Universidad de La Salle
Ciencia Unisalle

Zootecnia | Facultad de Ciencias Agropecuarias

1-1-2016

# Evaluación de seis densidades de empaque en el transporte de juveniles del pez escalar (Pterophyllum scalare)

Andrés Sebastián Aguirre Gutiérrez
*Universidad de La Salle*

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia

Citación recomendada
Aguirre Gutiérrez, A. S. (2016). Evaluación de seis densidades de empaque en el transporte de juveniles del pez escalar (Pterophyllum scalare). Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/21

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ciencias Agropecuarias at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Zootecnia by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

# EVALUACIÓN DE SEIS DENSIDADES DE EMPAQUE EN EL TRANSPORTE DE JUVENILES DEL PEZ ESCALAR (*Pterophyllum scalare)*

**ANDRÉS SEBASTIÁN AGUIRRE GUTIÉRREZ**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**
**PROGRAMA DE ZOOTECNIA**
**BOGOTÁ D.C.**
**2016**

# EVALUACIÓN DE SEIS DENSIDADES DE EMPAQUE EN EL TRANSPORTE DE JUVENILES DEL PEZ ESCALAR (*Pterophyllum scalare)*

**ANDRÉS SEBASTIÁN AGUIRRE GUTIÉRREZ**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TITULO DE ZOOTECNISTA**

**DIRECTOR:**
**JULIO ALBERTO GONZÁLEZ**
**DOCENTE UNIVERSIDAD DE LA SALLE**

**CODIRECTOR:**
**JEIMMY PAOLINE SAENZ CAMACHO**
**ZOOTECNISTA**
**UNIVERSIDAD DE LA SALE**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE**
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**
**PROGRAMA DE ZOOTECNIA**
**BOGOTÁ D.C.**
**2016**

## DIRECTIVAS

RECTOR
HERMANO CARLOS GABRIEL GÓMEZ

DECANA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CLAUDIA AIXA MUTIS BARRETO

SECRETARIO ACADÉMICO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ALEJANDRO TOBÓN GONZÁLEZ

DIRECTOR PROGRAMA DE ZOOTECNIA
ABELARDO CONDE PULGARIN

ASISTENTE ACADÉMICO
MARIA CAMILA CORREDOR LONDOÑO

## APROBACIÓN

_____
DOCTOR ABELARDO CONDE PULGARIN
DIRECTOR PROGRAMA DE ZOOTECNIA

_____
DOCTORA MARIA CAMILA CORREDOR LONDOÑO
ASISTENTE ACADÉMICO PROGRAMA DE ZOOTECNIA

_____
DOCTOR JULIO ALBERTO GONZALEZ ACOSTA
DIRECTOR TRABAJO DE GRADO

_____
DOCTOR EDWIN GÓMEZ RAMÍREZ
JURADO

_____
DOCTOR FREDY AGUILAR
JURADO

## DEDICATORIA

Este trabajo de grado lo dedico principalmente a mi madre quien a través de la carrera de la vida me ha apoyado, con fortaleza y dedicacion me ha demostrado todo se logra, tambien le quiero dedicar y agradecer a toda mi familia y amigos de quienes recibí su apoyo incondicional durante todo el proceso de mi formación profesional.

## AGRADECIMIENTOS

Al Doctor ABELARDO CONDE PULGARIN Director del programa de Zootecnia de la Universidad de la Salle.

Al Doctor JULIO ALBERTO GONZALEZ Director del Trabajo de Grado.

Doctora JEIMMY SAENZ zootecnista Universidad de La Salle; codirector del Trabajo de Grado.

A CLAUDIA GONZALEZ  Y A FREDDY URUEÑA quienes me colaboraron en la realización del Trabajo de Grado.

A todas aquellas personas que de una u otra forma apoyaron en el desarrollo del presente trabajo.

**Contenido**

RESUMEN

1. INTRODUCCION ..... 1

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 2

3. JUSTIFICACIÓN ..... 3

4.1. OBJETIVO GENERAL ..... 4

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 4

5. MARCO TEORICO ..... 5

5.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE ..... 5

5.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA Y HABITAT ..... 6

5.3. IMPORTANCIA COMERCIAL ..... 7

5.4. NORMATIVIDAD ..... 7

5.5. TALLAS DE COMERCIALIZACIÓN Y ACOPIO ..... 8

6. TÉCNICAS DE EMPAQUE EN PECES ORNAMENTALES ..... 8

6.1. GENERALIDADES EN EL TRANSPORTE DE PECES ORNAMENTALES. ..... 8

6.2. PROCEDIMIENTOS ASOCIADOS AL TRANSPORTE DE PECES ORNAMENTALES ..... 9

6.2.1. AYUNO Y CUARENTENA ..... 9

6.2.2. PROFILAXIS Y CONTROL DE ENFERMEDADES ..... 10

6.3. CALIDAD DE AGUA ..... 12

6.3.1. OXÍGENO DISUELTO ..... 13

6.3.2. PH Y DIÓXIDO DE CARBONO ..... 13

6.3.3. AMONIO Y CONTAMINANTES NITROGENADOS ..... 13

7. MATERIALES Y MÉTODOS ..... 16

7.1. SELECCIÓN DE INDIVIDUOS EXPERIMENTALES……17

7.2. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS ……17

7.3 PESCA, MANEJO Y CUARENTENA ……18

7.4. IDENTIFICACION EMBALAJE. ……19

7.5.TRANSPORTE…… 20

7.6. BIOMETRIA…… 21

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ……23

8.1. MORTALIDAD, MORBILIDAD Y ESTADO GENERAL DE LOS INDIVIDUOS ……23

8.3. PARAMETROS FISICOQUÍMICOS. ……24

9. VIABILIDAD ECONOMICA……32

10. CONCLUSIONES ……34

11. RECOMENDACIONES ……35

12. BIBLIOGRAFÍA……36

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

**Fotografía 1:** Ejemplar adulto de *Pterophyllum scalare* **5**

**Fotografía 2:** Instalaciones Ángel Fish Ltda. **16**
**Fotografía 3:** Individuos experimentales. **17**
**Fotografía 4:** Bolsa polietileno **19**
**Fotografía 5:** Empaque doble bolsa **19**
**Fotografía 6:** Medición de la longitud estándar **20**
**Fotografía 7:** Sistema multi-sonda **21**
**Fotografía 8:** Medición parámetros físico-químicos **21**

## ÍNDICE DE TABLAS

**TABLA1**. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS ÓPTIMOS PARA LA SUPERVIVENCIA DE LA ESPECIE **6**

**TABLA 2.** QUÍMICOS PROFILÁCTICOS COMÚNMENTE UTILIZADOS EN PECES ORNAMENTALES (CROSBY *ET. AL,* 2014) **10**

**TABLA 3.** DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS (DENSIDAD EN GRAMOS DE BIOMASA POR LITRO EN INDIVIDUOS POR BOLSA).**18**

**TABLA 4.** PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS MÁS RELEVANTES EN EL AGUA DESPUÉS DE 12 HORAS DE TRANSPORTE DE ESCALARES JUVENILES EMPACADOS A DIFERENTES DENSIDADES (VALORES SON MEDIAS ±). **24**

**TABLA 5.** GASES DISUELTOS EN EL AGUA DESPUÉS DE 12 HORAS DE TRANSPORTE DE ESCALARES JUVENILES EMPACADOS A DIFERENTES DENSIDADES (VALORES SON MEDIAS ±). **26**

**TABLA 6.** PARÁMETROS FÍSICOSQUÍMICOS RELACIONADOS CON LA CANTIDAD DE MINERALES EN EL AGUA DESPUÉS DE 12 HORAS DE TRANSPORTE DE ESCALARES JUVENILES EMPACADOS A DIFERENTES DENSIDADES (VALORES SON MEDIAS ±). **27**

**TABLA 7.** TABLA 7AUMENTO EN LA CONDUCTIVIDAD, SOLIDOS DISUELTOS Y ALCALINIDAD EN EL AGUA DESPUÉS DE 12 HORAS DE TRANSPORTE DE ESCALARES JUVENILES EMPACADOS A DIFERENTES DENSIDADES (VALORES SON MEDIAS ±). **28**

**TABLA 8**.CONCENTRACIÓN DE PRODUCTOS NITROGENADOS EN EL AGUA DESPUÉS DE 12 HORAS DE TRANSPORTE DE ESCALARES JUVENILES EMPACADOS A DIFERENTES DENSIDADES (VALORES SON MEDIAS ±). **29**

**TABLA 9**.DINÁMICA EN LA CONCENTRACIÓN DEL DIÓXIDO DE CARBONO Y LA DISMINUCIÓN DEL PH EN EL AGUA DESPUÉS DE 12 HORAS DE TRANSPORTE DE ESCALARES JUVENILES EMPACADOS A DIFERENTES DENSIDADES (VALORES SON MEDIAS ±). **30**

**TABLA 10.** DESCRIPCIÓN DE GASTOS DE TRANSPORTE POR CAJA. **32**

**TABLA 11.** COSTO DE TRASPORTE POR INDIVIDUOS PARA CADA TRATAMIENTO. **32**

## RESUMEN

El pez ángel *Pterophyllum scalare* es una de las principales especies de interés ornamental, ampliamente explotada en Colombia con fines de exportación. Objetivo Determinar la densidad de empaque más apropiada para el transporte de juveniles de pez escalar, que asegure bajos porcentajes de mortalidad, garantizando la calidad de los peces en el posterior periodo de acopio. Se utilizaron 405 escalares distribuidos aleatoriamente en seis tratamientos(T) de talla comercial 5,28 ± 0,78 cm de longitud total, 3,36 ± 0,42 cm longitud estándar y 2,1 ± 0,5 g de peso de la variedad mármol, la recolección de datos de calidad de agua; pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y sólidos en suspensión se utilizó un sistema multi- sonda YSI 556 MPS.No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto al pH al finalizar el experimento Sin embargo, se observó una marcada tendencia hacia la baja si se tiene en cuenta que el pH inicial para el empaque fue de 7.26. Esta tendencia fue generalizada y no presentó relación con la densidad de empaque.



