

# COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN INTENSIVA DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN JAULAS FLOTANTES EN EL LAGO GUAMUEZ, MUNICIPIO DE PASTO, COLOMBIA

ALVARO BURGOS ARCOS<sup>1</sup>  
MARCO ANTONIO IMUEZ F.<sup>1</sup>  
JAIME RODRÍGUEZ SÁNCHEZ<sup>1</sup>  
PAOLO ALEXANDER MENA<sup>2</sup>

## ABSTRACT

The present research was carried out in the Unit of Floating Cages of the University of Nariño, located at the lake Guamués, municipality of Pasto, to the south of Colombia, in order to evaluate the efficiency of cages of low volume and high density (LVHD) of 13 m<sup>3</sup>, compared to cages of high volume and low density (HVLD) of 1,0 m<sup>3</sup> in the intensive production of rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). For this purpose three cages HVLD was used with 500 fishes/m<sup>3</sup> and three cages LVHD, with 91,15 peces/m<sup>3</sup>, with an average weight of 114 g.

Fish with adequate weight was harvested in both systems of cages according to the requirements of the local market of Pasto city. However the average weight for LVHD was 288.58 g and 213.31 g for HVLD. The increment of average weight per day showed significant statistical differences ( $p \leq 0,05$ ), being higher in the cages of HVLD ( $2,45 \pm 1,02$  g) than in the cages of LVHD ( $1,40 \pm 0,55$  g). Similar tendency was found for the variable apparent feed conversion,  $1,68 \pm 0,30$  in the first case and of  $2,28 \pm 0,33$  in the second. Also the net income for unit of volume had the same tendency (\$81.874,25 for m<sup>3</sup> and \$217.964,17 m<sup>3</sup> respectively), the same thing for the relationship benefit/cost for unit of volume ( $0,97/m^3$  and  $0,49/m^3$ ).

The quantity of waste gathered per week, on the cages of HVLD was an average of  $5,37 \pm 2,15$  g for m<sup>3</sup> of water and for the cages of LVHD of  $64,41 \pm 18,58$  g. The weekly average of waste in relation to the biomass was of  $0,321 \pm 0,077$  g and of  $0,88 \pm 0,107$  g for kilogram, respectively, with highly significant statistical differences ( $p \leq 0,01$ ).

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo e investigación en nuevas tecnologías, como los sistemas de producción superintensiva en jaulas flotantes de bajo volumen y alta densidad, merecen dedicar esfuerzos a su evaluación productiva, ambiental y económica, que permita mejorar la eficiencia y elevar la rentabilidad, para los productores dedicados al cultivo especies ícticas.

Actualmente en el lago Guamués, el cultivo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) se realiza en jaulas de alto volumen y baja densidad con tamaños promedios de 15 m<sup>3</sup> y

---

<sup>1</sup> Profesores, Departamento de Recursos Hidrobiológicos, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. ipa@udenar.edu.co

<sup>2</sup> Estudiante programa de Ingeniería en Producción Acuícola, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

20 kg de pez por m<sup>3</sup>, con rendimientos similares a los obtenidos en canales y en estanques en tierra. La trucha arco iris es un pez bastante susceptible a las fluctuaciones y deterioro de la calidad del agua en condiciones intensivas y super-intensivas, por consiguiente requiere de un volumen constante y una buena calidad de agua para su normal desarrollo, las que teóricamente pueden provistas mediante la utilización de jaulas de bajo volumen (1,0 m<sup>3</sup>) y alta densidad, para garantizar adecuado crecimiento y sustancial mejora en los rendimientos económicos. En este sentido, se ha especulado sobre los reales beneficios productivos y económicos de tales sistemas, al ser utilizados en el cultivo de trucha arcoiris, y se han extrapolado experiencias y diseños aplicados para especies de de aguas medias y cálidas.

Por lo anterior, el presente estudio pretendió comparar dos tipos en cuanto a tamaño y densidad de animales, cultivados en jaulas flotantes en el lago Guamués, teniendo en cuenta las principales variables productivas de interés económico.

## MARCO TEORICO

Stevenson (1996) considera que las truchas pueden crecer en jaulas flotantes en los lagos de agua dulce, sin embargo, debe haber suficiente movimiento de agua para proveer una renovación continua a los peces y la población inicial con crías debe ser de 10 kg/m<sup>3</sup>.

