

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**CRECIMIENTO Y SOBREVIVENCIA DE CARPA COMÚN (*Cyprinus carpio*) y
CARASSIUS (*Carassius auratus*) (OSTEICHTHYS, CYPRINIDAE) EN UN SISTEMA
SUPER INTENSIVO CON APLICACIÓN DE BIOFLOC, COMPARANDO CON
SISTEMA DE FILTRO BIOLÓGICO Y SISTEMA TRADICIONAL CON AIREACIÓN**

Por

**Juan Carlos DIBELLO RUDOLF
Carlos Alfredo DOASSANS GÓMEZ HAEDO**

**TESIS DE GRADO presentada como uno de
los requisitos para obtener el título de Doctor
en Ciencias Veterinarias
Orientación: Medicina**

TRABAJO EXPERIMENTAL

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2013**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Presidente de mesa

Segundo miembro (Tutor)

Dr. Daniel Carnevia

Tercer miembro

Fecha:

Autores:

Carlos Alfredo Doassans

.....

Juan Carlos Dibello

AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor Dr. Daniel Carnevia por habernos brindado la oportunidad de participar en este trabajo experimental de caso junto a el y por la ayuda brindada.

Al Dr. Alejandro Perretta por la ayuda brindada durante la experiencia.

A los funcionarios del Instituto de Investigaciones pesqueras por facilitarnos la tarea.

Al personal de biblioteca por la paciencia y colaboración brindada.

A nuestra familia por todo su apoyo y cariño durante toda la carrera.

A nuestros amigos y compañeros de estudio.

Todas las personas que nos dieron su apoyo a lo largo de nuestra formación universitaria.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	6
1. <u>RESUMEN</u>	7
2. <u>SUMMARY</u>	8
3. <u>INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	9
4. <u>OBJETIVOS</u>	16
5. <u>HIPOTESIS</u>	17
6. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	18
7. <u>RESULTADOS</u>	22
8. <u>DISCUSIÓN</u>	29
9. <u>CONCLUSIONES</u>	31
10. <u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	32
11. <u>ANEXOS</u>	38
Anexo 1.....	38
Anexo 2.....	38
Anexo 3.....	39
Anexo 4.....	39
Anexo 5.....	40
Anexo 6.....	40
Anexo 7.....	41
Anexo 8.....	41
Anexo 9.....	42
Anexo 10.....	42
Anexo 11.....	43
Anexo 12.....	43
Anexo 13.....	44
Anexo 14.....	45
Anexo 15.....	45

Anexo 16.....45
Anexo 17.....45
Anexo 18.....45

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1: Medias y desvío estándar del desempeño de los carassius en sistema de biofloc, filtro biológico y grupo control (solo aireación).....	22
Tabla 2: Medias del desempeño de <i>Cyprinus carpio</i> en sistema de biofloc, filtro biológico y grupo control (solo aireación).....	24
Tabla 3: Niveles de compuestos nitrogenados en carassius de sistema de biofloc, filtro biológico y control en semana 3 (inicial) y 14 (final).....	27
Tabla 4: Niveles de compuestos nitrogenados en carpas de sistemas de biofloc filtrabiológico y control en semana 3 (inicial) y 14 (final).....	27
Grafico 1: Peso final promedio (gr.) de <i>Carassius auratus</i> en sistema biofloc, filtro biológico y grupo control (solo aireación).....	22
Grafico 2: Longitud final promedio (cm.) de <i>Carassius auratus</i> en sistema de biofloc, filtro biológico y grupo control (solo aireación).....	23
Grafico 3: Supervivencia (%) de <i>Carassius auratus</i> en sistema de biofloc, filtro biológico y grupo control (solo aireación).....	23
Grafico 4: Índice de conversión de <i>Carassius auratus</i> en sistema biofloc, filtro biológico y control (solo aireación).....	24
Grafico 5: Peso final promedio (gr.) de <i>Cyprinus carpio</i> en sistema biofloc, filtro biológico y grupo control (solo aireación).....	25
Grafico 6: Longitud final promedio (cm.) de <i>Cyprinus carpio</i> en sistema de biofloc, filtro biológico y grupo control (solo aireación).....	25
Grafico 7: Supervivencia (%) de <i>Cyprinus carpio</i> en sistema de biofloc, filtro biológico y grupo control (solo aireación).....	26
Grafico 8: Índice de conversión de <i>Cyprinus carpio</i> en sistemas de biofloc, filtro biológico y grupo control (solo aireación).....	27

1. RESUMEN

El cultivo de peces ornamentales constituye una piscicultura comercial de gran desarrollo en Uruguay. El método tradicionalmente utilizado para producir ciprínidos de clima templado es el cultivo semi-intensivo en estanques. Este trabajo prueba diferentes modalidades de cultivo intensivo en piletas, aptas para trabajar en sistemas calefaccionados por invernadero. La recirculación con filtros biológicos tiene como desventaja el requerir recambios diarios de agua (10% del volumen total), lo que hace ese sistema menos eficiente energéticamente que la tecnología del biofloc la cual no requiere cambios de agua. En esta experiencia se emplearon 6 tanques de fibrocemento de 400 litros, en 3 de estos se colocaron 20 carpas (*Cyprinus carpio*) de $74,45 \pm 7,02$ mm de largo total en cada uno y en otros 3 se colocaron 50 carassius (*Carassius auratus*) de $67,8 \pm 10,01$ mm de largo total en cada uno. En uno de los tanques se utilizó un sistema de biofloc mediante la adición inicial de EM® (mezcla de *Lactobacillus casei*, *Rhodopseudomonas palustris*, *Saccharomyces cerevisiae*, Actinomicetos y Hongos) (A); en otro tanque se instaló un sistema de recirculación de agua con filtro biológico mediante biobolas (B) y en el tercero se utilizó un método similar al tradicional colocando solamente una entrada de aire (C) En los tanques B y C de cada especie se realizó un cambio de 1/3 de agua una vez a la semana mientras que en el A se repuso solo el agua evaporada. La experiencia duró 3 meses, siendo la longitud total final (cm), peso final (gr) sobrevivencia (%) y el índice de conversión en carpas las siguientes: A: 10.70 ± 1.44 , 21.08 ± 9.46 , 90 y 2.81; B: 11.13 ± 2.03 , 22.19 ± 11.16 , 95 y 2.38; C: 9.7 ± 1.2 , 16.91 ± 7.39 , 95 y 2.73. Mientras que en los Carassius la longitud final total (cm), peso final (gr) la sobrevivencia y el índice de conversión fueron: A: 9.65 ± 1.58 , 15.68 ± 6.29 , 76 y 2.81; B: 9.94 ± 1.32 , 15.07 ± 4.75 , 56 y 4.97; C: 8.74 ± 1.82 , 11.98 ± 5.63 , 80 y 2.62. Se aplicó análisis de varianza (ANOVA) para comparar los largos y los pesos de los peces en los distintos tratamientos y el test de Tukey para encontrar los grupos diferentes. En cuanto a los largos finales encontramos diferencias significativas en el caso de las Carpas ($p=0,0246$) y de los Carassius ($p=0,0061$), siendo el grupo diferente el C. En el caso de los pesos finales si bien en las Carpas no aparecen diferencias significativas ($p=0,2040$), en los Carassius si aparecen diferencias ($p=0,0005$), siendo el grupo diferente el C. Para comparar las sobrevivencias y los índices de conversión se realizó análisis de Chi². No se encuentran diferencias significativas de sobrevivencia en los distintos tratamientos ni en el caso de las Carpas ($p=0,7808$) ni de los Carassius ($p=0,076$). En cuanto al índice de conversión, si bien en el caso de las Carpas no hay diferencias significativas ($p=0,6940$), en el caso de los Carassius si encontramos diferencias ($p=0,0000$).

2. SUMMARY

Ornamental fish farming is a highly developed commercial farming in Uruguay. The method traditionally used is the semi-intensive culture in ponds. This work tries different intensive culture modalities, suitable for working in systems heated. The recirculating biofilters has the disadvantage to require daily water refills (10 % of total volume), which makes the system less energy efficient than biofloc technology which does not require water changes. In this experiment we used 6 cement tanks of 400 liter, in 3 of these were placed 20 "carpas" 74.45 ± 7.02 mm in total length in each and another 3 were placed 50 carassius of $67,8 \pm 10,01$ mm total length in each . In one of the tanks was used biofloc system by the initial addition of EM® (a mixture of *Lactobacillus casei*, *Rhodopseudomonas palustres*, *Saccharomyces cerevisiae* actinomycetes and fungi) (A) and in another tank installed a water recirculation system with biological filter with bio-balls (B) in the third tank was used a similar method to the traditional standing alone an air inlet (C) in tanks B and C of each species make a change of 1/3 of water once a week while the A recovered only evaporated water.

The experience total duration was three months , being the final total length (cm) , final weight (gr.) survival (%) and the conversion rate in "carpas" as follows: A: 10.70 ± 1.44 , 21.08 ± 9.46 , 90 and 2.81 ; B : 11.13 ± 2.03 , 22.19 ± 11.16 , 95 and 2.38 , C : 9.7 ± 1.2 , 16.91 ± 7.39 , 95 and 2.73. While in Carassius final length (cm) , final weight (gr.) the survival and conversion rate were: A : 9.65 ± 1.58 , 15.68 ± 6.29 , 76 and 2.81 , B: 9.94 ± 1.32 , 15.07 ± 4.75 , 56 and 4.97 , C : 8.74 ± 1.82 , 11.98 ± 5.63 , 80 and 2,62. ANOVA test of the final length in "carpas" shows significant differences among lots ($F_{2,53} = 3.98$ with $p = 0.0246$) Tukey's test shows that the different group was C , ANOVA test in Carassius final length shows significant differences among lots ($F_{2,103} = 5.36$ with $p = 0.0061$) Tukey test shows that the different group was C. In final weights while ANOVA shows no significant differences in carp ($F_{2, 53} = 1.64$ with $p = 0.2040$) . Kruskal -Wallis test shows significant differences between the weights of the Carassius (KW $10.7833 = 2-101$, $p = 0.00455$), eliminating 3 outliers from C ANOVA test shows significant differences between groups ($F_{2, 99} = 8.20$ and $p = 0.0005$) and the Tukey's test differs is the group C. Chi ² analysis between the % survival was not significantly different ($P = 0.7808$) for carp . In the case of carassius either are significant differences ($P = 0.076$) . Chi ² analysis of the conversion rates shown no significant differences in the carps ($P = 0.6940$) in the case of Carassius shown significant differences ($P = 0.0000$)

3. INTRODUCCIÓN y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Acuicultura y piscicultura

La acuicultura es una actividad que comprende el cultivo de especies animales y vegetales las cuales cumplen todo o parte de su ciclo vital en el agua, tanto en aguas continentales como costeras, interviniendo en la crianza para obtener un mayor beneficio económico, ecológico o social. Es una actividad que tiene su origen en China hace más de 2000 años. (FAO, 2003; MGAP-DINARA-FAO, 2010)

En el año 2008 la pesca de captura y la acuicultura suministraron al mundo 115 millones de toneladas de pescado destinadas al consumo. De estos, el 46% fue generado por la acuicultura. Esta representa a su vez el 76% de la producción de peces de agua dulce y el 65% de los moluscos y peces diadromos. (FAO, 2009)

La acuicultura en tanques genera un 47,4% de la producción mundial de acuicultura y un 6,2% de la producción de crustáceos. (FAO, 2006)

El cultivo de especies acuáticas es una actividad que crece año a año y de forma sostenida a nivel mundial, siendo el continente asiático donde se concentra la mayor producción, pero observándose el mayor crecimiento medio anual en América latina y el Caribe, con un 21,1%, a pesar de que entre ambos solo representan el 3,4% de la producción mundial acuícola, la cual es liderada por China con un 62,3%

Los 4 países de América latina que se reparten el 85% de la producción del continente son Chile, Brasil, Ecuador y México.. Las técnicas que se emplean para realizarla están llegando a una etapa que la colocarán a la par de la agricultura y ganadería como actividad que racionaliza el uso de recursos y generadora de alimento y trabajo.