**Palabras Clave:** Pez escalar, empaque, calidad agua.



## ABSTRACT

Angelfish Pterophyllum scalare is one of the main species of ornamental interest, widely exploited in Colombia for export. To determine the density most appropriate packaging for transport of juvenile fish scale that ensures low mortality rates, ensuring the quality of the fish in the period of collection. Scalar 405 were randomly distributed in six treatments (T) of commercial size 5.28 + 0.78 cm in length, 3.36 + 0.42 cm standard length and 2.1 + 0.5 g of weight marble variety, collecting water quality data; pH, temperature, electrical conductivity, dissolved oxygen and suspended solids a multi-probe system YSI 556 MPS. Not significant differences between treatments for pH were observed at the end of the experiment was used, however, a marked trend was downward if one considers that the initial pH was 7.26 packaging. This trend was widespread and was not related to the packing density.



**Key Words:** Fish scale, packaging, quality water.

# 1. INTRODUCCION

Anualmente en el mundo son comercializados 150 millones de peces ornamentales, los cuales representan un equivalente a 7 billones de dólares (Chapman, 2006). El mercado de peces ornamentales en Estados Unidos mueve aproximadamente 1.5 billones de dólares al año (Chapman, 1997), como la producción de los americanos no suple la demanda estos se ven obligados a importar gran cantidad de peces desde Asia y América latina (Rowland y Cox, 1998). Por esta razón la producción y comercialización masiva de peces ornamentales se convierte en una alternativa económica viable para los países tropicales en vía de desarrollo (Phang, 2011).

Los ciclidos nativos como el escalar (*Pterophyllum scalare*), el disco (*Simphysodon sp*) y el óscar (*Astronotus ocellatus*) están entre las principales especies importadas por los americanos (Chapman *et. al,* 1997). Algunas variedades de escalar producidas en cautiverio presentan mayor valor comercial que los capturados en la naturaleza. Estás variedades fueron desarrolladas por criadores de Asia, Europa y Estado Unidos (Ribeiro, 2007).

En Colombia el comercio de peces ornamentales representa una alternativa productiva generadora de divisas, que se ha mantenido latente en el país por más de 60 años (Huanqui, 2002), sin embargo hasta la fecha se ha mantenido en un bajo nivel competitivo debido a que el 98% de sus exportaciones provienen de captura extractiva, situación que logra poner en riesgo la sostenibilidad económica y ambiental del sector (Instituto Von Humboldt, 2012).

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los peces ángel *Pterophyllum scalare* y *Pterophyllum altum* son las principales especies de ciclidos exportados por el país (Lasso *et. al*, 2009) sin embargo no cuentan con protocolos de embalaje y transporte estandarizados que garanticen su supervivencia y aseguren su calidad (Sáenz, comunicación personal 2014).

Los altos costos de los fletes aéreos y terrestres son en la actualidad el principal factor limitante en el transporte de peces a nivel nacional, obligando a los productores, pescadores y acopiadores a trabajar altas densidades de empaque actuando en detrimento de la supervivencia y calidad del producto. Esta situación coloca al sector en desventaja competitiva frente a otros países exportadores como Singapur y Malasia (Urueña, comunicación personal 2014).

## 3. JUSTIFICACIÓN

El acuarismo es el hobby más popular, con millones de entusiastas en el mundo entero. Dada la gran variedad de especies tropicales se ha establecido un comercio intercontinental desde hace más de 2 siglos entre Europa, Asia y América, sometiendo los peces a grandes jornadas de trasporte terrestre y aéreo antes de llegar al cliente final (Livengood y Chapman, 2009).

El transporte de peces vivos en bolsas de polietileno selladas es el método más utilizado, sin embargo los productos de excreción como amonio, moco, alimentos regurgitados, heces y sustancias liberadas por el estrés, se acumulan dentro del contenedor (Berka, 1986) siendo todos estos el punto de partida para el deterioro en la calidad del agua, disminuyendo los niveles de oxígeno disuelto y aumentando los niveles dióxido de carbono y amonio en el medio.

Los procesos de empaque y transporte están directamente relacionados con la supervivencia, sanidad y calidad de los peces ornamentales afectando su comercialización (Crosby *et. al,* 2011).Las altas densidades y el alto gasto metabólico en el transporte afectan el agua de empaque siendo el principal factor de manejo para garantizar la calidad de los peces comercializados por esta razón se ha señalado como un factor crítico en el mercadeo (Lim *et.al*, 2003).

En la actualidad la gran mayoría de las especies que se utilizan para exportación no cuentan con protocolos específicos para los procesos de empaque y transporte que garanticen no solo bajos porcentajes de mortalidad y el óptimo estado sanitario de los peces, sino que también aseguren el valor económico de cada uno de estos (Blanco, 2002).

# 4. OBJETIVOS

## 4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la densidad de empaque más apropiada para el transporte de juveniles de pez escalar, que asegure bajos porcentajes de mortalidad, garantizando la calidad de los peces en el posterior periodo de acopio.

## 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la influencia de la densidad de transporte sobre la supervivencia de juveniles de escalar (*Pterophyllum scalare).*
- Determinar los efectos del stress de transporte sobre la calidad de los individuos empacados.
- Identificar los cambios en los parámetros fisicoquímicos del agua durante el transporte de la especie, asociados a la densidad de empaque.
- Establecer la densidad de transporte más adecuada para los juveniles de *Pterophyllum scalare.*
- Determinar que densidad genera menores costos por individuo transportado.

# 5. MARCO TEORICO

## 5.1. Descripción de la especie

**Fotografía 1.** Ejemplar adulto de *Pterophyllum scalare*

Es un pez de cuerpo discoidal, de costados aplanados y alto. Cabeza corta, con una región fronto-nasal cóncava y la boca pequeña, aletas grandes y desarrolladas, la dorsal y anal son las más grandes y desplegadas, las aletas pélvicas son alargadas y filiformes en la parte distal, piel cubierta de escamas ásperas, con coloraciónn variada. Boca terminal, protráctil con dientes cónicos localizados en las dos maxilas. El escalar se puede encontrar en diversas variedades cromáticas obtenidas por la selección durante la cría selectiva, algunas de color uniforme, otras amarillo o casi blanco con reflejos plateados o dorados, otras tienen jaspeado negro sobre el fondo claro o viceversa; mientras que otras presentan unas bandas verticales negras sobre un color de base blanco o plateado (Landines et. al, 2007).

La madurez sexual es alcanzada entre los 9 y 12 meses de edad, pudiendo ser un poco más rápida o más retardada influenciada en gran medida por las condiciones ambientales (parámetros físico químicos del agua) y el tipo de nutrición al que sean sometidos, algunos autores reportan que las condiciones ideales para la reproducción son las siguientes: pH de 6,8 a 7,2, la dureza de carbonatos no debe ser mayor a 100mg/L, la temperatura debe estar comprendida entre los 26 y 30°C (Pérez *et, al.* 2003) los niveles de nitratos deben estar por debajo de los 100mg/L los recambios parciales de agua deben ser frecuentes, además recomiendan que deben tener acceso a un periodo lumínico diario entre 8 a 12 horas/día (Pérez, 2002).

## 5.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA Y HABITAT

Se reporta en la cuenca Amazónica en países como Colombia, Brasil y Perú (Chao *et. al*, 2001). En Colombia se encuentra en los Departamentos de Amazonas, Caquetá y Putumayo, también se ha reportado en la cuenca del Orinoco en los departamentos del Meta y Guaviare. Se encuentra principalmente en zonas de desembocadura de afluentes menores a los grandes ríos, sin embargo prefiere los caños, chucuas y morichales donde haya abundante material vegetal (Landines *et. al*, 2007).

