para el parámetro amoniaco en al agua de transporte de alevinos de trucha

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					F0.05	F0.01
Repetición	4	0.0013	0.0003	0.4086	4.46	8.65
Tratamiento	2	0.0001	0.0001			
Error	8	0.0013	0.0002			
Total	14					

**Anexo H. Análisis de varianza para el parámetro oxígeno
Disuelto en al agua de transporte de alevinos de tilapia**

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					F0.05	F0.01
Repetición	4	436.37	109.09	2.47	4.46	8.65
Tratamiento	2	35.72	17.86			
Error	8	57.95	7.24			
Total	14					

Anexo I. Análisis de varianza para el parámetro temperatura en el agua de transporte de alevinos de tilapia

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					F0.05	F0.01
Repetición	4	33.60	8.40	0.40	4.46	8.65
Tratamiento	2	0.40	0.20			
Error	8	4.00	0.50			
Total	14					

Anexo J. Análisis de varianza para el parámetro dióxido de carbono en el agua de transporte de alevinos de tilapia

FV	GL	SC	CM	FC	FT F0.05	F0.01
Repetición	4	1904.59	476.15	2.65	4.46	8.65
Tratamiento	2	1010.18	505.09			
Error	8	1524.37	190.55			
Total	14					

**Anexo K. Análisis de varianza para el parámetro pH
en al agua de transporte de alevinos de tilapia**

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					F0.05	F0.01
Repetición	4	0.05	0.01	2.58	4.46	8.65
Tratamiento	2	0.04	0.02			
Error	8	0.067	0.01			
Total	14					

Anexo L. Análisis de varianza para el parámetro amonio en el agua de transporte de alevinos de tilapia

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					F0.05	F0.01
Repetición	4	795.16	198.79	2.73	4.46	8.65
Tratamiento	2	173.68	86.84			
Error	8	254.64	31.83			
Total	14					

Anexo M. Análisis de varianza para el parámetro amoniaco en el agua de transporte de alevinos de tilapia

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					F0.05	F0.01
Repetición	4	0.00511	0.00128	2.55	4.46	8.65
Tratamiento	2	0.00079	0.00040			
Error	8	0.00124	0.00016			
Total	14					

**Anexo N. Análisis de varianza para el parámetro oxígeno
Disuelto en al agua de transporte de alevinos de cachama**

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					F0.05	F0.01
Repetición	4	346.35	9.09	1.77	4.46	8.65
Tratamiento	2	44.06	22.03			
Error	8	99.37	12.42			
Total	14					

Anexo O. Análisis de varianza para el parámetro temperatura en el agua de transporte de alevinos de cachama

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					F0.05	F0.01
Repetición	4	48,93	12.23	0.27	4.46	8.65
Tratamiento	2	0.13	0.07			
Error	8	2.00	0.25			
Total	14					

Anexo P. Análisis de varianza para el parámetro dióxido de carbono en el agua de transporte de alevinos de cachama

FV	GL	SC	CM	FC	FT F0.05	F0.01
Repetición	4	3630.91	907.73	2.64	4.46	8.65
Tratamiento	2	1210.72	605.36			
Error	8	1836.95	229.62			
Total	14					

**Anexo Q. Análisis de varianza para el parámetro pH
en al agua de transporte de alevinos de cachama**

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					F0.05	F0.01
Repetición	4	0.86	0.21	0.19	4.46	8.65
Tratamiento	2	0.05	0.02			
Error	8	0.95	0.12			
Total	14					

Anexo R. Análisis de varianza para el parámetro amonio en el agua de transporte de alevinos de cachama

FV	GL	SC	CM	FC	FT F0.05	F0.01
Repetición	4	663.46	165.87	2.17	4.46	8.65
Tratamiento	2	200.54	100.27			
Error	8	370.19	46.27			
Total	14					

Anexo S. Análisis de varianza para el parámetro amoniaco en al agua de transporte de alevinos de cachama

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					F0.05	F0.01
Repetición	4	0.00183	0.00046	2.43	4.46	8.65
Tratamiento	2	0.00148	0.00074			
Error	8	0.00244	0.00030			
Total	14					