Se espera que la acuicultura en un futuro supere a la pesca de captura, la cual ha generado una disminución de especies subexplotadas del 40% en 1970 a un 15% en 2008, así como un aumento de las sobreexplotadas, del 10% al 32% en el mismo período.

Se considera a la acuicultura como la rama de mayor producción de alimentos por hectárea, considerándose una herramienta fundamental en el futuro para la mitigación de la pobreza y para la obtención de seguridad alimentaria. (Coll Morales, 1983; FAO, 2010).

La acuicultura puede clasificarse según sus características, como ser la especie a cultivar, el medio de cultivo, la temperatura del agua, el sistema de cultivo, el número de especies a cultivar, la tecnología aplicada y la escala de producción, entre otras. Dentro de las ramas de la acuicultura, la cría de peces es denominada piscicultura, siendo la misma la de mayor importancia y producción a nivel mundial.

Según el sistema de cultivo podemos clasificarla en extensivos, intensivos, semi-intensivos y súper-intensivos. En los sistemas extensivos se produce una cantidad de peces similares a los generados en condiciones naturales con bajos costos y tecnología pero a su vez obteniendo bajas densidades y cosecha. Los sistemas intensivos buscan lograr una mayor cantidad de producción con mínimo uso de agua pero utilizando mayor alimentación artificial, esto conlleva mayores costos pero obteniendo una mayor producción. En los sistemas de cría superintensivos obtenemos una cosecha y densidad máxima, con mayores costos y llevando un estricto manejo y control de la calidad del agua. No obstante esta actividad presenta algunas limitantes como ser modificaciones en las características naturales de los

cuerpos de agua, ya sea por sustancias químicas así como la contaminación con materia orgánica, y la introducción de especies exóticas, generando cambios en el ecosistema e introducción de patógenos que afecten a las especies autóctonas. (Coll Morales, 1983; FAO, 2010).

Los sistemas de cría intensivos de peces se caracterizan por utilizar solo en parte, alimento generado en el propio sistema, y basar la alimentación en raciones balanceadas. En este tipo de sistemas se debe llevar un estricto control de la calidad y parámetros del agua que permitan un adecuado desarrollo y crecimiento de la especie a cultivar, ya que se manejan altas densidades.

Uno de los aspectos a controlar son los gases disueltos en el agua; la concentración de oxígeno depende de la fotosíntesis fundamentalmente pero también esta influida por la salinidad, la presión atmosférica y la temperatura. Es necesario mantener la saturación de oxígeno cerca del 90%, lo cual puede lograrse mediante un adecuado burbujeo u otro mecanismo. Otro aspecto a considerar es la concentración de Cloro en el agua, ya que este es extremadamente tóxico para los peces pudiendo producir lesiones branquiales y necrosis epitelial. El amoníaco se acumula en el agua como resultado del metabolismo de los animales así como por la descomposición de la materia orgánica, pudiendo resultar tóxico cuando el mismo se encuentra en exceso, por lo cual es fundamental su control mediante cambios de agua periódicos o la utilización de filtros biológicos que fomenten el desarrollo de bacterias (*Nitrosomas* y *Nitrobacter*) que realizan la transformación de amoníaco en nitrito y luego estos en nitrato, bajando la toxicidad. La presencia de vegetación también favorece el consumo de compuestos nitrogenados.

El PH del agua debe mantenerse en el rango de 6,5 a 8,5 para un óptimo desarrollo de los peces. La temperatura óptima va a depender de la especie a criar pero siempre es importante evitar los cambios bruscos de la misma.

En los sistemas intensivos se busca llevar al máximo posible la densidad de animales, viéndose esta limitada por múltiples factores como ser la calidad del agua, la renovación de la misma, la aparición de enfermedades y la competencia por el alimento. Otro factor de importancia en la cría intensiva es la alimentación, vale resaltar que tanto esta como la densidad animal no cuenta con un número ideal absoluto, sino que fluctuarán según los parámetros antes mencionados y el manejo a realizar. Los factores que influyen en la forma de alimentación son la frecuencia, el tamaño de la partícula, el tiempo de hundimiento, el precio y la temperatura del agua entre otros. (Brown, 2000; Stickney, 2000; Coll, 2010.)

3.2 Cultivo y comercio de peces ornamentales

Dentro de la piscicultura, una producción importante a nivel mundial es la piscicultura de peces ornamentales, la cual está desarrollada en todo el mundo y abarca numerosas especies de peces. El comercio internacional de peces ornamentales es estimado en valores anuales de importación en 900 millones de dólares a nivel mayorista y 3000 millones a nivel minorista, con un importante crecimiento sostenido año tras año. Estas cifras incluyen tanto a los peces cultivados como también a especies ornamentales capturadas. Más del 90% de los peces cultivados son especies de agua dulce.

Los pioneros en la producción comercial de los mismos son Singapur (país con mayor participación en el comercio mundial con un 25%), Tailandia, Indonesia, China, Malasia y Japón. Actualmente la actividad se ha extendido a la Unión

Europea (República Checa, España, Israel, Bélgica y Holanda). En Sudamérica los principales involucrados en la comercialización son Venezuela, Perú, Brasil y Colombia. El principal importador de peces ornamentales a nivel mundial es Estados Unidos. (Panné y Luchini, 2008).

3.3 Acuicultura en Uruguay

El Uruguay se encuentra en una etapa primaria del desarrollo de esta actividad, contando con un gran potencial para el futuro de este sector. La mayoría de las especies cultivadas son de agua dulce y predominan los peces por sobre los crustáceos. Los sistemas que predominan son los estanques o piletas, seguidos por el uso de jaulas y en menor cantidad los canales o raceways. En el año 2009 las especies de mayor producción fueron bagre negro (2,80 toneladas) y esturión (51,58 toneladas) (MGAP-DINARA-FAO, 2010).

El cultivo de especies ornamentales en Uruguay es realizado generalmente por productores artesanales y aficionados, destinándose la gran mayoría de la producción al mercado interno. Entre las especies cultivadas podemos definir tres grupos, los peces exóticos tropicales, los peces exóticos de clima templado (*Carassius auratus* y *Cyprinus carpio*) y los peces autóctonos. En la actualidad la especie ornamental de mayor cultivo en Uruguay es el *Carassius auratus*. (Carnevia, 2003; Carnevia, 2008).

3.4 Tecnología del biofloc

El origen de la técnica de biofloc proviene de los tratamientos de aguas residuales desde largo tiempo atrás, donde mediante productos químicos o el uso de determinados microorganismos se consigue la floculación, que permite el retiro de nutrientes de estas aguas, sin embargo hace solo 30 años Steve Serling descubrió el potencial de la tecnología de biofloc en la cría de tilapia y desde entonces se han llevado a cabo múltiples estudios al respecto. (Newman, 2011). A partir de entonces se reconoce por su sigla en inglés: BFT (biofloc technology).

“Los biofloc son agregados de microorganismos (bacterias, fitoplancton y zooplancton) asociados a partículas coloidales polímeros orgánicos y células muertas” (Froster, 1976).

Según el diccionario de la Real Academia Española, estos agregados se denominarían flóculos (del lat. *flocculus*, flecos) grumos que aparecen en una floculación; por lo que su nombre en español debería ser bioflóculos.

La BFT surge como solución a algunas de las limitantes de la cría intensiva como ser el bajo aprovechamiento de la comida (ya que los peces solo retienen un 20 a 30 por ciento de los nutrientes proporcionados en el alimento balanceado), la formación de residuos tóxicos, el costo que implican los cambios constantes de agua y el mantenimiento de la temperatura de la misma. (Avnimelech, 2007).

Los costos en alimentos son los principales componentes de los costos en sistemas de producción intensiva de peces: son de un 20-40% de los costos totales de producción (Losorsdo y Westerman, 1994; Van Wik, 2001)

En 2009 un estudio realizado por Ghanekar demostró que el uso de BFT en cría de camarones reduce los costos de alimentación en las primeras etapas del cultivo, en

un 50%, sin comprometer el crecimiento, la salud ni la supervivencia de los animales. (Ghanekar, 2009).

Esta tecnología nos permite combinar la remoción de nutrientes del agua y además la producción de una biomasa microbiana que puede ser utilizada como fuente adicional de alimento para los animales.

Las bacterias que nos interesa que se desarrollen son las heterotróficas aerobias, esto significa que se alimentan de materia orgánica, la cual se genera continuamente en estos sistemas intensivos. Estas bacterias se encargarán de tomar el Nitrógeno del agua más alguna fuente de carbono y formar proteínas, las cuales servirán de alimento a los peces una vez que se formen los biofloc (acúmulos de bacterias, otros microorganismos y partículas orgánicas de 0,1 a 2 mm). Por cada centímetro cúbico de bioflóculos se obtienen 30 mg de materia seca. La formación de los mismos se verá influida por la concentración de oxígeno, la elección de la fuente de carbono y la carga de materia orgánica presente.

Ray y colaboradores (2011) demostraron que en sistemas de BFT con bajo nivel de sólidos suspendidos el crecimiento era más rápido que en sistemas con alto nivel de sólidos suspendidos, por lo tanto la concentración de los bioflóculos, influida por pequeños cambios en el manejo, puede afectar la producción.

Es fundamental en este sistema un elevado nivel de oxigenación y aireación para conseguir que se desarrollen bacterias aerobias y que las partículas permanezcan suspendidas en la columna de agua, esto a su vez será determinante en el tamaño de la partícula. (Avnimelech, 2007; De Schryver 2008; Newman 2011).

Krummenaur y col. (2012) afirman que el uso de inóculos mínimos puede acelerar la formación de agregados microbianos en sistemas de BFT.

Una relación elevada de carbono y nitrógeno (10 a 20) es recomendada para establecer los bioflóculos en el sistema (Asaduzzaman et al., 2008; Avnimelech, 1999; Ballester et al., 2010; Hargreaves, 2006), asegurando además una mayor remoción de los productos nitrogenados desde el agua. Para la elección de la fuente de carbono debemos considerar varios aspectos, como ser, la disponibilidad de la misma, el costo, la biodegradabilidad y la eficiencia de asimilación por parte de la bacteria, siendo algunas de las utilizadas habitualmente el acetato, celulosa, dextrosa, glicerol, glucosa, tapioca, sorgo, harina de trigo, melaza y almidón. (Emerciano y col., 2012).

En un estudio para evaluar algunas de las distintas fuentes de carbono se concluyó que la adición de glicerol junto a la inoculación de *Bacillus* proporcionaba el mayor contenido de proteína, un 58% de materia seca, comparándolo con la adición de glicerol 42%, de acetato 43% y de glucosa 28%. (Crab y col., 2010).

Estudios aplicados en Tilapia del Nilo demostraron un crecimiento 45% mayor para los tanques con BFT que en los peces de tanques control (con sistema de recirculación de agua), confirmando la utilización de los bioflóculos como alimento por parte de los peces. En este estudio también se analizaron indicadores de stress (condiciones de aletas, histología de branquias, hematocrito sanguíneo y niveles de cortisol en plasma), demostrando que el mismo no era distinto entre el grupo control y el grupo con BFT (Azim y Little, 2008).