**Tabla 1.** Parámetros Físicoquímicos óptimos para la supervivencia de la especie

| | |
|---|---|
| **Temperatura (ºC)** | 25 – 29 |
| **pH** | 5 – 8 |
| **Dureza (mg/L)** | 4 – 6 |
| **Turbidez** | Baja |
| **Conductividad** | Baja |

Se reporta su cria en cautiverio en departamentos como el Meta, Valle y Cundinamarca (Arias y Aya, 2009). En Europa, Asia y Norte América existen criaderos especializados desde hace varios años (Ribeiro, 2007).

## 5.3. IMPORTANCIA COMERCIAL

Esta especie viene comercializándose como pez ornamental desde la década del setenta, fue incluida en la resolución 080 del 28 Noviembre de 1991, la cual legalizaba su mercado en Colombia (Mancera y Álvarez, 2008). De igual manera países como Perú y Brasil comercializan ejemplares, se estima que se encuentra dentro de las 10 especies más apreciadas por los acuaristas a nivel mundial (Ribeiro *et. al,* 2011).

La demanda insatisfecha y la baja calidad de los individuos provenientes de la captura impulso a los criadores Asiáticos a generar paquetes productivos en esta especie desplazando paulatinamente a los productores de Sur América (Lim *et. al,* 2003). Pese a esta situación, la aparición de variedades genéticamente mejoradas ha impulsado el mercado de esta especie haciéndolo bastante competitivo (Arias *et. al,* 2009).

Actualmente no existen estadísticas oficiales acerca de la cantidad de individuos exportados de esta especie en nuestro país (no hay discriminación por especie), sin embargo muchos exportadores la reconocen como una especie de gran potencial. Se calcula que mensualmente son importados por los Estados Unidos 127.534 ejemplares (Chapman, 2006), esta es una breve muestra del potencial de esta especie.

## 5.4. NORMATIVIDAD

Resolución 0190 del 10 de Mayo de 1995 prohíbe la pesca, almacenamiento, comercialización y transporte de peces ornamentales en la Orinoquia Colombiana del 1 de Mayo al 30 de Junio. Este solo cubre los peces provenientes de la captura y no los criados en cautiverio. Están incluidos dentro de la resolución 3532 de 2003 del Instituto Colombiano de Desarrollo Rural INCODER y es ratificada en la resolución 1924 del 3 Noviembre de 2015 de AUNAP.

## 5.5. TALLAS DE COMERCIALIZACIÓN Y ACOPIO

Esta especie se comercializa en diferentes tallas que van desde 2 cm de longitud total hasta individuos adultos, siendo la talla de 5 cm de longitud total la más apetecida en el mercado (Saenz, Comunicación personal 2014), una explicacion a esta tendencia es que los peces jovenes de esta especie no presentan comportamiento territorial, facilitando su manejo en acuario debido a su baja agresividad (Cacho *et. al,* 1999).

Al igual que en muchas especies ornamentales su proceso de acopio y empaque no se ha estandarizado causando grandes pérdidas económicas por mortalidad y baja calidad del producto (Ávila y Ladino, 2005).

# 6. TÉCNICAS DE EMPAQUE EN PECES ORNAMENTALES

## 6.1. GENERALIDADES EN EL TRANSPORTE DE PECES ORNAMENTALES.

La práctica más comúnmente utilizada para el transporte de peces ornamentales es el uso de bolsas plásticas infladas con oxígeno puro y cerradas con bandas de caucho, esto debido a las largas distancias que deben recorrer (Cole *et. al,* 1999).

Existen dos tipos de bolsas de acuerdo al país de origen de los peces ornamentales, *fondo cuadrado* las cuales son utilizadas por los criadores norteamericanos y suramericanos (Crosby *et. al,* 2011) y *tubular o en forma de almohada* las cuales son ampliamente usadas por los criadores asiáticos (Lim *et. al,* 2003). No se ha demostrado diferencia en la supervivencia o calidad de los peces de acuerdo al tipo de bolsa y este se debe principalmente a la disponibilidad en el país de origen.

El tamaño de la bolsas varía de acuerdo a las especie, talla y número de individuos a transportar, van desde 7.5 x 17.5 cm hasta 55 x 40 cm. Usualmente contienen de 3 a 7 litros de agua, la cantidad de oxigeno va desde el 65 hasta el 80% del volumen total de la bolsa.

Las bolsas son depositadas en cajas de cartón corrugado cuya dimensión varía de acuerdo al país de destino, empresa exportadora y especie comercializada. Generalmente dichas cajas son recubiertas por láminas de icopor con el fin de disminuir los cambios bruscos de temperatura. Existen tres cajas estandarizadas Florida (42.5 x 42.5 x 25 cm), Hawai (68 x 34 x 25 cm) y Asia (60 x 42 x 30cm).

El tiempo de transporte es un factor clave a la hora de seleccionar el tipo de empaque a utilizar, por ende es la primera consideración que se debe tener en cuenta al preparar los implementos antes del despacho.

## 6.2. PROCEDIMIENTOS ASOCIADOS AL TRANSPORTE DE PECES ORNAMENTALES

A través de los años muchas empresas en especial de sudeste asiático han desarrollado diferentes protocolos orientados a preparar los peces antes del despacho, con el fin de asegurar resistencia al estrés, buena calidad del producto y una alta tasa de supervivencia hasta 7 días después del transporte (Crosby *et. al*, 2011).

### 6.2.1. AYUNO Y CUARENTENA

Es uno de los métodos más comúnmente utilizados por criadores y comercializadores en todo el mundo, este método se viene utilizando desde el siglo XIX (McCraren, 1978 citado por Lim *et. al,* 2003).

El tiempo de ayuno varía desde 3 hasta 7 días el objetivo es el vaciamiento estomacal e intestinal para así evitar la contaminación de la bolsas con heces o alimento regurgitado (Phang, 2011), adicionalmente se asegura el control de calidad evitando la comercialización de individuos enfermos o indeseables.

Se ha demostrado que el ayuno reduce la tasa metabólica en algunas especies de peces ornamentales, siendo este uno de los principales objetivos antes del transporte (Theo y Chen, 1993, Chow et. al, 1994 citados por Lim *et. al,* 2003).

Generalmente se realiza en contenedores plásticos o de vidrio con aireación permanente, los países de Unión Europea requieren certificados zoosanitarios que garanticen este procedimiento para el ingreso de peces ornamentales a su territorio (Instituto Von Humboldt, 2012).

### 6.2.2. PROFILAXIS Y CONTROL DE ENFERMEDADES

Antes y durante el periodo de ayuno los peces son medicados con diferentes químicos con el fin de eliminar parásitos externos, disminuir la flora microbiana presente en el intestino y piel, evitando de esta manera futuras infecciones (Crosby *et. al,* 2014). Entre estos se destacan:

**Tabla 2.** Químicos profilácticos comúnmente utilizados en peces ornamentales (Crosby *et. al,* 2014)

| Tipo | Medicamentos comúnmente utilizados |
|---|---|
| **Antiparasitarios** | Formol, verde de malaquita, permanganato de potasio. |
| **Antibióticos** | Oxitetraciclina, tetraciclina, nitrofurazone. |
| **Otros** | Azul de metileno, acriflavina. |

Se ha utilizado la suplementación con vitamina C y ácido ascórbico como agentes que promueven la resistencia a enfermedades y la formación de colágeno, adicionalmente disminuyen el estrés (Menasveta, 1994, citado por Lim *et. al,* 2011). La profilaxis nutricional usando vitamina C es eficiente aumentando la resistencia al estrés, en muchas especies de

peces ornamentales (Lim *et.al*, 2002; Lim *et. al,* 2003).

### 6.2.3. ADITIVOS USADOS EN SISTEMA DE EMPAQUE DE PECES ORNAMENTALES

Desde hace más de 20 años se han desarrollado diferentes aditivos en el empaque de peces con el fin de reducir el estrés o estabilizar la calidad del agua tratando de incrementar la supervivencia. Se reconocen 3 categorías:

**Sedantes**

Los sedantes comúnmente utilizados son la quinaldina o sulfato de quinaldina y el metanosulfato de tricadina (MS - 222), los cuales proveen una tranquilizaron efectiva disminuyendo la tasa metabólica y previniendo daños por saltos o nado dentro de las bolsas (Cole *et. al*, 1999).

En el transporte nacional no se ha masificado el uso de estas sustancias principalmente por su alto costo comercial y por el daño que pueden causar en el epitelio branquial (Velasco *et. al*, 2008).

**Estabilizadores**

En esta categoría esta incluidos los buffers, la zeolita, carbón activado, cloruro de sodio y hielo, el objetivo de estos es asegurar una óptima calidad físicoquímica del agua de empaque.

El uso de algunos buffers no se ha difundido ampliamente, pues hay una reacción directamente proporcional entre el pH alcalino y la concentración de amonio tóxico (Francis *et. al,* 2009).