Según Schmittout (1.999), en lagos, embalses o ríos con buena corriente, la densidad de siembra puede llegar hasta 1.000 a 1.500 peces por metro cúbico. Si se van a sembrar peces con tallas entre 100 y 200 gramos, la densidad se reduce a 250 peces por metro cúbico. Considera que el cultivo intensivo de peces en jaulas de bajo volumen y altas densidades, podría convertirse en el medio de expansión más importante y simple en la producción de peces de muchos países. Esto debido a que la tecnología es relativamente económica y simple, es aplicable a la mayoría de cuerpos de aguas existentes, es técnica y económicamente aplicable a cualquier escala.

Eraso (1993) afirma que la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es un pez bastante susceptible a las fluctuaciones y deterioros de la calidad del agua en condiciones intensivas, por consiguiente requiere de un volumen constante y una muy buena calidad de agua para su normal desarrollo. Las jaulas de bajo volumen y alta densidad proveen de estas condiciones de agua a los organismos criados en su interior (en el caso de una jaula de 1,0 m<sup>3</sup> se pueden tener de 8 a 10 recambios del total de volumen por minuto), lo que garantiza unos buenos crecimientos.

Sin embargo, aumenta la preocupación por el impacto que estos métodos de piscicultura tienen en el medio ambiente. Se estima que el cultivo extensivo acelera la eutrofización, y a las elevadas promesas iniciales del cultivo extensivo en jaulas y corrales han seguido cifras de producción siempre menores (Bedverige, 1989).

Tal como afirma Beveridge (1989), estudios de laboratorio hechos ya hace tiempo por Murphy y Lipper (1970) y Liao (1970) demostraron que el cultivo intensivo de peces tenía como consecuencia la producción de grandes cantidades de desechos por unidad de peso vivo, mayor que en el caso de otros animales, como pollos, cerdos o vacunos.

En un ensayo para evaluar el efecto comparativo de una dieta elaborada con quinua (*Chenopodium quinoa*) y vísceras de pollo vs concentrado comercial, en acabado de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), Tovar, et al (1992) no encontraron que el incremento de peso total estuvo entre 117,24 g a 109,1 g, en un período de 120 días, en etapa de finalización, la conversión alimenticia varió entre 2,55 y 2,78 y la mortalidad estuvo en un rango que varió del 5 al 21%.

Evaluando la utilización del contenido ruminal en dietas de acabado de trucha arcoiris, en estanques, Enriquez, et al (1992) registraron incrementos de peso total entre 107,42 g y 132,68 g, durante 120 días de cultivo, en la etapa de finalización, conversión alimenticia entre 2,6 y 3,0 y la mortalidad en promedio fue 0,55 %.

## METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en la unidad de jaulas flotantes de la Universidad de Nariño, ubicada sobre el Lago Guamués, en el corregimiento de El Encano, la oriente de la ciudad de San Juan de Pasto, al suroeste de Colombia, a una altura de 2840 msnm, 13°C de temperatura.

Se utilizaron tres jaulas de alto volumen y baja densidad (AVBD) de 13 m<sup>3</sup> cada una, en malla con ojo de ¾ de pulgada. De igual manera, tres jaulas de bajo volumen y alta densidad (BVAD), de 1,0 m<sup>3</sup>.

Se sembró un total de 5.055 alevinos de trucha arco iris, variedad Kamloop, provenientes de la Estación Piscícola Santa Teresita, ubicada en el Lago Guamués, con un peso promedio de 114 g. La densidad de siembra para el ensayo fue de 500 peces/m<sup>3</sup> en las jaulas de BVAD, para un total de 1.500, y 91,15 peces/m<sup>3</sup> en las jaulas de AVBD para un total de 3.555 alevinos.

La alimentación se suministró según el porcentaje de la biomasa y la temperatura del agua, en los niveles recomendados por Halver (1988), citado por López (1997), cantidad que se ajustó según los promedios de peso obtenidos en los muestreos semanales. Se suministró alimento comercial peletizado con el 45% de proteína y 2.800 kcal/kg de EM, para la etapa de levante y con 40% de proteína, 12% de extracto etéreo, con pigmentante, para la etapa de engorde.

Se realizaron muestreos semanales para el control de las diferentes variables en estudio, revisión del estado sanitario y cálculo del alimento. El conteo de muertos se efectuó diariamente durante la actividad de alimentación.