Azim y Little (2008) no encontraron diferencias significativas en términos nutricionales entre dos tratamientos de BFT cuyos alimentos tenían niveles 35 y 24 por ciento de proteína cruda, esto indicaría que la calidad de los bioflóculos es independiente a la calidad del alimento, Azim y col, 2008, en otro trabajo

encontraron utilizando los mismos niveles de alimentación algo similar, pero en el mismo no se utilizaron peces.

Los bioflóculos son un importante alimento natural que pueden ser utilizados en los sistemas de acuicultura, está demostrado que puede aportar cantidades adicionales de proteínas, lípidos, minerales y vitaminas para el camarón. (Avnimelech, 1999., Izquierdo y col., 2006; Ju y col., 2008b; Moss y col., 2006; Tacon y col., 2002; Wasielesky y col., 2006). En un estudio realizado por Emerciano y col. en 2010 en estado de post larva de camarones se encontró que los bioflóculos microbianos tenían niveles altos de proteína cruda (30.4%) similares niveles a los encontrados por Tacon y col. (2002), 31.2% y al 31.1% encontrado por Wasielesky y col. (2006). Los niveles de cenizas fueron 39.2% y de lípidos crudos fueron de 0.5% similares a los documentados por Wasielesky y col. (2006) 44.8 % y 0.47%.

Avnimelech en 2007 encontró que la composición bromatológica de los bioflóculos no es constante o única sino que varía dependiendo de la especie producida y sus hábitos alimenticios. Y que el uso del biofloc dependerá del pez, sus hábitos de alimentación así como del tamaño y densidad de la partícula del floc.

Los bioflóculos exhibieron acciones de proteasas y amilasas altas lo cual indicaría que los microorganismos residentes en los bioflóculos producirían estas enzimas que ayudarían a mejorar la digestibilidad y absorción del alimento (Xu y Lu-Quing , 2012). Estudios realizados en camarones encontraron que la presencia de bioflóculos podría estimular la producción de enzimas digestivas o aumentar su actividad. (Moss y col., 2001; Xu y col., 2012^a, 2012^b)

Una investigación realizada en 2010, en *Artemia franciscana* concluyó que en sistemas de cría con BFT se observa una considerable disminución de las infecciones por parte del *Vibrio harveyi*, con respecto a la cría en otros sistemas, lo cual podría considerarse otro beneficio de esta tecnología, su poder antipatógeno. (Crab, 2010).

Los sistemas de BFT tienen algunas limitaciones como la excesiva turbidez la cual puede tener un efecto negativo en distintas especies. Esto pudo solucionarse con drenajes de lodo y cambios semanales de agua en cultivos de camarones en tanques en Belice (McIntosh, 2000). Una práctica común en estos sistemas es el control de la cantidad de bioflóculos mediante sedimentación, con remoción de parte del contenido de bioflóculos si alcanzan altos niveles.

Estos sistemas necesitan mayores niveles de oxigenación que los tanques de agua limpia. La energía necesaria en el bombeo de agua en los filtros biológicos sería la misma destinada a la aireación (Lososrdo y Westerman, 1994)

Emerciano y col. (2010) encontró que los niveles de salinidad eran mayores en sistemas de biofloc que en controles así como el pH era mas bajo. Tendencia similar ha sido documentada por Tacon y col. (2002) y Wasielesky y col. (2006). Se podría explicar la mayor salinidad como consecuencia de la evaporación y la disminución del pH por la respiración de las bacterias heterotróficas.

En la actualidad se encuentran variedad de trabajos realizados con la BFT, la gran mayoría de los mismos están destinados a la producción de camarones y piscicultura de especies de consumo pero no se ha profundizado en el uso de esta tecnología para la producción de especies ornamentales.

El principal objetivo de este trabajo experimental es observar el comportamiento y desarrollo de 2 especies de peces ornamentales en un sistema de BFT.

3.5 Filtro biológico

Este sistema se basa en la recirculación de agua continuamente del tanque hacia el filtro, donde se encuentran las bacterias autotróficas que se encargan de transformar el amoníaco en compuestos nitrogenados menos tóxicos (Nitritos y nitratos) y devolverla al tanque principal; permitiendo así una mejor calidad de agua. A pesar de esta transformación, este sistema también requiere cambios de agua periódicos. (Brown, L. 2000).

El sistema de filtro biológico busca el desarrollo de bacterias oxidantes de amonio (*Nitrosomas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosospira*, *Nitrosolobus* y *Nitrosivibrio* son algunos de los generos entre otros), las cuales lo transforman en nitritos, y bacterias oxidantes de nitritos (*Nitrobacter*, *Nitrosococcus*, *Nitrosospira* y *Nitrospina* son algunos de los generos), que transforman los mismos en nitratos. Los dos grupos de bacterias son autótrofas y aerobios obligados (Ebeling y col, 2006).

Un biofilm maduro en el filtro biológico, apto para descender los niveles de amonio ocurre en 10-15 días (Lopes y col, 2001).

Este biofilm puede considerarse como un reservorio de bacterias potencialmente patógenas como es el caso del *Vibrio harveyi* (Karunasager y col, 1996) las cuales son difíciles de eliminar aun con el uso de varios antibióticos (Costerton y col, 1999); pero existen también en el biofilm microalgas y protozoarios que disminuyen la colonización y crecimiento de bacterias patógenas (Austin y Day, 1990; Alabi y col, 1999; Thompson y col, 1999).

3.6 Justificación de la presente investigación

La principal tecnología de producción de peces ornamentales de clima templado en Uruguay se basa en el uso de piletas de mampostería donde los peces están sometidos a cambios frecuentes de agua para poder mantener altas densidades (Carnevia y col., 2013). En estos sistemas la acumulación de sustancias nitrogenadas en lugares de cultivo es una limitante para el número de peces criados y una causa de debilitamiento que predispone a las enfermedades.

Seria conveniente realizar cambios en la tecnología de producción de peces ornamentales existentes en Uruguay, incorporando sistemas nuevos, mejorando eficacia, costos, rapidez y fundamentalmente incorporar consideraciones medioambientales. Es así que se propone el estudio de la incorporación de la Tecnología de Biofloc (BFT), tendiente a aplicarse en la producción de ornamentales de clima templado. Este sistema constituye una importante alternativa para el desarrollo del cultivo de peces ornamentales, ya que posee características que permite minimizar impactos ambientales negativos, reducir la necesidad del agua y de vertidos así como de maximizar la utilización de infraestructura reducida; todo lo cual apunta a desarrollar una acuicultura más sustentable.

Debido a esto aparecen dos tecnologías para controlar la calidad del agua en sistemas de escaso recambio de agua en piscicultura como las más estudiadas: a) La Bio-Floc Technology (BFT) que consiste en el desarrollo controlado de bioflóculos microbianos heterotróficos en la columna de agua a través de la adición de carbohidratos para balancear la relación C/N. En este sistema además de mejorar la calidad del agua, existe una síntesis microbiana de proteínas importantes que suponen un alimento de buen calidad aprovechable por los organismos de cultivo (Hari y col., 2004). El recambio de agua en este sistema es prácticamente

nulo, por lo tanto al reutilizar el agua y eliminar productos tóxicos se está mejorando enormemente el efluente con lo que disminuimos el impacto ambiental del cultivo. Por otro lado en estos sistemas se podrán utilizar densidades de siembra mayores, con lo que se podrán producir más cantidad de peces en la misma infraestructura disponible.

No hay datos sobre la aplicación de estos sistemas en producción de peces ornamentales de clima templado, por lo que es imprescindible realizar ensayos que permitan recoger datos productivos para hacer un análisis de viabilidad técnica de este sistema en Uruguay.

b) La otra variante es el sistema de recirculación (Recirculation Aquaculture System: RAS) con una instalación de filtro biológico mediante lecho bacteriano autotrófico aerobio, que permite plantear cultivos muy intensivos realizando solamente un 10% de cambio de agua diario en el sistema (Gutierrez-Wing y Halore, 2006)

3.7 Especies a utilizar en este estudio

Carassius auratus

Es una especie originaria de China, descendiente de la carpa cruciana salvaje. Actualmente se encuentran más de 240 variedades, las cuales se caracterizan por tener cuerpo corto, con la parte ventral expandida y redonda así como variedad de colores, desarrollo de aletas y forma de los ojos.

Es una especie la cual puede ser criada en gran variedad de sistemas, pero debe realizarse un manejo y manipulación cuidadosa, ya que no presenta la resistencia y rusticidad de otras especies. La temperatura para la actividad normal de la especie es entre 18 y 22 °C, a menos de 10°C comienza a disminuir la actividad y la alimentación, a menos de 6°C deja de alimentarse y a menos de 4°C hibernan. (Pao, 2012). Su alimentación es omnívora, alimentándose de fitoplancton, zooplancton, zoobentos, vegetales y detritos ricos en materia orgánica (Jha y col., 2006).

Cyprinus carpio

Esta especie es originaria de Asia central, luego expandida a China y al norte de Europa. Es una de las especies más difundidas a nivel mundial, llegando en algunos países incluso a generar problemas por su llegada a aguas libres y competencia con especies autóctonas. Se caracterizan por poseer color pardo-verdoso en el dorso y blanco amarillento en el vientre, aunque actualmente se crían también carpas ornamentales de gran variedad de colores en muchos países del mundo. Cuentan con una única aleta dorsal muy alargada, se caracterizan por tener boca gruesa, con labios que se proyectan hacia adelante y 4 babillas en el labio superior. Hay una gran variación de tamaños pudiendo llegar incluso a los 80 cm y 20 a 25 Kg. Es una especie de agua templada, siendo la óptima temperatura entre 18 y 25° C, pero poseen una gran resistencia pudiendo sobrevivir entre el 0° y 32° C. A menos de 13° bajan su crecimiento y a menos de 4° dejan de alimentarse. (Huet 1973, Herper y Pruginin 1981, Carnevia 2008.). La alimentación es omnívora, incluyendo zooplancton, zoobentos, vegetales y detritos ricos en materia orgánica (Carnevia, 2008)

4. **OBJETIVOS**

4.1 Objetivo General:

1) Comparar el crecimiento y sobrevivencia del *Carassius auratus* y *Cyprinus carpio* alojados en un sistema de cría súper-intensivo aplicando la tecnología del biofloc (BFT), comparándolo con un sistema de recirculación de agua con filtro biológico y un sistema tradicional solo con aireación.

4.2 Objetivos específicos:

1) Determinar crecimiento de los peces en los diferentes sistemas, a través de la comparación de la longitud y el peso final de los mismos.

2) Comparar índices de sobrevivencia de los peces en los diferentes sistemas.

3) Comparar índices de conversión de los peces en los diferentes sistemas.

5. HIPÓTESIS

El crecimiento de los peces será mayor en el sistema con la aplicación de BFT (Biofloc Technology) medido como aumento en longitud y biomasa de peces, que en un sistema con filtro biológico y a su vez ambos serán mayores que en el grupo testigo (solamente con aireación), sin afectar las tasas de sobrevivencia.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Materiales:

- 6 tanques rectangulares de fibrocemento con dimensiones: 100 cm de largo, 85 cm de ancho y 55 cm de alto: 450 Litros. Todos ellos numerados.
- Todos los tanques contarán con salida de aire mediante piedra porosa y tapa de tejido media sombra.
- 2 Filtros Biológicos (tanques de plástico de 80 litros con caños de PVC, bomba y como sustrato para el desarrollo de bacterias se colocó tejido media sombra plegado).
- Alimento balanceado marca Aqua R (39% PB).
- Balanza electrónica con sensibilidad 0,1 gramo.
- Ictiómetro con sensibilidad 1 milímetro.
- pHímetro digital.
- Termómetro digital.
- Kit para medición de amoníaco marca SERA.
- 2 probetas
- Calderines
- Peces: *Carassius auratus* (150 ejemplares), *Cyprinus carpio* (60 ejemplares). Tanto los *Carassius* como las carpas provienen de un solo desove para asegurar una homogeneidad genética adecuada.
- EM® (mezcla comercial de *Lactobacillus casei*, *Rhodopseudomonas palustres*, *Saccharomyces cerevisiae*, Actinomicetos y Hongos).