El uso de zeolita en el agua de empaque ha demostrado que retiene contaminantes como el amonio ($NH_4^+$) a través de un proceso de intercambio catiónico disminuyendo la demanda química de oxígeno, los cationes de calcio (Ca) y de magnesio (Mg) son removidos de las estructuras de las zeolitas, mediante un proceso de intercambio iónico, por iones de sodio (Na). El uso de resinas como la zeolita se ve limitado por el gran volumen de desechos ácidos que se forman durante los procesos de

regeneración. Las zeolitas naturales en su modificación de cationada (h - zeolita) remplazan al calcio y al magnesio en el agua por hidrogeno en lugar del sodio formando ácido carbónico (Torri, 1978 citado por Baldiceroto et. al, 2007). La zeolita tiende a saturarse en altas concentraciones de amonio, iniciando su proceso de regeneración y liberación del mismo (Cole *et. al*, 1999).

El cloruro de sodio es el aditivo de uso común más utilizado en el transporte de peces ornamentales pues se ha demostrado que aumenta la resistencia al estrés y disminuye efectivamente los disturbios osmoregulatorios (Lim *et. al*, 2007; Ramírez *et. al*, 2013; Vásquez *et. al*, 2012).

**Antibióticos**

La legislación de muchos países prohíbe el uso de antibióticos en el agua de transporte. Por esta razón están totalmente contraindicados en este procedimiento.

### 6.3. CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua es un factor limitante en el transporte de peces vivos, porque los productos de desecho suelen acumularse en las bolsas (Wurts, 2010, Pakhiraa *et. al,* 2015).

El amonio y el dióxido de carbono son los principales metabolitos acumulados en el agua de las bolsas usadas para el transporte de peces ornamentales, pues suelen usarse bajos volúmenes y altas densidades (Swann, 1992; Lim *et. al,* 2003).

Kubitza (2009) reporta un aumento en la cantidad de sólidos en suspensión en el agua posterior al transporte de peces ornamentales.

### 6.3.1. OXÍGENO DISUELTO

Las bolsas de fondo cuadrado y tubular son ideales en el transporte de peces ornamentales porque proveen una amplia superficie de intercambio entre el oxígeno y el agua, maximizando la difusión de este y reduciendo las zonas muertas (oxÍgeno reducido). Generalmente se utiliza una relación 1:4 o 1:2 agua : oxígeno. Durante el transporte los niveles de oxígeno disminuyen y aumenta el dióxido de carbono por la respiración de los peces lo cual puede resultar en altas mortalidades (Crosby *et. al,* 2014).

### 6.3.2. pH Y DIÓXIDO DE CARBONO

El consumo de oxigeno aumenta en el estrés por el transporte (Reebs, 2009), al mismo tiempo la excreción dióxido de carbono (principal metabolito respiratorio), pudiendo disminuir el pH del agua de transporte por la formación de ácido carbónico (Paterson *et. al*, 2003; Pavlidis *et. al,* 2003). Esta situación disminuye la capacidad de la hemoglobina en el transporte de oxigeno incrementando el número de celulas rojas circulantes induciendo una acidosis metabólica (Paterson *et. al,* 2003).

### 6.3.3. AMONIO Y CONTAMINANTES NITROGENADOS

El amonio es el principal desecho nitrogenado excretado por los peces. Se ha demostrado una relación positiva entre la densidad de empaque y la concentración de amonio en las bolsas de transporte; el amonio inhibe la habilidad de la hemoglobina para combinarse con el oxígeno causando la muerte el individuo (Brockway, 1950 citado por Pavlidis *et. al,* 2003).

Este compuesto se puede encontrar en dos formas ionizado y no ionizado, siendo este último el más tóxico y aumenta a medida que la temperatura y el pH del agua se incrementan (Swann, 1992; Golombieski *et. al*, 2003; Paterson *et. al*, 2003; Pavlidis *et. al*, 2003).

## 6.4. ALTERACIONES FISIOLÓGICAS DURANTE EL TRANSPORTE DE PECES ORNAMENTALES.

.

El alto costo de los fletes aéreos y terrestres obliga a los acopiadores a utilizar altas densidades y poca cantidad de agua al movilizar sus productos. Esta situación es contradictoria pues la alta densidad está asociada a elevados porcentajes de mortalidad (Epifanio y Garvine, 2001; Golombieski *et. al*, 2003; Paterson *et. al*, 2003; Pavlidis *et. al*, 2003).

Las pérdidas económicas por mortalidad en el transporte de peces ornamentales son cuantiosas y varían de acuerdo a la especie y el tiempo de viaje, por esta razón es necesario estandarizar las metodologías de empaque de cada una (Cole *et. al*, 1999; Crosby *et. al,* 2011).

*En Colombia no existen estadísticas asociadas a este fenómeno* y generalmente la información es ocultada por los acopiadores con el fin de proteger sus negocios de posibles intervenciones de autoridades ambientales, sin embargo algunos exportadores reportan pérdidas superiores al 40% en el transporte nacional antes de llegar a sus bodegas.

Prácticas acuícolas frecuentes, como manipulación y transporte actúan como factores estresantes que desencadenan un conjunto de respuestas fisiológicas en el pez, afectando diferentes sistemas y finalmente causando la muerte del individuo por diferentes vías:

**Hipoxia:** Inicialmente el dióxido de carbono es excretado al agua por medio de las branquias en el proceso de respiración, mientras este compuesto se acumula en el agua, se reduce el pH por la formación de ácido carbónico, disminuyendo la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno (Wedemeyer, 1996 citado por Crosby, 2014).

Adicionalmente hay acumulación de amonio ($NH_4^+$) el cual dependiendo de la temperatura y el pH aumenta en su fracción tóxica (amonio no ionizado) ($NH_3$), la cual es más afín por la hemoglobina que el mismo oxígeno. Esta dinámica química conlleva a hipoxia en los tejidos pese a que la concentración de oxígeno disuelto en el agua sea favorable (Post, 1987 citado por Cole *et. al*, 1999). Esta condición es especialmente peligrosa en pH y temperaturas elevados.

**Desequilibrio osmótico:** El amonio es un elemento extremadamente acumulativo en los tejidos de los peces, afectando principalmente la permeabilidad branquial lo cual facilita la pérdida de electrolitos hacia el agua, principalmente sodio y cloro (Bonga, 1997), causando un desequilibrio de electrolitos y por ende problemas en la osmoregulacion, la adición de sal en al agua de transporte reduce efectivamente la mortalidad por esta causa (Carneiro y Urbinati, 2001).

El bajo pH causado por la acumulación de dióxido de carbono en la sangre trata de ser estabilizado por los carbonatos en el torrente sanguineo; las células ricas en mitocondrias tratan de mantener el pH plasmático equilibrado usando bombas iónicas que intercambian iones ácidos por sodio (Na), agravando el problema de desequilibrio osmótico (Paterson *et. al*, 2003).

**Acidosis metabólica:** El deterioro de la calidad de agua ocurre rápidamente durante la primera y segunda hora después del empaque, de ahí en adelante los cambios ocurren en forma de circulo vicioso (Chow *et. al*, 1994 citado por Paterson *et. al*, 2003) la acumulación de amonio ($NH_3$) y dióxido de carbono ($CO_2$) desencadena un proceso de compensación de las células rojas con un aumento en el hematocrito y un desbalance electrolítico que finalmente desencadena una acidosis metabólica la cual es la principal causa de muerte (Paterson *et. al,* 2003).

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se llevó a cabo en la granja de producción de la empresa Ángel Fish Ltda, ubicada en el predio Villa Alejandra, Vereda San José, municipio de Acacías, Meta (440 m.s.n.m) y en la bodega de acopio de la misma empresa ubicada en el barrio Engativá, en la ciudad de Bogotá.

**Fotografía 2:** Instalaciones Ángel Fish

## 7.1. SELECCIÓN DE INDIVIDUOS EXPERIMENTALES

Los 405 ejemplares seleccionados para el experimento se tomaron de un lote de 600 peces de *P. scalare* (variedad mármol) de la empresa Ángel Fish Ltda, destinados para su comercialización, los cuales presentaban una edad promedio de 90 días

**Fotografía 3:** Individuos experimentales.

## 7.2. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Se utilizaron 405 escalares de talla comercial 5,28 ± 0,78 cm de longitud total, 3,36 ± 0,42 cm longitud estándar y 2,1 ± 0,5 g de peso de la variedad mármol. Estos se distribuyeron y transportaron en bolsas de polietileno con fondo cuadrado (24 x 17 x 50 cm), a las cuales se les adiciono 3 litros de agua sin *ningúnn aditivo* (con el fin de simular condiciones reales de empaque) y 3 litros de oxígeno (proporción 1:1). Cada tratamiento contó con tres réplicas, de la siguiente manera.