El ensayo se distribuyó en dos tratamientos con tres réplicas cada uno, según el volumen y la densidad que se indica en la siguiente tabla:

<b>Tratamientos Replicaciones</b>	<b>T1 Jaulas AVBD</b>	<b>T2 Jaulas BVAD</b>
R1	Volumen: 13 m <sup>3</sup> Densidad: 91,15 peces/m <sup>3</sup>	Volumen: 1,0 m <sup>3</sup> Densidad: 500 peces/m <sup>3</sup>

R2	Volumen: 13 m <sup>3</sup> Densidad: 91,15 peces/m <sup>3</sup>	Volumen: 1,0 m <sup>3</sup> Densidad: 500 peces/m <sup>3</sup>
R2	Volumen: 13 m <sup>3</sup> Densidad: 91,15 peces/m <sup>3</sup>	Volumen: 1,0 m <sup>3</sup> Densidad: 500 peces/m <sup>3</sup>

A los datos recolectados para cada variable se les aplicaron medidas estadísticas descriptivas de tendencia central y de dispersión. Así mismo, se efectuó una prueba de t de Student, con el fin de establecer las diferencias estadísticas significativas entre las dos poblaciones.

Las variables evaluadas fueron: incremento de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia aparente, cantidad de materia orgánica, mortalidad y análisis parcial de costos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Incremento de peso.** El peso final promedio fue de 288,58 g para el T1 (Jaulas de alto volumen y baja densidad - JAVBD), superior a lo reportado por Arteaga, et al (2002), para el municipio de Pasto (250 g) e inferior al recomendado por Beltrán, et al (2001) para el mercado nacional. El peso de para el T2 (Jaulas de bajo volumen y alta densidad – JBVAD), fue de 213,31 g.

El incremento total de peso fue de 175,68 g (T1) y 100,41 g (T2) y la biomasa final de 997,6 kg y 303,9 kg respectivamente. En el primer caso, es superior al alcanzado por Blanco (1994), en un período productivo de 10 meses y se encuentra dentro del rango de peso comercial recomendado por (Beltrán, et al, 2001); el T2 es inferior a los encontrados y recomendados por los dos autores citados anteriormente.

El incremento de peso individual promedio por semana para el T1 fue 17,17 g y de  $2,45 \pm 1,02$  g diarios, con un coeficiente de variación del 41,70%; en el caso del T2, el incremento fue de 9,82 g semanales y de  $1,40 \pm 0,55$  g diarios, con variabilidad del 40,46%, con diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos tratamientos, mostrando una media mayor en las JAVBD. Esto pudo estar influenciado por la falta de condiciones ambientales adecuadas, relacionadas especialmente con los menores niveles de oxígeno disuelto que pudieron encontrarse en la masa de agua donde se ubicaron las jaulas, así mismo, el elevado número de animales por unidad de volumen en el T2 propició mayor competencia por alimento y mayor desperdicio del mismo que, acompañado por el estrés que produce esta situación, probablemente disminuyó la eficiencia del animal para alcanzar mejores pesos, lo que es corroborado por Vásquez (2001).

**Consumo de alimento y conversión alimenticia aparente.** El consumo promedio semanal para el tratamiento T1 fue de 28,95 g y para el T2 de 21,99 g, valores que fueron directamente proporcionales al peso de los peces.

El índice de conversión alimenticia aparente fue de  $1,68 \pm 0,30$  para el T1 y de  $2,28 \pm 0,33$  para el T2, con coeficientes de variación de 17,91% y de 14,28% respectivamente, los mismos que mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0,05$ ), con valor favorable para el T1, el cual indica que por cada 1,68 kg de alimento suministrado se obtuvo un

kilogramo de pescado, mejor que el reportado por Beltrán, et al, (2001), de 1,8 y que los calculados por Villarreal, et al (1992) evaluando materias primas no convencionales, en cultivo de trucha arcoiris en estanques, con valores entre 2,55 y 2,78.

De acuerdo con lo anterior, es posible observar que las JAVBJ fueron más eficientes en este parámetro, situación que confirma la tendencia del incremento de peso.

Es importante resaltar los reportes de algunos autores como Stevenson (1996) y Drummond (1988), quienes afirman que algunos piscicultores buscan una conversión alimenticia de 1,15 bajo condiciones óptimas, pero un valor entre 1,4 y 1,8 se ve generalmente como muy satisfactorios.