6.2 Metodología:

6.2. a. Armado de instalaciones.

La experiencia se llevo a cabo en el Instituto de Investigaciones Pesqueras de la Facultad de Veterinaria. El instituto se encargó de proveer los peces necesarios y las instalaciones.

Se prepararon los tanques realizando limpieza de los mismos y a 2 de ellos se le realizaron desniveles en el fondo para ser utilizados en los sistemas con biofloc.

Se instalaron filtros biológicos en 2 de los tanques y en los 6 tanques de aireación. Todos ellos estaban en el exterior, expuestos a las condiciones climáticas existentes. Luego se realizó el llenado de los tanques con agua de la red domiciliaria, y se dejaron 24 horas para que se eliminara el cloro.

En los tanques 1 y 2 se inocularon 10 ml de EM (como inóculo de bacterias y hongos heterotróficos), 10 gr. de azúcar y 10 gr. de ración durante 7 días. Todo esto para promover la generación del los bioflóculos.

6.2. b. Diseño experimental

Se uso un diseño a dos vías cruzando dos especies de peces y tres sistemas de cultivo.

El día cero se colocó los peces en los tanques, previa determinación del peso y la longitud, distribuidos de la siguiente manera:

Tanque N° 1: Sistema de biofloc, 50 *Carassius auratus*.

Tanque N° 2: Sistema de biofloc, 20 *Cyprinus carpio*.

Tanque N° 3: Filtro Biológico, 50 *Carassius auratus*.

Tanque N° 4: Filtro Biológico, 20 *Cyprinus carpio*.
Tanque N° 5: Testigo con aire, 50 *Carassius auratus*.
Tanque N° 6: Testigo con aire, 20 *Cyprinus carpio*.

6.2. c. Manejos y muestreos

A partir de ese momento se llevo a cabo un monitoreo diario de pH y temperatura del agua, además de la alimentación (3 a 6% del peso vivo) en todos los tanques. En el N° 1 y N° 2 se inocularon durante 12 días 6 ml de EM, 10 gr. de ración y 10 gr. de azúcar por día. A partir del día 12 se dejo de agregar EM y se siguió agregando el azúcar y la ración necesaria para mantener una relación C/N de 20.

Semanalmente se hicieron cambios de agua a los tanques N° 3, 4, 5 y 6 (1/3 de su capacidad).

Mensualmente se hizo un muestreo de 10 peces por tanque determinando longitud y peso, para de esta manera recalcular la cantidad de alimento a suplementar.

Periódicamente se evaluó la concentración de NH₃ y NH₄, el flujo de los filtros biológicos y la cantidad de bioflóculos en los tanques correspondientes.

La experiencia tuvo una duración de 99 días, determinando al fin de la misma la longitud y peso de cada ejemplar.

6.2. d. Análisis estadístico

a) Hipótesis estadísticas:

La utilización de la BFT permitirá un mejor crecimiento, una mejor sobrevivencia y un mejor índice de conversión alimentaría de los peces. Esto se traduce en las siguientes hipótesis estadísticas planteadas como hipótesis nulas:

- i) La media del largo final de los peces con BFT será igual a la media del largo final de los peces con filtro biológico o simplemente con aire. ($H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$).
- ii) La media del peso final de los peces con BFT será igual a la media del peso final de los peces con filtro biológico o simplemente con aire. ($H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$).
- iii) La sobrevivencia de los peces con BFT será igual a la sobrevivencia de los peces con filtro biológico o simplemente aire. ($H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$).
- iv) El índice de conversión de los peces con BFT será igual al índice de conversión de los peces con filtro biológico o simplemente aire. ($H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$).

b) Universo y unidades de análisis.

De todas las variables posibles asociadas a los sistemas de cultivo se seleccionaron solamente tres: el crecimiento de los peces, la sobrevivencia y el índice de conversión; ya que son las que tienen impacto directo sobre la rentabilidad del cultivo.

Se utilizaron peces provenientes de un mismo desove, los que fueron separados al azar en lotes sometidos a los diferentes tratamientos. La unidad de análisis para los test estadísticos de comparación de medias fueron la medida de largo total individual

de cada pez o la medida de peso individual de cada pez. La unidad de análisis para los test estadísticos de comparación de proporciones fueron la sobrevivencia de cada tanque, expresada como proporción. La unidad de análisis para los test estadísticos de comparación de índices de conversión fue el índice de conversión de cada tanque.

c) Tipo de muestreos:

En todos los casos se realizó un muestreo aleatorio simple.

a. Muestreo inicial: se pesaron y midieron todos los ejemplares de cada tanque al inicio de la experiencia para estimar el tamaño inicial (estimación de la media, desviación típica, asimetría y curtosis).

b. Muestreos intermedios: Se llevaron a cabo tres muestreos intermedios para realizar ajustes de la cantidad de ración. Se tomaron solamente la medida del peso, a los efectos de calcular la biomasa de cada tanque y realizar el ajuste de la cantidad de ración. Se muestrearon en cada caso 10 ejemplares.

c. Muestreo final: en realidad en el final del experimento se tomaron las medidas del largo total y del peso de todos los individuos de cada grupo, por lo que no se realizó un muestreo, sino que se trabajó con los datos totales de cada población.

d) Variables consideradas

Variables independientes: sistema de cultivo (BFT, filtro biológico, solo aire).

Variables que mantengo constantes para que no interfieran:

- temperatura (todos los tanques estuvieron sometidos a la misma temperatura).
- alimentación (en todos los tanques se alimentó con el mismo alimento y al mismo % de la biomasa por día).
- variabilidad genética (se utilizaron peces provenientes de un mismo desove, es decir hermanos, para minimizar la variabilidad genética).

Variables probabilísticas: igualmente existió una variabilidad genética cuyo efecto se controló al momento de formar los lotes, separando los peces al azar, por lo cual todos los lotes estuvieron sometidos a la misma variabilidad.

Variables dependientes:

- se utilizó como variables dependientes para estudiar el crecimiento de los peces el largo total (entre el extremo anterior del cuerpo hasta la parte más posterior de la aleta caudal) y el peso.
- Se utilizó como otra variable dependiente la sobrevivencia (como % de los peces sembrados).
- Se utilizó como otra variable dependiente el índice de conversión (peso del total de ración suministrado a cada tanque / aumento de la biomasa de peces del tanque).

e) Técnicas estadísticas utilizadas para análisis de los datos.

Para estudiar el efecto del sistema de cultivo sobre el crecimiento de los peces se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) simple, donde la variable dependiente fue el largo de los peces o el peso de los peces y el factor el sistema de cultivo. Se testó la homogeneidad de la varianza y la distribución normal de los datos dentro de cada grupo previo al análisis. En caso que no se cumplieron las condiciones de normalidad en alguno de los grupos se empleo una transformación Box-Cox, y si aún

así no se cumplió con las condiciones de normalidad se realizó un análisis no paramétrico (utilizamos el de Kruskal-Wallis) (Gonzales y col., 2006; Petri y Watson, 2006).

Para estudiar el efecto de los sistemas de cultivo sobre la sobrevivencia se utilizó un análisis de medias para proporciones binomiales, usando Chi^2 para comparar las proporciones de cada tratamiento contra la media de p (Cochran y Cox, 1965).

Para estudiar el efecto de los sistemas de cultivo sobre el índice de conversión se utilizó un análisis de medias para tasas, utilizando Chi^2 para comparar las tasas de cada tratamiento contra la media de las tasas (Cochran y Cox, 1965).

Para todos los test estadísticos empleados se utilizó un nivel de confianza del 95 %. Para los cálculos se utilizó el programa STATGRAPHICS Plus versión 5.1.

7. RESULTADOS

7.1. Resultados obtenidos con *Carassius auratus*

Los resultados finales del peso, longitud total, sobrevivencia e índice de conversión para cada tratamiento se muestran en la tabla 1.

Tabla. 1. Medias del desempeño (medido como peso final, largo final, sobrevivencia e índice de conversión) de los *Carassius auratus* en BFT, filtro biológico y grupo control (solo aireación).

	Peso final promedio (gr.)	Longitud final promedio (cm)	Sobrevivencia (%)	Índice Conversión
BFT	15,68 ($\pm 6,29$) ^a	9,65 ($\pm 1,58$) ^a	76 ^a	2,81 ^a
Filtro Biológico	15,07 ($\pm 4,75$) ^a	9,94 ($\pm 1,32$) ^a	56 ^a	4,97 ^b
Control	11,98 ($\pm 5,63$) ^b	8,74 ($\pm 1,82$) ^b	80 ^a	2,62 ^a

En cada columna letras distintas designan grupos significativamente diferentes.

7.1.1. Peso final

El test de Kruskal – Wallis entre los pesos finales dio una diferencia significativa entre los lotes (Estadístico K-W $_{2,101} = 10,7833$, $p = 0,00455$).

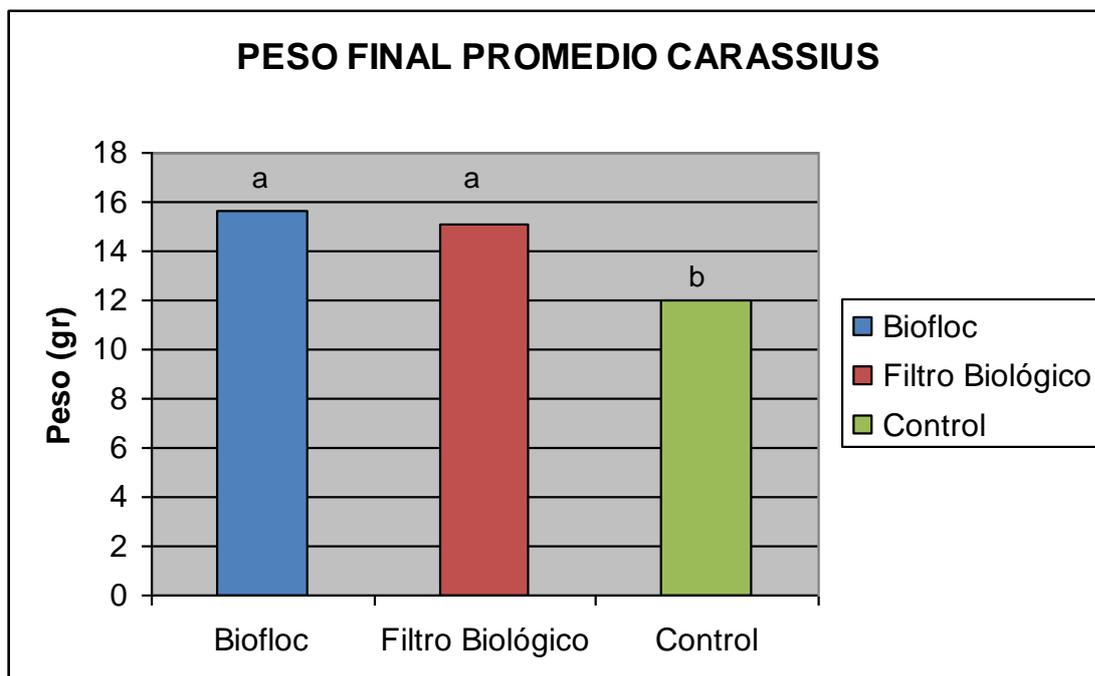
Eliminando 3 datos atípicos del grupo 3 pasamos a tener una distribución normal, pudiendo realizar el ANOVA.