**Tabla 3.** Descripción de los tratamientos (Densidad en gramos de biomasa por litro en individuos por bolsa).

| TRATAMIENTO | g / L | Individuos / Bolsa |
|---|---|---|
| **1** | 7 | 10 |
| **2** | 10.5 | 15 |
| **3** | 14 | 20 |
| **4** | 17.5 | 25 |
| **5** | 21 | 30 |
| **6** | 24.5 | 35 |

### 7.3 PESCA, MANEJO Y CUARENTENA

Los individuos experimentales fueron mantenidos en tres jaulas flotantes de 2.700 litros a una densidad de 0.07 individuos/L en su periodo de finalización durante aproximadamente 45 días.

Se recolectaron usando nasas de angeo fino para evitar daños en las aletas, posteriormente se depositaron en tanques de 250 litros para su traslado a la sala de cuarentena.

Se realizó el proceso de selección manual de los ejemplares, con el fin de contarlos, descartar los individuos fuera del rango comercial (grande o pequeño) o con aletas dañadas o cicatrices y distribuirlos en los contenedores de cuarentena.

Se distribuyeron un total de 480 individuos comerciales en 16 contenedores plásticos de 30 litros de capacidad, con aireación permanente, a una densidad de 1 individuo/L, allí se les aplicó un tratamiento profiláctico con sal (1 g/L) y formol (0.1 ppm), con el fin de retirar parásitos externos y mejorar el moco corporal (Crosby *et. al*, 2011).
Los ejemplares guardaron ayuno durante 3 días antes de su transporte (Lim *et. al*, 2007). Se realizó recambio diario del 20% del agua de cada contenedor.

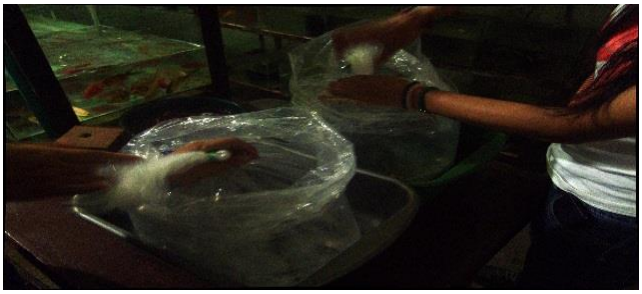
## 7.4. IDENTIFICACION Y EMBALAJE.

Se tomaron 16 bolsas de polietileno de fondo cuadrado (24 cm largo x 17 cm ancho x 50 cm alto) y se estimó su relación de volumen - altura mediante una regla de tres; posteriormente se marcó el nivel del agua (3 Litros) y del oxígeno (3 litros) en cada bolsa para establecer una relación 1:1, adicionalmente se marcó el tratamiento a que correspondían en la parte inferior izquierda, usando un marcador indeleble para conservar las marcas pese a la humedad de las bolsas.

**Fotografía 4** Bolsa polietileno

Cada bolsa se llenó con 3 litros de agua usando un balde aforado. Los peces fueron depositados y contados de acuerdo a cada tratamiento registrado en la bolsa, para dicho procedimiento se usó un colador de angeo con el fin de evitar la manipulación directa de los individuos.

Cada bolsa se colocó dentro de otra igual (reembolsar) con el fin de dar mayor seguridad a los individuos, este procedimiento se realiza usualmente en todos los despachos.



**Fotografía 5.** Empaque con doble bolsa

El oxígeno se suministró de forma directa desde una bala industrial usando una manguera de caucho de ¼ de pulgada con llave reguladora, se garantizó que llegase hasta la marca realizada con anterioridad y posteriormente se sellaron usando ligas de caucho.

Las bolsas fueron depositadas en cajas recicladas de cartón corrugado de 38 cm de largo, 22 cm de ancho y 32 cm de alto (2 bolsas por caja), estas fueron selladas con cinta adhesiva industrial.

### 7.5. TRANSPORTE.

Las cajas se depositaron dentro de un vehículo automotor y se realizó el recorrido Acacías – Bogotá que duró 5 horas.

### 7.6. BIOMETRIA.

Se evitó la manipulación de los individuos experimentales (405) con el fin de simular condiciones *reales de empaque*, adicional a esto se *disminuyó el estrés* de los animales y la *posible alteración de los datos* (Cole *et. al*, 1999).

Para la biometría se usaron los 75 individuos restantes equivalentes al 15.6% del total de la población. Fueron medidos usando un calibrador metálico pie de rey (Fotografía 4) y pesados usando una balanza digital Ohasus® Traveler con 0.001 gr de precisión.

**Fotografía 6.** Medición de la longitud estándar

## 7.7. CALIDAD DE AGUA

Para la recolección de datos de calidad de agua; pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y sólidos en suspensión se utilizó un sistema multi- sonda YSI 556 MPS.

Para los parámetros concentración de dióxido de carbono, alcalinidad y Dureza total se utilizó el método por titulación del Kit Hach® FF 1A y para medir la concentración de contaminantes nitrogenados (amonio, nitritos y nitratos) se uso el método colorimétrico del Kit Hach® FF 1ª el cual tiene un alto nivel de confiabilidad (Higuera y Gonzáles, 2006).

**Fotografia 7.** Sistema multi-sonda y kit Hach FF 1A

Las bolsas estuvieron selladas durante un periodo de 12 horas, incluyendo las 5 horas de transporte terrestre, posteriormente fueron abiertas una a una y medidos sus parámetros fisico-químicos antes de sacar los peces.

**Fotografía 8.** Medición de parámetros fisicoquimicos.

## 7.8. MORTALIDAD, MORBILIDAD E INDIVIDUOS COMERCIALES

Se registró el número de individuos muertos dentro de cada una de las bolsas, para determinar el **%** *de mortalidad* (Número de individuos muertos X 100/ número de individuos empacados). Adicionalmente mediante un proceso manual se determinó el número de individuos enfermos (perdida del eje de nado, letargia, aumento en la frecuencia respiratoria o hemorragias en la base de las aletas), lacerados o con aletas dañadas, con el fin de calcular el **%** *de Morbilidad* (Número de individuos enfermos X 100/ número de individuos empacados).

Los ejemplares fueron aclimatados durante 2 minutos y se liberaron en acuarios de 40 litros de acuerdo a cada tratamiento. Estos fueron monitoreados durante tres días de acopio (acopio promedio registrado en las bodegas de exportación). En este tiempo se registró la mortalidad, morbilidad y el número de individuos comerciales finales.

## 7.9. ANÁLISIS DE DATOS

Se utilizó un diseño experimental totalmente al azar con 6 tratamientos con 3 repeticiones cada uno. Cada bolsa se consideró como una unidad experimental. Se aplicó un análisis de varianza (ANAVA). La separacion de medias se realizó mediante prueba de Tukey ($P<0.05$) para esto se utilizó el software estadístico SAS® 9.1 (2002 - 2003).

# 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 8.1. MORTALIDAD, MORBILIDAD Y ESTADO GENERAL DE LOS INDIVIDUOS

Muestra de esto es que no se observó mortalidad en los tratamientos en ninguna de las fases del experimento, cuarentena, empaque, transporte o acopio final. El transporte de peces es un proceso necesario en la actividad acuícola sin embargo es prioritario garantizar condiciones óptimas a los individuos antes de su empaque para que tengan resistencia al estrés (Cole *et. al,* 1999; Lim *et. al,* 2002; Crosby *et. al,* 2014).

Probablemente la nula mortalidad se debe a que los procesos antes mencionados son realizados de manera rutinaria bajo un protocolo estandarizado que reduce la manipulación y por ende el estrés de los individuos.

Pese a que la metodología que se aplicó para determinar cuáles individuos estaban enfermos fue bastante rigurosa, pues incluía desde animales letárgicos hasta con aletas dañadas, no se evidencio presencia de ninguna de estas patologías.

No se observaron daños macroscópicos que impidan la comercialización de los ejemplares experimentales posterior al transporte, estos se mantuvieron alerta, con natación coordinada y una frecuencia respiratoria normal, lo cual indica que no presentaron procesos de hipoxia durante el transporte (Reebs, 2009) y superaron satisfactoriamente los desequilibrios electrolíticos (Paterson *et. al*, 2003).

## 8.3. PARAMETROS FISICOQUÍMICOS.

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto al pH al finalizar el experimento (Tabla 4), estando entre los rangos óptimos reportados para la especie (Landines *et. al*, 2007). Sin embargo, se observó una marcada tendencia hacia la baja (Tabla 8) si se tiene en cuenta que el pH inicial para el empaque fue de 7.26. Esta tendencia fue generalizada y no presentó relación con la densidad de empaque. Estas apreciaciones coinciden con las reportadas por varios autores en diferentes especies (Wurts, 2010; Paterson *et. al,* 2010; Pakhira *et. al*, 2015)

Se evidencia una capacidad de los peces por mantener regulado el pH dentro de las bolsas mediante el uso de diferentes sistemas de regulación osmótica (Paterson *et. al,* 2003), sin embargo se advierte que al aumentar la densidad aumenta el dióxido de carbono y por ende la formación de ácido carbónico, afectando aún más a los ejemplares, siendo esta la principal causa de estrés.