**Desecho orgánicos como indicador de contaminación.** La cantidad de desechos recolectados por semana, en promedio para el T1 fue de  $5,37 \pm 2,15$  g por  $m^3$  de agua y para el T2 de  $64,41 \pm 18,58$  g, con un coeficiente de variación de 40,04 y 28,58% respectivamente. El promedio semanal de desechos en relación con la biomasa, para el T1 fue de  $0,321 \pm 0,077$  g por kilogramo y para el T2 de  $0,88 \pm 0,107$  g por kilogramo, con una variación de 23,99% para el primero y 12,16% para el segundo. Estos valores indicaron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ), con un promedio mayor en la cantidad de desechos orgánicos presentado por el T2.

Esta información puede resultar importante para futuras investigaciones, que permitan establecer niveles de contaminación orgánica y estado de eutroficación del lago, así como la capacidad de carga del mismo, si se tiene en cuenta lo expresado por Arrignon (1979), cuando afirma que la presencia de materia orgánica es beneficiosa para la productividad piscícola, en la medida en que su contenido no ocasione una disminución del oxígeno disuelto, susceptible da causa perjuicios en la vida de los animales acuáticos.

**Mortalidad.** La mortalidad observada en el presente estudio fue menor en el T1, donde se obtuvo un porcentaje de 8,45% y mayor en el T2 con 15,28%, diferencia que pudo estar influenciada por las condiciones ambientales y de estrés que se propiciaron en las JBVAD.

**Análisis de costos.** Al realizar el análisis de costos parciales, teniendo en cuenta únicamente los costos variables del alimento y los animales, se encontró que el costo por pez, durante el período experimental, fue similar en los dos tratamientos, con \$ 1.011,15 por unidad para el T1 y \$1.039,65 por unidad para el T2. Sin embargo, las diferencias notorias se encuentran al calcular los costos por unidad de volumen, cuyo valor es de \$84.392,15 por  $m^3$  para el T1 y \$ 440.464,17 por  $m^3$  para el T2, lo cual es ocasionado por el mayor número de animales y la cantidad de alimento suministrado en las JBVAD.

El ingreso neto total en el T1 fue de \$ 3.193.106,25, muy superior al del T2 que fue de \$653.892,50. Por el contrario, al calcular el ingreso neto por unidad de volumen, se encontró que en el T1 ascendió a la suma de \$ 81.874,25 por  $m^3$ , significativamente menor que en el T2, cuyo valor fue de \$ 217.964,17 por  $m^3$ .

Al realizar el cálculo de la relación beneficio/costo por unidad de volumen, se encontró una mejor proporción en el T1, donde el índice fue de 0,97, es decir que por cada peso invertido

en la producción de trucha arcoiris en JAVBD, se obtendrá una ganancia de \$0,97; mientras que en el T2 esta relación es bastante inferior, que indica un margen de utilidad de \$ 0,49.

## CONCLUSIONES

- El peso promedio final de las truchas arcoiris cultivadas en jaulas de BVAD (T2), con 213,31 g, no alcanzó el peso adecuado para el mercado regional, mientras que en el T1 el peso se consideró adecuado (288,58 g).
- El incremento de peso diario y semanal, así como la conversión alimenticia aparente por semana, presentaron mayor eficiencia en las jaulas de AVBD (2,45±1,02 g de peso diario y 1,68±0,30 de conversión alimenticia semanal) frente a las jaulas de BVAD (1,40±0,55 g de incremento de peso diarios y 2,28±0,33 de conversión alimenticia semanal), encontrando diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0,05$ ).
- El nivel de desechos orgánicos mostró diferencias estadísticas altamente significativas ( $p \leq 0,01$ ), con mayor valor en el T2 (0,88±0,107 g/kg de biomasa) y menor en el T1 (0,321±0,077 g).
- La mortalidad en el T1 fue de 8,45% y 15,28% en el T2.
- El ingreso neto total fue mayor en el T1 (\$ 3.193.106,25), frente al T2 (\$ 653.892,50). La relación beneficio costo favoreció a las jaulas de AVBD (0,97/M<sup>3</sup>), frente las jaulas de BVAD, que fue de 0,49.

## RECOMENDACIONES

- Utilizar jaulas de alto volumen y baja densidad, para el cultivo semi-intensivo de trucha arcoiris, en el Lago Guamués.
- Realizar otras investigaciones tendientes a evaluar tamaños intermedios de jaulas y diferentes densidades, para buscar optimizar los recursos.
- Efectuar estudios más detallados y por períodos de tiempo más representativos, que permitan medir el impacto ambiental de las jaulas en el medio acuático del lago Guamués.
- Desarrollar estudios económicos completos, para los proyectos implementados en el lago Guamués, con el fin de determinar la rentabilidad de los dos tipos de infraestructura.