ANOVA= $F_{2,99} = 8,20$ y $P = 0,0005$

Hay diferencia significativa.

Al test de rangos múltiples (Tukey) el grupo diferente es el control.

Grafico. 1. Peso final promedio (en gr) de *Carassius auratus* en sistema biofloc, filtro biológico y grupo control (solo aireación).

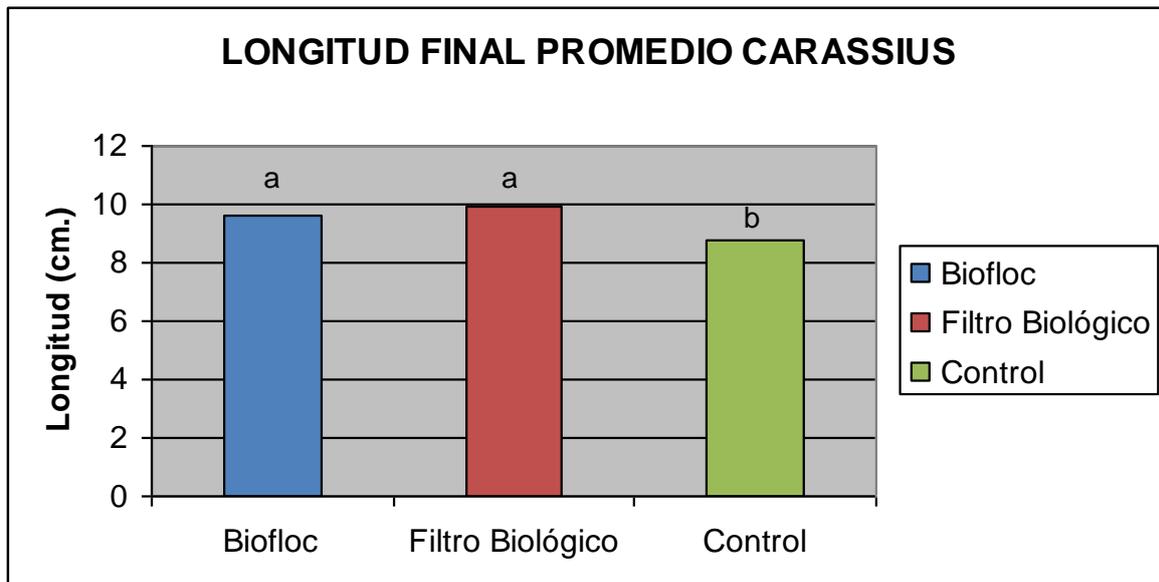


En cada columna letras distintas designan grupos significativamente diferentes.

7.1.2. Longitud final

El ANOVA entre las longitudes finales dio una diferencia significativa entre los lotes ($F_{2,103} = 5,36$ con $p=0,0061$); al test de Tuckey el grupo diferente fue el control

Grafico. 2. Longitud final promedio (en cm) de *Carassius auratus* en sistema de biofloc, filtro biológico y grupo control (solo aireación).

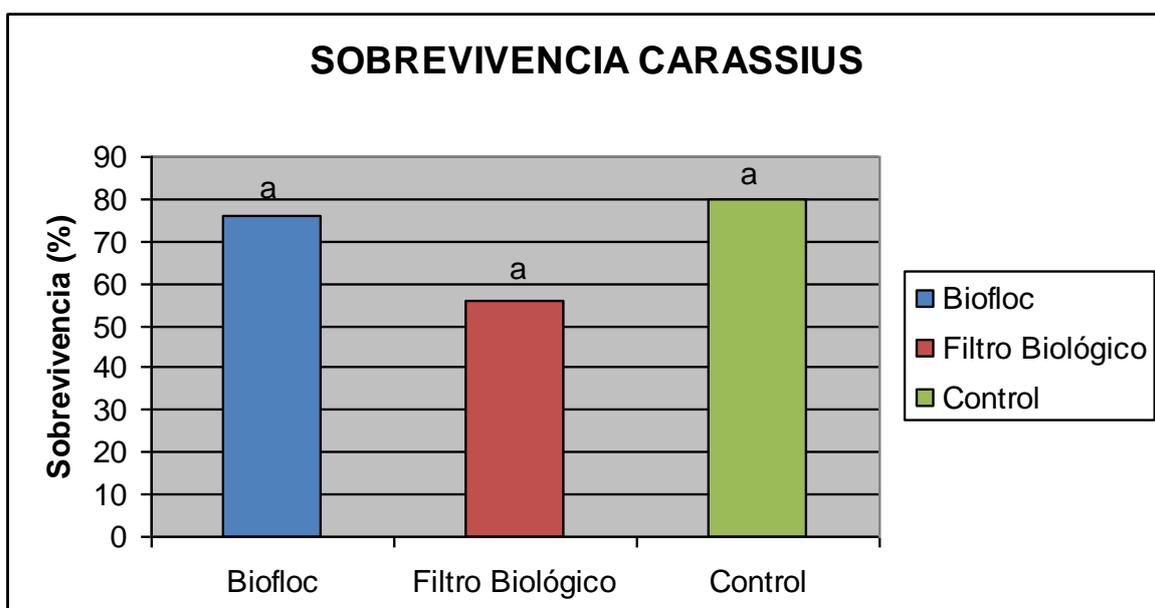


En cada columna letras distintas designan grupos significativamente diferentes.

7.1.3. Supervivencia

El análisis de Chi cuadrado de las sobrevivencias no muestra diferencias significativas ($p=0,076$).

Grafico .3. Supervivencia (%) de *Carassius auratus* en sistema de biofloc, filtro biológico y grupo control (solo aireación).

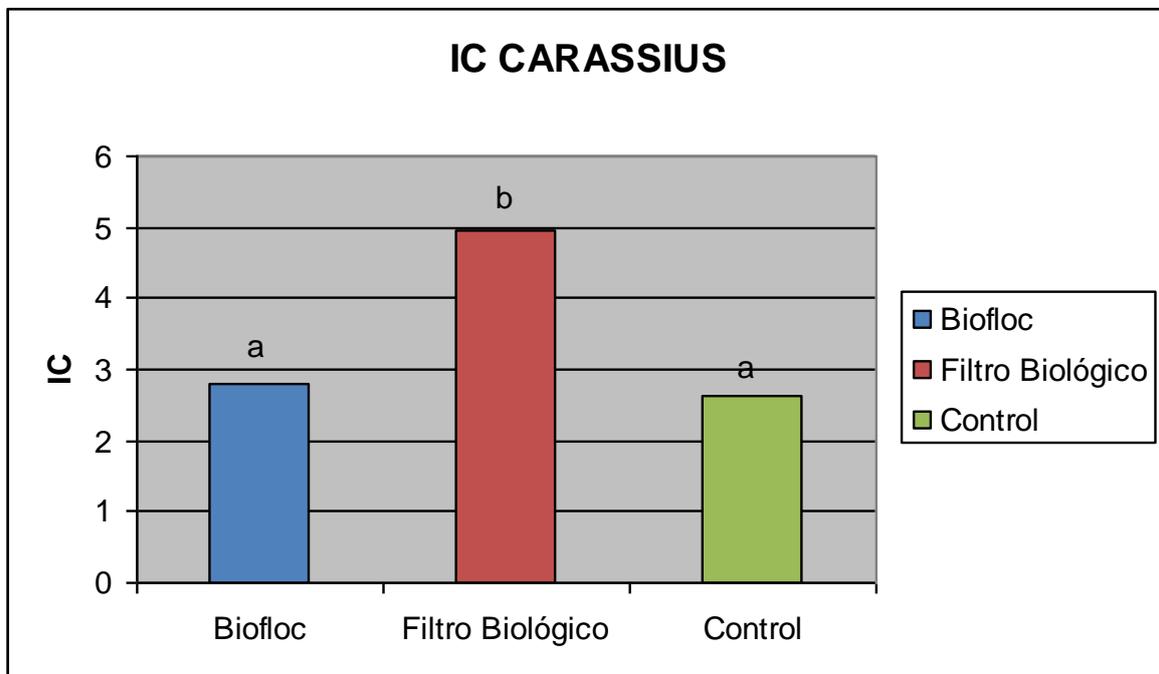


En cada columna letras distintas designan grupos significativamente diferentes

7.1.4. Índice de conversión

El análisis de Chi cuadrado de los índices de conversión muestra diferencias significativas entre los grupos. Al análisis de media global el grupo diferente es el filtro biológico que se encuentra fuera de la media global con 95% de confianza

Grafico. 4. Índice de conversión de *Carassius auratus* en sistema biofloc, filtro biológico y control (solo aireación).



En cada columna letras distintas designan grupos significativamente diferentes

7.2. Resultados obtenidos con *Cyprinus carpio*.

Los resultados finales del peso, longitud total, sobrevivencia e índice de conversión para cada tratamiento se muestran en la tabla 2.

Tabla. 2. Medias del desempeño (medido como peso, longitud total, sobrevivencia e índice de conversión) de los *Cyprinus carpio* en sistema de biofloc, filtro biológico y grupo control (solo aireación)

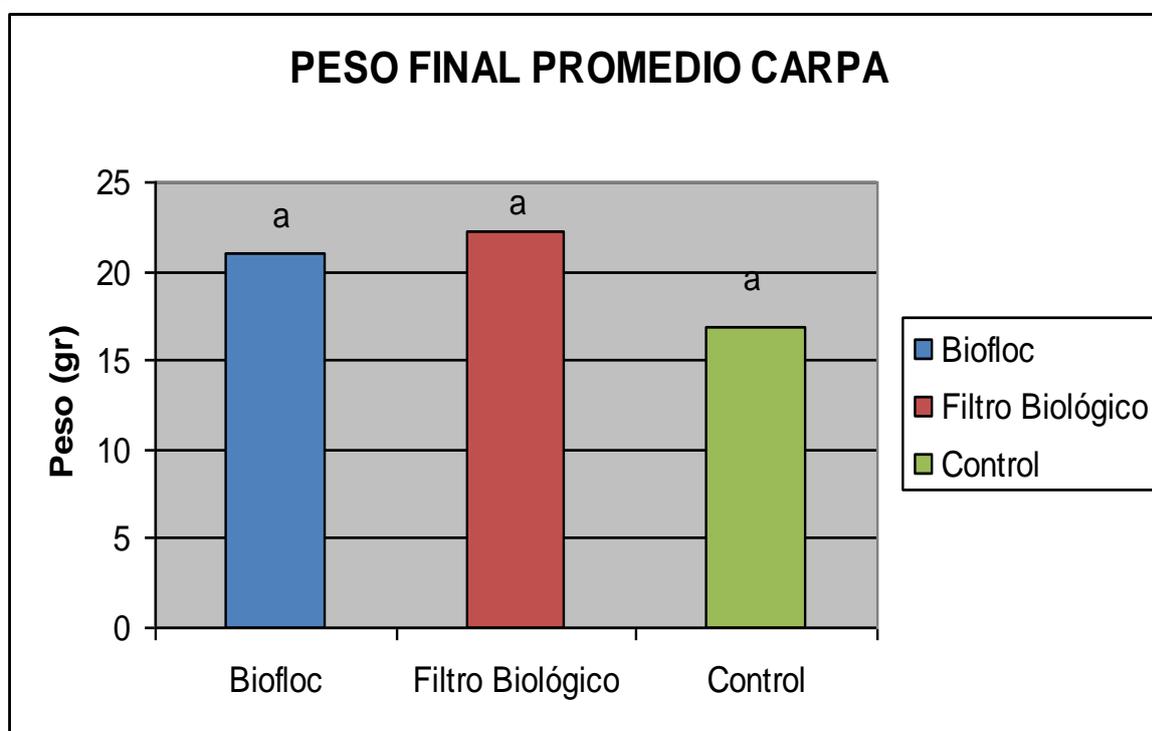
	Peso final promedio y desvío (gr)	Longitud final promedio y desvío (cm)	Sobrevivencia (%)	IC
BFT	21,08 ($\pm 9,46$) ^a	10,7 ($\pm 1,44$) ^a	90 ^a	2,81 ^a
Filtro Biológico	22,19 ($\pm 11,16$) ^a	11,13 ($\pm 2,03$) ^{ab}	95 ^a	2,38 ^a
Control	16,91 ($\pm 7,39$) ^a	9,7 ($\pm 1,20$) ^b	95 ^a	2,73 ^a

En cada columna letras distintas designan grupos significativamente diferentes.