**Tabla 4.** Parámetros físicoquímicos más relevantes en el agua después de 12 horas de transporte de escalares juveniles empacados a diferentes densidades (valores son medias ±).

| DENSIDAD (gr/L) | pH | Temperatura (°C) |
|---|---|---|
| **7** | 6.7 ± 0.1 a | 23 ± 0.0 c |
| **10.5** | 6.4 ± 0.1 a | 23 ± 0.5 bc |
| **14** | 5.8 ± 1.2 a | 24 ± 0.0 abc |
| **17.5** | 6.5 ± 0.1 a | 23 ± 0.5 bc |
| **21** | 6.6 ± 0.1 a | 24 ± 0.5 a |
| **24.5** | 6.7 ± 0.09 a | 24 ± 0.5 ab |

*Letras diferentes expresan diferencias significativas por la prueba de Tukey (P<0,05)

Se observaron diferencias significativas en la temperatura del agua de las bolsas, siendo el tratamiento 5 el que presento la mayor temperatura, sin embargo se descarta una interacción entre la densidad de empaque y la temperatura, pues no se evidencia una tendencia estadística; probablemente esta situación se debe a la posición de las cajas dentro del vehículo, pues estas no llevaban laminas aislantes de polyestireno como es recomendado.

No se observa un marcado consumo de oxigeno ni una tendencia que relacione este fenómeno con la densidad de empaque (Tabla 5) pues se encontraron concentraciones por encima del punto de saturación e inclusive 3 veces mayor que el agua usada para el empaque donde se encontraba en 5.16 mg/L. Esta situación demuestra que la inyección de oxígeno a las bolsas a la hora del transporte es muy eficiente y en esta ocasión estuvo muy por encima del consumo de los peces y que probablemente la muerte por hipoxia se da por la incapacidad de la hemoglobina de llevar oxígeno a los tejidos por acción del amonio y el dióxido de carbono (Cole *et. al*, 1999, Pavlidis *et. al*, 2003;Reebs, 2009).

A diferencia del oxígeno, se observó una tendencia acumulativa en el dióxido de carbono relacionada con la densidad de empaque (Tabla 5). No se observan diferencias significativas entre tratamientos, salvo el tratamiento 6 (24.5 mg/L). Esto indica que a densidades más altas se puede presentar una mayor concentración de este compuesto desencadenado el circulo vicioso que conlleva a la acidosis metabólica (Paterson *et. al*, 2003).

**Tabla 5.** Gases disueltos en el agua después de 12 horas de transporte de escalares juveniles empacados a diferentes densidades (valores son medias ±).

| DENSIDAD (gr/L) | Oxígeno Disuelto (mg/L) | Dióxido de Carbono (mg/L) |
|---|---|---|
| **7** | 16.1 ± 1.0 a | 20 ± 0.0 b |
| **10.5** | 14.1 ± 0.8 a | 20 ± 0.0 b |
| **14** | 15.1 ± 0.2 a | 20 ± 0.0 b |
| **17.5** | 15.6 ± 1.5 a | 23 ± 2.9 b |
| **21** | 13.0 ± 2.0 a | 31 ± 2.9 b |
| **24.5** | 14.4 ± 3.6 a | 33 ± 2.9 a |

*Letras diferentes expresan diferencias significativas por la prueba de Tukey ($P<0,05$)

La conductividad eléctrica inicial del agua de empaque fue de 18 µs/m y la concentración de solidos disueltos de 0.012 g/L, se observa una tendencia clara al aumento en los electrolitos disueltos en el agua de trasporte que afectan la conductividad eléctrica en el agua (Tabla 6 y Tabla 7), la cual está directamente relacionada con el aumento de los sólidos disueltos. Se observan diferencias significativas y un patrón definido para estos dos parámetros.

**Tabla 6.** Parámetros físicosquímicos relacionados con la cantidad de minerales en el agua después de 12 horas de transporte de escalares juveniles empacados a diferentes densidades (valores son medias ±).

| DENSIDAD (gr/L) | Dureza general (mg/L) | Alcalinidad (mg/L) | Conductividad (µs/m) | Sólidos en suspensión gr/L |
|---|---|---|---|---|
| **7** | 17.1 ± 0.0 a | 68.4 ± 0.0 a | 39.6 ± 4.0 c | 0.025 ± 0.004 c |
| **10.5** | 17.1 + 0.0 a | 68.4 ± 0.0 a | 48.6 ± 3.5 bc | 0.032 ± 0.02 bc |
| **14** | 17.1 + 0.0 a | 57.3 ± 9.9 a | 53.3 ± 9.0 bc | 0.035 ± 0.006 abc |
| **17.5** | 17.1 + 0.0 a | 51.3 ± 0.0 a | 58.6 ± 16.3 abc | 0.039 ± 0.011 abc |
| **21** | 17.1 + 0.0 a | 68,4 ± 17.1 a | 67.3 ± 0.6 ab | 0.045 ± 0.003 ab |
| **24.5** | 17.1 + 0.0 a | 45.6 ± 26.1 a | 76.0 ± 5.0 a | 0.049 ± 0.003 a |

*Letras diferentes expresan diferencias significativas por la prueba de Tukey (P<0,05)

Paterson *et. al*, (2003) demostraron la existencia de bombas iónicas a nivel sanguíneo en él Sea Bass (*Lates calcarifer*) asiático como mecanismo de regulación del pH, que conllevan a un desequilibrio osmótico por la salida de sodio de las células, este mecanismo también es descrito por Lim *et. al,* (2007) el cual afirma que la principal causa de mortalidad en el transporte de peces ornamentales es el desequilibrio osmótico y no la hipoxia.

No se observaron cambios en la dureza con respecto al agua de empaque inicial, pero si se observó un aumento en la alcalinidad para todos los tratamientos, (Tabla 6 y Tabla 7) esto se debe a la formacion de carbonatos, el cual es un mecanismo orientado a mantener el equilibrio acido- base. Sin embargo, no se observo una tendencia o una relacion directa con la concentracion de dioxido de carbono.

Los electrolitos liberados por los peces buscan funcionar como buffers; todo esto realizado por mecanismos fisiológicos inducidos por el estrés de transporte (Lim et. al, 2007).prueba de esto es el aumento en la conductividad electrica y su estrecha relacion con los sólidos en suspensión.

**Tabla 7.**Aumento en la conductividad, solidos disueltos y alcalinidad en el agua después de 12 horas de transporte de escalares juveniles empacados a diferentes densidades (valores son medias ±).

| DENSIDAD (gr/L) | Aumento en la Conductividad (µs/m) | Aumento en los sólidos en suspensión (gr/L) | Aumento en la Alcalinidad (mg/L) |
|---|---|---|---|
| **7** | 21.6 ± 1.0 c | 0.013 ± 0.00 c | 51.3 ± 0.0 a |
| **10.5** | 30.6 ± 1.0 bc | 0.020 ± 0.00 bc | 51.3 ± 0.0 a |
| **14** | 35.3 ± 0.1 bc | 0.023 ± 0.00 abc | 34.2 ± 0.0 a |
| **17.5** | 40.6 ± 1.2 abc | 0.027 ± 0.01 abc | 39.9 ± 9.9 a |
| **21** | 49.3 ± 0.1 ab | 0.033 ± 0.00 ab | 51.3 ± 17.1 a |
| **24.5** | 58.0 ± 0.0 a | 0.037 ± 0.00 a | 28.5 ± 26.1 a |

*Letras diferentes expresan diferencias significativas por la prueba de Tukey (P<0,05)

Una de las principales amenazas en el transporte de peces es la acumulación de contaminantes nitrogenados, en la Tabla 8 se muestra que no se encontraron nitritos o nitratos, pero si una gran concentración de amonio. Esta es la evidencia que no existe metabolismo bacteriano benéfico dentro de las bolsas que ayude a metabolizar este compuesto.

Existe una relación directamente proporcional entre la densidad de empaque y la acumulación de amonio en el agua, existiendo diferencias significativas entre todos los tratamientos, esta tendencia concuerda con lo reportado para muchas especies de peces dulce acuícolas y marinos (Swann, 1992; Cole *et. al,* 1999; Paterson *et. al*, 2003; Golombieski *et. al,* 2003; Pavlidis *et. al,* 2003; Lim *et. al,* 2007; Wurts, 2010; Crosby *et. al,* 2014; Pakhira *et. al,* 2015)

Tras determinar la fracción tóxica del amonio de acuerdo a la ecuación de Emerson (1975) usando un pH de 7.0 y una Temperatura de 24°C, se observó que este se mantuvo por debajo de los niveles subletales reportados para peces tropicales 0.1 – 0.3 mg /L (Ip *et. al*, 2001 citado por Lim *et. al,* 2007).

Se evidencia una relación positiva entre el aumento en la concentración de dióxido de carbono (Tabla 9) y el aumento en el amonio, que de una manera u otra afectan la función de transporte de oxígeno de la hemoglobina.