## BIBLIOGRAFÍA

ARRIGNON, J. Ecología y piscicultura de aguas dulces. Madrid: Mundiprensa. 1979. 365 p.

ARTEAGA, P.; ORTEGA, E. y ORTEGA, J. Estudio de factibilidad de una explotación piscícola con sistemas flotantes de bajo volumen a alta densidad en el lago Guamués,

municipio de Pasto, departamento de Nariño, Colombia. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Tesis de Grado. 2002. 214 p.

BELTRAN, C.; VILLANEDA, A.; CARRILLO, M.; DIAZ, F. y SALAZAR, G. Parámetros técnicos y económicos para un proyecto piscícola rentable (trucha, tilapia roja y cachama). En: Fundamentos de acuicultura continental. Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura – INPA, 2001. pp. 405-423.

BEVERIDGE, M.C.M. Piscicultura en jaulas y corrales: Modelos para calcular la capacidad de carga y las repercusiones en el ambiente. Roma: FAO. Doc. Téc. Pesca, 1986. 100 p.

BLANCO, C. La trucha. Madrid: Mundiprensa, 1994. 503 p.

CAICEDO, D. y RODRÍGUEZ, J. Evaluación actual de las explotaciones truchícolas en estanques en del municipio de Pasto. Tesis Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, 2000. 102 p.

CANDELO, C. La cuenca alta del río Guamuez. En: Memorias del Curso sobre diversidad biológica y diálogo de saberes. Pasto, Colombia: Corponariño, 1994. 142 p.

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO DE NARIÑO (CORPONARIÑO). Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Guamuez. Pasto, Colombia: Corponariño, 1988. 100 p.

DRUMMOND, S. Cría de la trucha. Zaragoza, España: Acribia. 1988. 180 p.

ERASO, A. Aspectos básicos para el cultivo de la trucha arco iris. En: Fundamentos de acuicultura continental. Santafé de Bogotá: INPA, 1993. pp. 221-262.

GARCIA, R.; MORA, A. y RODRIGUEZ, H. Evaluación de parámetros físico-químicos como indicadores del grado de eutrofización del lago Guamués, municipio de Pasto, departamento de Nariño, Colombia. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Tesis de Grado. 2001. 108 p.

HERRERA, M. Plan piloto para el desarrollo del cultivo de trucha en jaulas flotantes en la laguna de La Cocha. Pasto, Colombia: Corponariño, 1987. 202 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA Y ACUICULTURA (INPA). Adecuación de lagunas costeras para el cultivo de especies nativas. Buenaventura, Colombia: Programa de pesca de la Unión Europea, 1999. 78 p.

LOPEZ, J. Nutrición acuícola. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias. 1997. 211 p.

MARTINEZ, L. Métodos de evaluación, control y racionamiento en la alimentación práctica. En: Alimentación en acuicultura. Madrid: CAICYT, 1987. pp. 295-325.

ROSADO, R. y ERAZO, A. Aspectos básicos para el cultivo de trucha arcoiris. Fundamentos de acuicultura continental. Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA), 2001. pp. 125-145-328.

SCHMITTOU, H. Cultivo de peces a alta densidad en jaulas de bajo volumen. Auburn, Alabama: Centro Internacional de Acuicultura y Ambientes Acuáticos, 1999. 83 p.

SOLLA S.A. Peces de aguas frías. Santafé de Bogotá: Solla. s.f. 55 p.

STEVENSON, J. P. Manual de cría de la trucha. Zaragoza, España: Acribia. 1996. 219 p.

TOVAR, O.; TUMAL, G. y LOPEZ, J. Efecto comparativo de una dieta elaborada con quinua (*Chenopodium quinoa*) y vísceras de pollo vs concentrado comercial en acabado de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). En: Revista Zootecnia. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias. Vol. 1, No. 3, 1992. pp. 29-38.

USECHE, C.; AVILES, M y DORADO, M. DEL P. Cultivo de peces en jaulas. En: Fundamentos de acuicultura continental. Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura – INPA, 2001. pp. 367-378.

VASQUEZ, W. Nutrición y alimentación de peces. En: Fundamentos de acuicultura continental. Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura – INPA, 2001. pp. 125-145.