7.2.1. Peso final

El ANOVA entre los pesos finales dio que no hay una diferencia significativa entre los lotes ($F_{2,53} = 1,64$ con $p=0,2040$)

Grafico. 5. Peso final promedio (en gr) de *Cyprinus carpio* en BFT, filtro biológico y grupo control (solo aireación).

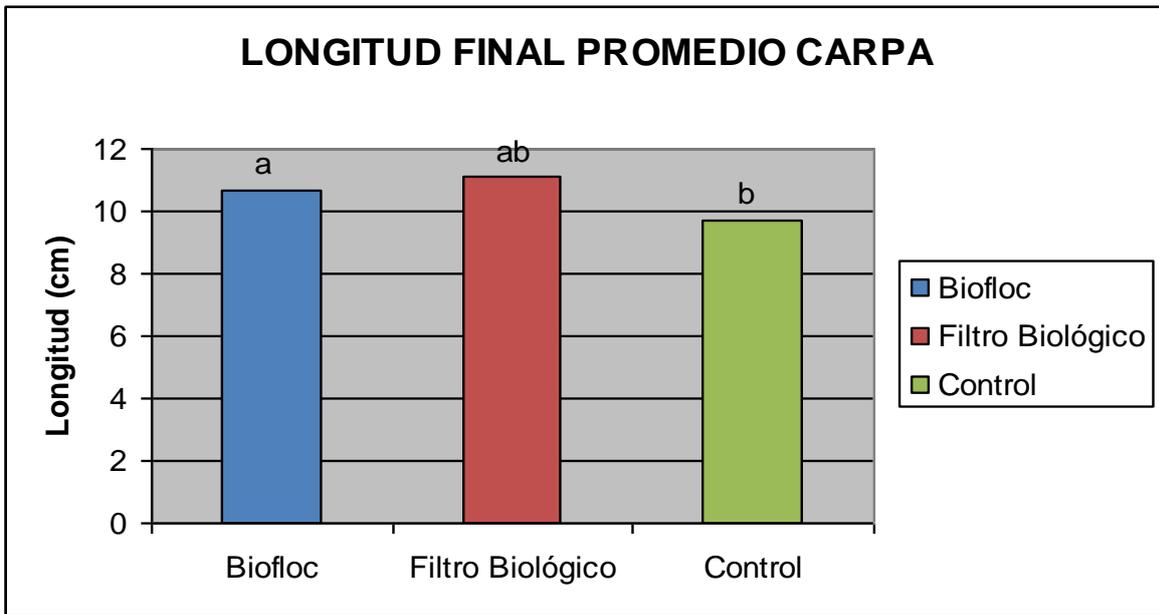


En cada columna letras distintas designan grupos significativamente diferentes

7.2.2. Longitud final

El ANOVA entre las longitudes finales dio una diferencia significativa entre los lotes ($F_{2,53} = 3,98$ con $p=0,0246$); al test de Tukey solo se encontraron diferencias entre el grupo de BFT y el control.

Grafico .6. Longitud final promedio (cm.) de *Cyprinus carpio* en BFT, filtro biológico y grupo control (solo aireación).

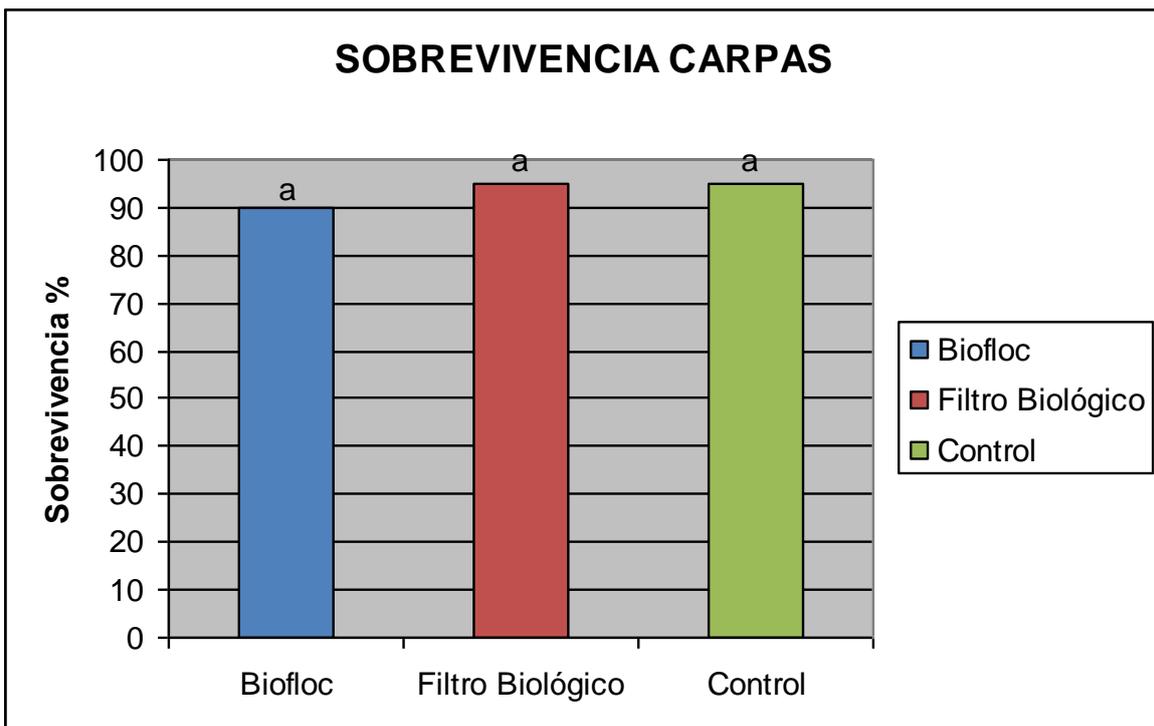


En cada columna letras distintas designan grupos significativamente diferentes

7.2.3. Supervivencia

El análisis de χ^2 de supervivencia no muestra diferencias significativas ($p=0,7808$).

Grafico. 7. Supervivencia (%) de *Cyprinus carpio* en BFT, filtro biológico y grupo control (solo aireación).

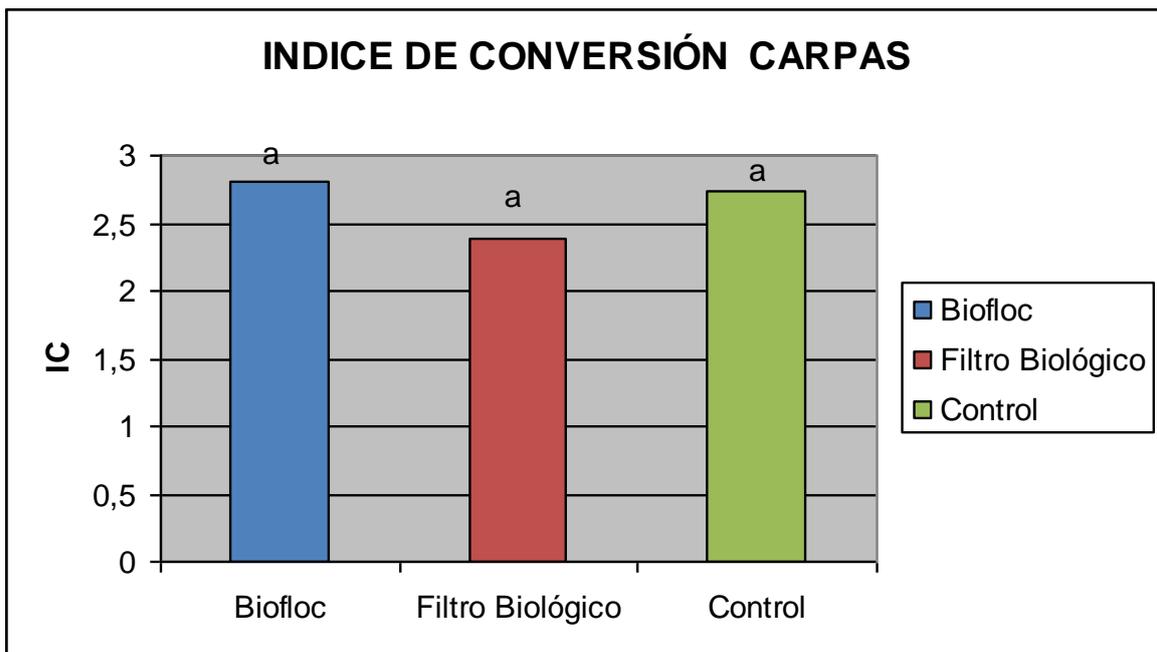


En cada columna letras distintas designan grupos significativamente diferentes

7.2.4. Índice de conversión

El análisis de χ^2 de los índices de conversión no muestra diferencias significativas ($p=0,6940$).

Grafico. 8. Índice de conversión de *Cyprinus carpio* en BFT, filtro biológico y grupo control (solo aireación).



En cada columna letras distintas designan grupos significativamente diferentes

7.3.1. Compuestos nitrogenados

Tabla.3. Niveles de compuestos nitrogenados en carasisus de sistema de biofloc, filtro biológico y control en semana 3 (inicial) y 14 (final).

CARASISUS	NH3(mg/l) inicial	NH3 (mg/l) final
Bio floc	0,6-1,2	0
Filtro biologico	0,6	0,01
Control	0	0,03

Tabla.4. Niveles de compuestos nitrogenados en carpas de sistemas de biofloc filtrabiologico y control en semana 3 (inicial) y 14 (final)

CARPAS	NH3(mg/l) inicial	NH3 (mg/l) final
Biofloc	0,6	0,01
Filtro biologico	0,6-1,2	0,17
Control	0	0

8. DISCUSION

El uso del sistema de BFT en la acuicultura es bastante reciente, si bien hay gran número de trabajos sobre distintos aspectos del mismo. El BFT permite mitigar alguna de las principales limitantes de la acuicultura intensiva como lo son el recambio de agua y los desechos de materia orgánica que alteran la calidad del agua.

Si bien existen muchos trabajos sobre el uso de la BFT para el cultivo superintensivo de camarones o de algunos peces utilizados para el consumo humano (tilapia, bagre de canal, etc.); no existen trabajos donde se utilice esta tecnología en el cultivo de peces ornamentales.

Aunque pueden estudiarse las características de este sistema de producción desde diferentes aspectos, nosotros solamente nos limitamos a evaluar el impacto de este sistema de producción en el desempeño de los peces, utilizando para esto datos sobre el crecimiento (largo y peso final), la sobrevivencia y el índice de conversión.