**Tabla 8**.Concentración de productos nitrogenados en el agua después de 12 horas de transporte de escalares juveniles empacados a diferentes densidades (valores son medias ±).

| DENSIDAD (gr/L) | Amonio NH4 (mg/L) | Amonio Tóxico NH3 (mg/L) | Nitritos (mg/L) | Nitratos (mg/L) |
|---|---|---|---|---|
| **7** | 1.2 ± 0.0 f | 0.007 ± 0.000 f | 0 ± 0.0 a | 0 ± 0.0 a |
| **10.5** | 1.6 ± 0.0 e | 0.009 ± 0.000e | 0 ± 0.0 a | 0 ± 0.0 a |
| **14** | 1.8 ± 0.0 d | 0.011 ± 0.000d | 0 ± 0.0 a | 0 ± 0.0 a |
| **17.5** | 2.50 ± 0.0 c | 0.015 ± 0.000c | 0 ± 0.0 a | 0 ± 0.0 a |
| **21** | 2.70 ± 0.0 b | 0.016 ± 0.000b | 0 ± 0.0 a | 0 ± 0.0 a |
| **24.5** | 2.93 ± 0.1 a | 0.018 ± 0.000a | 0 ± 0.0 a | 0 ± 0.0 a |

*Letras diferentes expresan diferencias significativas por la prueba de Tukey (P<0,05)

**Tabla 9**.Dinámica en la concentración del dióxido de carbono y la disminución del pH en el agua después de 12 horas de transporte de escalares juveniles empacados a diferentes densidades (valores son medias ±).

| DENSIDAD (gr/L) | Dióxido de carbono Aumento (mg/L) | pH Disminución |
|---|---|---|
| **7** | 10 ± 0.0 b | 1.16 ± 0.1 a |
| **10.5** | 10 ± 0.0 b | 1.13 ± 0.1 a |
| **14** | 13.3 ± 0.0 b | 1.76 ± 1.2 a |
| **17.5** | 10 ± 2.9 b | 1.06 ± 0.1 a |
| **21** | 21.6 ± 2.9 a | 1.00 ± 0.1 a |
| **24.5** | 23.3 ± 2.9 a | 0.90 ± 0.0 a |

*Letras diferentes expresan diferencias significativas por la prueba de Tukey ($P<0,05$)

Dentro de las bolsas de transporte de peces ornamentales se lleva a cabo un sinnúmero de reacciones químicas desencadenadas por el metabolismo normal de los individuos y por mecanismos fisiológicos compensatorios que se dispara para conservar la homeostasis sanguínea y del medio.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, la densidad de 24.5 gr/L (T6) es recomendada para el empaque de esta especie sin exceder las 12 horas de transporte. Esta densidad concuerda con la reportada para el tetra neón (*Paracheirodon innesi*) 22 gr/L pero baja con relación a la reportada para el goldfish (*Carassius auratus*) 272 gr/L (Lim *et. al,* 2003).

Cole *et. al* (1999) muestra una tabla de equivalencias de acuerdo al tamaño de los ejemplares, recomendando una densidad de 150 individuos en 7 litros de agua para 24 horas de transporte, la cual duplica la densidad y tiempo recomendados en esta investigación, sin embargo la tendencia en el deterioro de los parámetros físicoquímicos del agua observados, indican que el costo biológico de este procedimiento puede ser demasiado alto, lo cual coincide con el mismo autor quien recomienda el empaque individual de esta especie para mantener el buen estado de las aletas.

Pese a que el oxígeno disuelto se reconoce como un factor limitante en el transporte de peces ornamentales, lo son aún más la acumulación de amonio y dióxido de carbono que inducen la hipoxia, la acidosis metabólica y el desequilibrio electrolítico que son los causantes de la muerte de los individuos.

## 9. VIABILIDAD ECONOMICA

En base a información productiva ofrecida por la empresa Ángel Fish, se realizo un ejercicio de estimación del costo de transporte para cada uno de los tratamientos establecidos en el proyecto.

**Tabla 10.** Descripción de gastos de transporte por caja.

| Ítem | Valor |
|---|---|
| **Bolsa doble por dos** | $1,800 |
| **Caja de cartón** | $1.300 |
| **Liga doble** | $50 |
| **Flete Acacías - Bogotá** | $10.000 |

Según los datos anteriores el valor por caja es de $13.150 pesos

**Tabla 11.** Costo de trasporte por individuos para cada tratamiento.

| TRATAMIENTO | Número Individuos / Bolsa | Número de individuos / caja | Valor individuo / caja |
|---|---|---|---|
| **1** | 10 | 20 | $612 |
| **2** | 15 | 30 | $408 |
| **3** | 20 | 40 | $306 |
| **4** | 25 | 50 | $245 |
| **5** | 30 | 60 | $204 |
| **6** | 35 | 70 | $175 |

Según los resultados obtenidos en el presente estudio, la densidad más alta de empaque funciona de forma adecuada cuando se trata de tiempos de transporte no superiores a 6 horas, tiempo en el cual los 24.5 g/L de escalares por bolsa inician procesos tóxicos que generarían perdidas que van desde daño en la aletas hasta mortalidades, disminuyendo la calidad de los individuos para venta y por ende aumentando el costo de producción de los sobrevivientes o en otros casos pérdida total del lote de individuos.

La densidad de empaque de 35 individuos / bolsa logra garantizar la calidad de los peces y no generan un costo elevado en su transporte, sin embargo si se tratara de periodos de transporte superiores a la 6 horas, no se obtendrían los mismos resultados para la especie. Esto nos indica que este tipo de empaque presenta muy buenos resultados cuando de ventas a nivel nacional se trata, ya que algunos de estos recorridos no superan este tiempo.

Las exportaciones deberán tener una menor densidad de empaque para garantizar la calidad y supervivencia de esta especie y talla, los costos de transporte se verán incrementados, sin embargo en la exportación se logra obtener un mayor precio de venta que compensa este costo.

## 10. CONCLUSIONES

Ninguna de las densidades de empaque evaluadas afecto la supervivencia o estado general de los ejemplares experimentales, sin embargo se observaron efectos deletéreos en la calidad de agua los cuales pueden ser nocivos si el tiempo de transporte supera las doce horas. Por razones económicas se recomienda el uso de la densidad más alta evaluada (T6) 24.5 gr/L.

El escalar (*Pterophyllum scalare*) es una especie relativamente resistente a las altas densidades de empaque siempre y cuando se garanticen los procedimientos de ayuno y cuarentena de manera adecuada.

La actividad metabolica de los peces en el momento del transporte genera gran cantidad de contaminantes que modifican la calidad quimica del agua. Este fenomeno es directamente proporcional a la densidad de empaque.

## 11. RECOMENDACIONES

El transporte de peces ornamentales es un procedimiento inevitable a la hora de comercializarlos, por esta razón requiere especial cuidado con parámetros físicos y químicos como el pH, la conductividad y los sólidos en suspensión en el agua antes del despacho.

El bajo pH encontrado en todos los tratamientos influye en la baja concentración de amonio tóxico, por esta razón estaría contraindicado el uso de Buffers o sustancias alcalinizantes como el bicarbonato de sodio.

Se recomienda evaluar densidades más altas con tiempos de transporte menos prolongados, con el fin de establecer una tabla de equivalencias acorde a los tiempos de transporte nacional.

La evaluación de estas mismas densidades en tiempos de transporte más prolongados con la adición de sal como estabilizante puede ofrecer datos valiosos a la hora del transporte internacional.

Es necesario realizar estudios en otras especies, como ciprínidos y carácidos con el fin de ofrecer a los productores tablas más concretas acordes al mercado nacional de peces ornamentales y con equivalencias de tiempo que sirvan de guías técnicas.

El uso de aditivos como el cloruro de sodio, el eugenol y los microorganismos eficientes debe ser evaluado a fondo con el fin de ofrecer a los productores y comercializadores alternativas económicamente viables para mitigar la degradación del agua y así optimizar las densidades de empaque en diferentes especies.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

**Arias, A., Aya, E. (2009).** Situación actual de la producción de peces ornamentales en Colombia. Mesa técnica regional cadena de producción peces ornamentales Meta.

**AUNAP (2015).** Resolución 1924 del 3 Noviembre de 2015 de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca.

**Avila, E., Ladino, N. (2005)**. Identificación y caracterización de la cadena comercial de peces de interés ornamental desde el departamento del Guainia a Bogotá. Memorias del V seminario internacional de acuicultura. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Pág. 110.

**Blanco MC. (2002).** Consideraciones sobre los peces ornamentales de Colombia. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Mojica JJ, Castellanos C, Usma JS (ed) Pág. 47-54.