Crecimiento

El crecimiento de los organismos acuáticos cultivados bajo sistema de BFT suele ser mejor que en otros sistemas intensivos, fundamentalmente debido a que la calidad del agua es mejor y a que los bioflóculos ricos en proteína microbiana suplementan la dieta balanceada (Avnimelech, 1999; Azim y Little, 2008; Tacon y col, 2002). En este trabajo se encontró que los *Carassius auratus* crecieron significativamente más, bajo el sistema del biofloc o del filtro biológico, frente al cultivo solamente con aireación (tomando las medidas de largo o de peso final). En el caso de las carpas *Cyprinus carpio*, no hubo diferencias en el crecimiento medido como peso final, pero si medido como largo final. En este último caso, igual que para *C. auratus*, el grupo diferente fue el cultivado solo con aireación. Esta falta de diferencias señalada por el ANOVA en el peso final de las carpas puede deberse a que presentaron una gran dispersión de pesos; ya que las medias consideradas aisladamente parece indicar una diferencia (22.08 y 22.19 gr para BFT y filtro biológico, frente a 16.91 gr para solo aireación). En varios trabajos con distintas especies de camarón se encontró que los grupos cultivados en sistemas de BFT crecieron más que los grupos control. El control en ambos trabajos constaba de tanques con recambio de agua. (Emerciano y col, 2011; Xu y col, 2012). En tilapia (*Oreochromis niloticus*) también se encontró mayor crecimiento en sistema de BFT comparado con grupos control, siendo estos sistemas con recirculación de agua. (Azim y Little, 2008)

En resumen el desempeño en el crecimiento de los peces fue igual en sistema de BFT que en el de filtro biológico, siendo ambos mejores que el sistema control solo con aireación.

Índice de conversión

El índice de conversión de las carpas no mostró diferencias significativas entre los distintos grupos, mientras que en el caso de los *Carassius* existió una diferencia significativa entre el grupo con filtro biológico (4.97) comparado con los otros (2.81 y 2.62). Esta diferencia en el caso de los *Carassius auratus* seguramente se debió a que el índice de conversión fue calculado en base al alimento suministrado al tanque frente al aumento de biomasa, y en el caso del tanque con filtro biológico hubo una mayor mortalidad que no fue constatada rápidamente y por lo tanto el cálculo de la cantidad de alimento basado en la biomasa estimada por los otros muestreos fue

sobrevalorado. Basado en esto si descartamos el tanque con filtro biológico de *Carassius*, podemos afirmar que no hubo diferencias en los índices de conversión de los peces en los diferentes sistemas de cultivo testeados. Esto contradice lo encontrado por otros investigadores en cultivo de camarones (Xu y col, 2012) así como en tilapia del nilo (Azim y Little, 2008) donde el índice de conversión fue mayor en los grupo control. El efecto sobre el índice de conversión del cultivo basado en BFT es una cosa esperada debido al alto valor nutritivo de los bioflóculos (Tacon y col, 2002; Wasielesky y col, 2006). Tal vez en nuestro caso no se noto una diferencia del índice de conversión debido al que al ser una experiencia al aire libre, en todos los tanque sin bioflóculos, igualmente hubo una pequeña producción de alimento natural que complemento la dieta de los peces, o a que ninguna de las especies fue capaz de aprovechar como alimento a los biofloculos generados en los tanques.

Sobrevivencia

Los análisis estadísticos no muestran diferencias significativas en la sobrevivencia de los peces en ninguna de las especies, esto concuerda con trabajos realizados en tilapia (Azim y Little, 2008). En el caso del cultivo de camarón, la sobrevivencia es mayor en los cultivos que emplean BFT que en los control (Emerciano y col, 2003).

En suma como resultado de esta experiencia parecería que tanto el sistema de BFT como el sistema de filtro biológico dan mejores resultados productivos en cuanto a crecimiento en el cultivo de peces ornamentales de clima templado, que el sistema tradicional solo con aireación. Además no habrá grandes diferencias entre los distintos sistemas en cuanto al índice de conversión ni la sobrevivencia de los peces. Posiblemente el mayor efecto generado por le uso del sistema del BFT o el sistema de filtro biológico fue la mejora en la calidad del agua ya que en ambos se disminuye el contenido de restos nitrogenados del agua de cultivo por acción bacteriana. No pudimos detectar efectos benéficos por la producción de alimento complementario en forma de biofloculos, lo que puede deberse a que los peces testados no aprovechan bien este tipo de alimento. La sobrevivencia de los peces en todos los sistemas fue similar, por lo que no se detectaron efectos negativos de estos sistemas frente al sistema tradicional.

A causa de que solamente se trabajo con un grupo de peces en cada sistema, estos resultados deben tomarse como preliminares, y seria bueno realizar más trabajos con varias repeticiones por tratamiento.

Basados en estos resultados preeliminares podemos recomendar que se empleen sistemas que permitan mejorar la calidad del agua (BFT o filtro biológico) en le cultivo de peces ornamentales de clima templado en tanques, para obtener mejores crecimiento de los peces. También podría recomendarse el sistema de BFT como forma de eliminar los cambios de agua durante el cultivo, suponiendo entonces un ahorro en costos de producción, ya que el sistema tradicional se basa en un elevado recambio de agua y el filtro biológico en al menos un recambio del 10% diario.

Aunque son pocos los datos, el sistema de biofloc parece que mejora la calidad del agua que el filtro biológico y el grupo control (medido como NH₃, NO₂ y NO₃)

9. CONCLUSIONES

En cuanto a los índices productivos no encontramos diferencias entre el sistema de BFT y el de filtro biológico, por lo cual sería recomendable el sistema de BFT debido a la no necesidad de cambios de agua. Esto es más importante aún en sistemas calefaccionados por el ahorro energético que esto significaría.

Comparando el sistema de BFT con el grupo control, además de estas conveniencias hubo diferencias en algunos de los índices productivos, obteniendo mayor peso y longitud en carassius, y mayor longitud en carpas.

El sistema de BFT permite reducir el impacto ambiental ya que se puede reutilizar el agua reiteradamente si se mantiene un buen equilibrio y los residuos generados provocan un menor perjuicio en el ambiente. Además el ahorro energético mencionado anteriormente tiene beneficio económico tanto como medio ambiental.

10. **BIBLIOGRAFIA**

- 1) Alabi, A.O., Cob, Z.C., Jones, D.A., Latchford, J.W. (1999). Influence of algal exudates and bacteria on growth and survival of withe shrimp larvae fed entirely on microencapsulated diets. *Aquacult. Int.* 7(3): 137-158.
- 2) Asaduzzaman, M., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., Huque, S., Salam, M.A., Azim, M.E. (2008). C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture* 280: 117-123.
- 3) Austin, B., Day, J.G. (1990). Inhibition of prawn pathogenic *Vibrio* spp. by a commercial spray-dried preparation of *Tetraselmis suecica*. *Aquaculture* 90: 389-392.
- 4) Avnimelech, Y. (2009), *Biofloc technology a practical guide book*. Luisiana, World Aquaculture Society. 181p.
- 5) Avnimelech, Y., (1999). Carbon nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176: 227-235.
- 6) Avnimelech, Y., Kochva, M., Diab, S. (1994). Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. *Israel J. Aquacult. Bamidgeh* 46 (3): 119-131.
- 7) Avnimelech, Y. (2007). Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge biofloc technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140-147.
- 8) Azim, M.E., Little, D.C. (2008). The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 283: 29-35.
- 9) Azim, M.E., Little, D.C., Bron, J.E. (2008). Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C: N ration in feed and the implications for fish culture. *Biores. Technol.* 99: 3590-3599.
- 10) Ballester, E.L.C., Abreu, P.C., Cavalli, R.O., Emerciano, M., Abreu, L., Wasielesky, W. (2010). Effects of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in zero exchange suspended microbial flocs intensive systems. *Aquacult. Nutr.* 16: 163-172.

- 11) Brown, L. (2000), Acuicultura para veterinarios. Producción y clínica de peces. Zaragoza, Acribia. 400 p.
- 12) Carnevia, D. (2008), Análisis de las oportunidades de cultivo de especies acuáticas en Uruguay. Montevideo, DINARA/FAO, 68 p.
- 13) Carnevia, D, Costa, M. (2003). Comparación entre 4 densidades de siembra para el mantenimiento invernal de *Carassius auratus* en tanques de cemento. Bol. Inst. Inv. Pesq. 24:24.
- 14) Carnevia, D., Rosso, A., Letamendia, M., Carnales, D., Perreta, A. (2013). Segundo relevamiento de pisciculturas ornamentales en Uruguay. Primer Congreso Internacional de Veterinaria. Montevideo, 21 a 23 de noviembre, 2013. Póster (resúmenes en prensa)
- 15) Cochran, W. Y Cox, G. (1965). Diseños experimentales. Agencia para el Desarrollo Internacional, México. 659 p.
- 16) Coll Morales, J. (1983), Acuicultura marina animal. Madrid, Mundiprensa. 670 p.
- 17) Costerton, J.W., Stewart, P.S., Greenberg, E.P. (1999). Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. Science 284: 1318-1322.
- 18) Crab, R, Lambert, A, Defoirdt, T, Bossier, P, Verstraete, W. (2010). The application of bioflocs technology to protect brine shrimp (*Artemia franciscana*) from pathogenic *Vibrio harveyi*. J. Appl Microbiol, 109 (5): 1643 – 1649.
- 19) De Schryver, P, Crab, R, Defoirdt, T, Boon, N, Verstraete, W. (2008), The basics of biofloc technology: the added value of aquaculture. Aquaculture; 277: 125-137
- 20) Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J. (2006). Engineering análisis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. Aquaculture 257: 346-358.
- 21) Emerciano, M., Ballester, E., Cavalli, R, Wasielesky, W. (2011). Effect of bioflocs technology on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. Aquacult. Internat. 19:891-901.
- 22) Emerciano, M, Ballester, E, Cavalli, R, Wasielesky, W. (2012), Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis*. Aquacult. Res. (43): 447-457.

23)FAO, (2003). Review of the state or World aquaculture. FAO Fisheries Circular No. 886, Rev. 2, Rome. 95pp.

24)FAO. (2006). State of World Aquaculture 2006. Fisheries Technical Paper No500. Roma, FAO, 129p.

Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/013/i1820s/i1820s00.htm>.

Fecha de consulta: 25-8-12

25)FAO, (2010), El estado mundial de la pesca y acuicultura 2010. Roma, departamento de pesca y acuicultura de la FAO.

26)FAO, (2009). Fishery and Aquaculture Statistics, Servicios de Estadística y información, Departamento de pesca y acuicultura, FAO.Rome, 2011.

Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/016/aq187t/aq187t.pdf>

Fecha de consulta: 25 -7-13

27)Froster, C.F. (1976). Biofloculation in the activated sludge process. Water. 2: 119-125.

Disponible en:

http://www.wrc.org.za/Lists/Knowledge%20Hub%20Items/Attachments/6173/WaterSA_1976_%202_0031_abstract.pdf

Fecha de consulta:25-8-12

28)Ghanekar, A. (2009). How biofloc technology reduces feed and filtration costs in recirculated shrimp nursery systems. Aquacult Asia Pacific 5 (3): 72 – 74.

29)González, M.; Sánchez-Villegas, A. y Faulin, F. (2006) Bioestadística amigable. Madrid, Díaz de Santos. 526 p.

30)Gutierrez-Wing, M., Malon, F. (2006). Biological filters in aquaculture: trends and research directions for freshwater and marine applications. Aquacult. Eng. 34, 3: 163-171.