**Berka, R. (1986).** The transport of live fish. A. review. EIFAC Tech. FAO, Rome Pág. 48 - 52

**Bonga S.E. (1997)**. The stress response in Fish.Physiological Reviews 77 July: Pág. 591-625.

**Cacho, M. S. R. F.; Yamamoto, M. E.; Chellapa, S. (1999)**. Comportamento reproductivo do Acará-Bandeira, Pterophyllum Scalare Cuvier e Valenciennes (Osteichthyes, Cichlidae). Revista Brasileira de Zoologia, São Paulo, v. 16, n. 1, Pág. 653-664,.

**Chao, N.; Petry, P.; Prang, G.; Sonneschien, L.; Tlusty, M. (2001)**. Conservation and management of ornamental fish resources of the Rio Negro basin, Amazon, Brazil - Projet Piaba. Manaus: Editora da Universidade de Manaus.

**Cole, B., Tamaru, C., Bailey, R.S. (1999).** Shipping Practices in the Ornamental Fish Industry Sea Grant Extension Service/Aquaculture Development Program School of Ocean and Earth Science and Technology. Center for Tropical and Subtropical Aquaculture Publication Number 131. February .

**Crosby, T. C.; Hill, J.F.; Martinez, C.V.; Watson, C.A.; Pouder, D.B.; Roy P.E. (2011)**. Preparation of Ornamental Fish for Shipping. IFAS Extension University of Florida FA112.

**Crosby, T. C.; Hill, J.F.; Martinez, C.V.; Watson, C.A.; Pouder, D.B.; Roy P.E. (2014)**. On - Farm Transport of Ornamental Fish. IFAS Extension University of Florida FA 119.

**Chapman, F. A.; Fitz -Coy, S.; Thunberg, J. T. (1997)**. United States of America Internacional Trade in ornamental fish. Journal World Aquaculture Society**,** Baton Rouge, v. 28, n. 1, Pág. 1-10.

**Chapman, F. (2006)**. Estado actual y perspectivas de la acuicultura ornamental. En: Memorias XII jornada de acuicultura del IIAL. Universidad de los Llanos Villavicencio Colombia.

**Epifanio & Garvine. (2001).** Larval Transport on the Atlantic Continental Shelf of North America: a Review Estuarine, Coastal and Shelf Science (2001) 52, pag 51–77.

**Francis F; Craig W; Denise P. and Deborah B. (2009).** Ammonia in Aquatic Systems, IFAS Extension University of Florida FA 16.

**Golombieski, J.I.; Silva, L.V.F.; Baldisserotto, B.; da Silva, J.H.S. (2003).** Transport of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings at different times, load densities, and temperatures. Aquaculture 216 pag. 95 - 102.

**Higuera H E; González J F. (2006).** Evaluación del kit *FISH FARMING FF1A* ® para análisis de calidad de aguas en Acuicultura. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia V 53 Pág. 116 - 124.

**Huanqui G. (2002).** El comercio mundial de peces ornamentales. Comisión del Peru para la promoción de la exportación y del turismo. Documento Técnico.

**INCODER. (2003).** Resolución 3532 de 2003 del Instituto Colombiano de Desarrollo Rural.

**INPA. (1995).** Resolución 0190 del 10 de Mayo de 1995. Instituto Colombiano de pesca y acuicultura.

**Instituto Alexander Von Humbolt. (2012).** Información básica sobre el mercado mundial de peces ornamentales. Documento independiente pag 23.

**Kubitza F. (2009).** MANEJO EN LA PRODUCCION DE PECES: Buenas prácticas en el transporte de peces vivos. (Consultado 16-10-2014) Disponible en:

http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/06_publicaciones/_archivos/091230_Manejo%20en%20la%20producci%C3%B3n%20de%20peces.pdf.

**Lim L C; Dhert P; Chew W Y; Dermaux V; Nelis H & Sorgeloos P (2002b).** Enhancement of stress resistance of Guppy, Poecilia reticulate Peters through feeding with vitamin C supplement. Journal of the World Aquaculture Society V 33 pag 32-40.

**Lim C L; Dhert P; Sorgeloos P. (2003).** Recent developments and improvements in ornamental fish packaging systems for air transport, Aquaculture. vol 34 pag 923 - 935.

**Lim, L.C; Dhert, Ph; Sorgeloos, P. (2007).** Preparation for transport: fish packaging technology: 25-45. In: International Transport of Live Fish in the Ornamental Aquatic Industry. Fossa, S.A., Bassleer, G.M.O., Lim, C., and Ploeg, A. (Eds). Ornamental Fish International OFI Educational publication 2, OFI, Maarssen, the Netherlands, Pág. 126

**Landines, M; Sanabria, A; Urueña, F y Mora, J. (2007).** Ciclidos Capitulo 4. Producción de peces ornamentales en Colombia 2007. Pag 68-70.

**Lasso, C. A.; Usma J.S.; Villa F.; Sierra-Quintero, M.T.; Ortega, A.; Mesa, L.M.; Patiño, M.A.; Lasso-Alcalá, O.M.; Morales, M.A.; González, K.; Quiceno, M.P.; Ferrer, A.; Suárez, C.F.** (**2009).** Peces de la Estrella Fluvial Inírida: ríos Guaviare, Inírida, Atabapo y Orinoco (Orinoquia colombiana) Biota Colombiana, vol. 10, núm. 1, Pág. 89-122.

**Livengood, E.J. y Chapman F.A. (2009).** The ornamental fish trade: An introduction with perspective for responsible aquarium fish ownership, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida

**Mancera Rodríguez N. y Álvarez León R. (2008).** Comercio de peces ornamentales en Colombia. Acta Biológica vol 13 # 1 pag 23 – 52.

**Pakhiraa, C; Nagesha T.S; Abrahamb, T.J; Dashb, G; Beheraa S. (2015).** Stress responses in rohu, Labeo rohita transported at different densities. Aquaculture reports 2 pag 39 – 45.

**Paterson, B.D.; Rimmer, M.A.; Meikle, G.M.; Semmens, G.L. (2003).** Physiological responses of the Asian sea bass, Lates calcarifer to water quality deterioration during simulated live transport: acidosis, red-cell swelling, and levels of ions and ammonia in the plasma. Aquaculture 218 pag. 717 – 728.

**Pavlidis M.; Angellotti, L.; Papandroulakis, N.; Divanach, P. (2003).** Evaluation of transportation procedures on water quality and fry performance in red porgy (*Pagrus pagrus*) fry. Aquaculture 218 pag. 187 – 202.

**Perez, C**. (**2002).** Frecuencia de desove de diferentes variedades del pez angel Peterophyllum scalare (Pises: Cichlidae). Revista aquatic [on line].Mexico. 2002. [Consultado 16/10/2014] Disponible en: http://www.revistaaquatic.com/aquatic/html/art1603/pezangel.htm.

**Perez E, Diaz F, Espina S. (2003)** Thermoregulatory behavior and critical thermal limits of the angelfishPterophyllum scalare (Lichtenstein) (Pisces: Cichlidae) Revista aquatic [on line].Mexico. 2002. Journal of Thermal Biology, Volume 28, 2003, Pag 531-537.

**Ramírez D., Carolina P. Quiroga N., Martínez R., Pedro R. Eslava M. (2003).** Evaluación del cloruro de sodio, eugenol y zeolita en el confinamiento de *Ancistrus triradiatus.* Revista Orinoquia Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta. Colombia Vol. 17 - No 1.

**Reebs, S.G. (2009).** Oxygen and fish behavior. Rev. Behavior volumen 63 Université de Moncton, Canada pag 78 – 90.

**Ribeiro, F. A. (2007).** Sistema de criação de Acará-Bandeira. 49 f. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Centro de Aqüicultura, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

**Rowland, L. W.; COX, L. J. (1998).** Opportunities in ornamental aquaculture. Honolulu: Pacific Business Cebter Program, Pág. 35

**Saenz J. (2014).** Gerente Ángel Fish Ltda. Empresa productora de peces ornamentales. Comunicación personal.

**Swann, L. (1992)**. Transport of Fish in Bags. Aquaculture extension Illinois - Indiana Sea Grant Program. AS-462-W Sea Grant # Il-IN-SG-FS-913.

**Urueña F. (2014).** Director del área productiva Ángel Fish Ltda. Empresa productora de peces ornamentales. Comunicación personal.

**Vásquez M; Piñeros D A; Gómez B; Ramírez D; Pedro R; Eslava M. (2012).** Concentración óptima de sustancias de bajo costo para mejorar el transporte de dos especies de peces ornamentales. Revista Orinoquia Suplemento - Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta. Colombia Vol. 16 - No 2.

**Velasco J., Cruz P., Ramirez W. (2008).** Eficiencia anestesia de 2 fenoxietanol, benzocaina, quinaldina y metanosulfato de fricaban en alvinos y juveniles de cachama blanca (Piaractus brachypomus). Revista MVZ Cordoba V. 13 N 3.

**Wurtz, W. A. (2010).** Transporting channel catfish fry and fingerlings in plastic bags. Kentucky State University Cooperative Extension Program, vol 45