31)Hargreaves, J.A. (2006). Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. Aquacult. Eng. 34: 344-363.

32)Hari, B., Kuruo, B.M., Varghese, J.T., Scharama, J.W., Verdegem, M.C.S. (2004). Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture system. Aquacult. 241 179-194.

- 33) Hepher, B, Pruginin, Y, (1981), Comercial fish farming with special referente to fish culture in Israel. New York, Wiley. 261 p.
- 34) Huet, M, (1973), Tratado de piscicultura. Madrid, Mundi Prensa. 692 p.
- 35) Izquierdo, M., Forster, I., Divakaran, S., Conquest, L., Decamp, O., (2006). Effect on green and clear water and lipid source on survival, growth and biochemical composition of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquacult. Nutr. 12: 192-202.
- 36) Ju, A.Y., Forster, I., Conquest, L., Dominy, W., Kuo, w.C., Horgen F.D., (2008b). Determination of microbial community structures of shrimp floc cultures by biomarkers and análisis of flor amino acid profiles. Aquacult. Res. 39: 118-133.
- 37) Karunasagar, I., Otta, S.K., (1996). Biofilm formation by *Vibrio harveyi* of surfaces. Aquaculture 140: 241-245.
- 38) Krummenauer, D., Seif ert, C.A., Poersch, L.H., Kipper Foes, G., Rodríguez De Lara, G., Wasielesky, W. (2012). Cultivo de camaroes marinhos em sistema de bioflocos: análise da reutilizacao da agua. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, Atlantica 34 (2): 103-111.
- 39) Lopes, F., Abreu, P.C., Wasielesky, W. (2001). Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. Aquaculture 203 (2002): 263-278.
- 40) Lososrdo, T.M., Wesrerman, P.W. (1994). An análisis of biological. Economic, and engineering factors affecting the cost fish production in recirculating aquaculture systems. J. Words Aquacult. Soc. 25: 193-203.
- 41) Mcltosh, P.R. (2000). Changing paradigms in shrimp farming. IV. Low protein feeds and feeding strategies. Global Aquacult. Adv. 3: 44-50.
- 42) MGAP-DINARA-FAO. (2010). Manual básico de piscicultura en estanques/Uruguay. Dirección Nacional de Recursos Acuáticos. Montevideo. Departamento de Acuicultura. 50 p.
- 43) Moss, S.M., Divakaran, S., Kim, B.G. (2001). Stimulating effects on ponds water on digestive enzyme activity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Bonne) Aquacult. Res. 32: 125-131.
- 44) Moss, S.M., Forster, I.P., Tacon, A.G.J. (2006). Sparing effect of pond water on vitamins in shrimp diets. Aquacult. Res. 258: 388-395.
- 45) Newman, S, (2011), Understanding biofloc in aquaculture production systems. Aquaculture Asia Pacific Magazine, 7 (2): 25-26.

46) Panné, S, Luchini, L. (2008). Panorama actual del comercio internacional de peces ornamentales. Dirección de acuicultura. Subsecretaría de acuicultura, MAGP. Argentina 27p.

Disponible

en: http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/06_Publicaciones/archivos/081110_Panorama%20actual%20de%20comercio%20internacional%20de%20Peces%20Ornamentales.pdf?PHPSESSID=142cee54b4a0e9314e575b4bf364eda5

Fecha de consulta: 25-8-2012

47) Pao, X, (2012), Training course on Aquaculture of Developing Countries. Wuxi, Freshwater Fisheries Research Center of Chinese Academy of Fishery Sciences. 478p.

48) Petri, A., Watson, P. (2006) Statistics for Veterinary and Animal Science. Oxford. Blackwell Science. 312 p.

49) Ray, J, Dillon, K, Lotz, J. (2011). Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive mesohaline culture systems with two levels of biofloc management. Aquacult. Eng. 45: 127 – 136.

50) Stickney, R, (2000), Encyclopedia of Aquaculture. New York, Wiley. 988p.

51) Tacon, A.G.J., Cody, J.J., Conquest, L.D., Divakaran, S., Forster, I.P., Decamp, O.E. (2002). Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Bonne) fed different diets. Aquacult. Nutr. 8: 121-139.

52) Thompson, F.L., Abreu, P.C. Cavalli, R.O. (1999). The use of microorganisms as food source for *Penaeus paulensis* larvae. Aquaculture 174: 139-153.

53) Van Wik. P.M., (2001). Designing efficient indoor shrimp production systems: a bioeconomic approach. In Browdy, C.L., Jory, D.E. (Eds.), The New Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Farming, pp.285-291. World Aquacult. Soc, Baton Rouge, Luisiana, 375p.

54) Wasielesky, W., Atwood, H., Stokes, A., Browdy, C.L. (2006). Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 258: 396-403.

55) Xu, W.J., Pan, L.Q., Sun, X.H., Huang, J. (2012a). Effects of bioflocs water quality, and survival, growth and digestive enzyme activities of

Litopenaeus vannamei (Bonne) in zero exchange culture tanks.
Aquaculture Research,
Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03115.x>.
Fecha de consulta: 28-9-2012

56) Xu, W.J., Pan, L.Q., Zhao, D.H., Huang, J. (2012b). Preliminary investigation into the contribution of floc on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in zero-water exchange culture tanks. Aquaculture,
Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.003>.
Fecha de consulta: 28-9-2012

11. ANEXOS

Anexo. 1. Parámetros del agua semanales (medias de temperatura (°C) y pH) y mediciones de compuestos nitrogenados en agua en tanque de biofloc con *Carassuis auratus*.

Semana	Temperatura (°C)	pH	Calidad del agua
1	23,85	8,47	
2	23,04	8,08	
3	21,84	8,01	NH3-0,6-1,2 mg/L, NO2 menor a 0,1 mg/L, NO3-0
4	24,38	8,11	
5	24,2	8,25	
6	23,82	8,21	
7	19,93	8,17	
8	20,16	8,19	
9	23,56	8,05	
10	20,38	7,98	
11	20,7	7,99	
12	15,24	7,57	
13			
14	18,86	7,93	NH4-0 mg/L, NH3- 0 mg/L

Anexo. 2. Parámetros del agua semanales (medias de temperatura (°C) y pH) y mediciones de compuestos nitrogenados en agua en tanque de biofloc con *Cyprinus carpio*.

Semana	Temperatura (°C)	pH	Calidad del agua
1	24,05	8,08	
2	23,24	7,95	
3	21,92	7,81	NH3- 0,6 mg/L, NO2 menor a 0.1 mg/L, NO3-0
4	24,6	7,88	
5	23,48	8,27	
6	24,12	8,27	
7	20,3	8,19	
8	20,32	8,17	
9	23,62	8,1	
10	20,5	8,21	
11	20,74	8,29	
12	15,12	8,1	
13			
14	18,74	8,1	NH4- 0,2 mg/L, NH3- 0,01 mg/L

Anexo. 3. Parámetros del agua semanales (medias de temperatura (°C) y pH) y mediciones de compuestos nitrogenados en agua en tanque de filtro biológico con *Carassius auratus*.

Semana	Temperatura (°C)	pH	Calidad del agua
1	24,15	8,11	
2	23,06	7,9	
3	22	7,81	NH3- 0,6 mg/L, NO2 menor a 0.1, NO3- 5.10 mg/L
4	24,66	7,74	
5	25,14	7,51	
6	24,77	7,58	
7	20,77	7,57	
8	21,82	7,68	
9	23,74	7,66	
10	20,74	7,83	
11	21,08	7,83	
12	15,7	7,9	
13			
14	19,22	7,71	NH4- 0,4 mg/L, NH3- 0,01 mg/L

Anexo. 4. Parámetros del agua semanales (medias de temperatura (°C) y pH) y mediciones de compuestos nitrogenados en agua en tanque de filtro biológico con *Cyprinus carpio*

Semana	Temperatura (°C)	pH	Calidad del agua
1	22,68	8,17	
2	22,78	8,05	
3	21,88	7,92	NH3- 0,6-1,2 mg/L, NO2- 1,6-3,3 mg/L, NO3- 5-10 mg/L
4	24,6	7,73	
5	25,34	7,38	
6	24,64	7,45	
7	20,87	7,49	
8	20,6	7,49	
9	23,66	7,51	
10	20,74	7,58	
11	21,04	7,6	
12	15,56	7,57	
13			
14	19,04	7,53	NH4- 10 mg/L, NH3- 0.17 mg/L

Anexo. 5. Parámetros del agua semanales (medias de temperatura (°C) y pH) y mediciones de compuestos nitrogenados en agua en tanque control con *Carassius auratus*.

Semana	Temperatura (°C)	pH	Calidad del agua
1	23,95	8,19	
2	21,4	8,1	
3	21,76	8,16	NH3- 0 mg/L, NO2- 0 mg/L, NO3 0 mg/L
4	24,3	7,89	
5	25,28	7,4	
6	24,26	7,51	
7	20,67	7,68	
8	20,44	7,62	
9	23,3	7,62	
10	20,52	7,6	
11	20,86	7,65	
12	15,24	7,56	
13			
14	18,78	7,93	NH4- 0,5 mg/L, NH3- 0,03 mg/L

Anexo. 6. Parámetros del agua semanales (medias de temperatura (°C) y pH) y mediciones de compuestos nitrogenados en agua en tanque control con *Cyprinus carpio*.

Semana	Temperatura (°C)	pH	Calidad del agua
1	23,95	8,22	
2	22,14	8,21	
3	21,6	8,23	NH3- 0 mg/L, NO2- 0 mg/L, NO3- 0 mg/L
4	21,14	7,92	
5	24,98	7,58	
6	24,14	7,68	
7	20,77	7,75	
8	20,28	7,66	
9	23,1	7,69	
10	20,46	7,58	
11	20,6	7,6	
12	15,2	7,62	
13			
14	18,68	8,01	NH4- 0 mg/L, NH3- 0 mg/L

Anexo. 7. Peso total (gr.) en los distintos muestreos (días 1, 29, 59 y 99) en los distintos sistemas.

Fechas	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3	Tanque 4	Tanque 5	Tanque 6
Día 1	226 gr.	120 gr.	213 gr.	142 gr.	209,5 gr.	101 gr.
Día 29	339,8 gr.	209 gr.	362,4 gr.	217 gr.	239,4 gr.	154 gr.
Día 59	504 gr.	373gr	664,8 gr.	392 gr.	396 gr.	328 gr.
Día 99	595,1 gr.	379,4 gr.	440 gr.	454,3 gr.	519,6 gr.	321,3 gr.

Anexo. 8. Peso final (gr.) y largo final (cm.) de *Carassius auratus* en sistema de bio floc.

	Largo (cm.)	Peso (gr.)
1	10	21,8
2	11,8	23,4
3	11	13,1
4	7,8	11,8
5	11,5	17,8
6	11,6	19,9
7	9	10,3
8	8,3	7,2
9	10,2	15,6
10	9,6	13,8
11	10,8	11,9
12	8,9	13
13	11,9	27,7
14	9,1	34,5
15	9,5	21
16	9,1	9,7
17	10,2	14,8
18	10,5	17,3
19	11,1	19,4
20	7,3	13,3
21	11,5	18,3
22	10,5	21,5
23	10,4	21,8
24	7,6	10,6
25	9,8	18,1
26	11,9	22,3
27	10,2	15,9
28	6,8	6
29	7,7	9,5
30	11,5	17,4
31	9,7	22,2
32	6,1	5,2
33	9,2	9,2
34	7,9	14,7

35	8,3	10,2
36	10,7	16,2
37	10,8	13,6
38	7	5,9

Anexo. 9. Peso final (gr.) y largo final (cm.) de *Cyprinus carpio* en sistema de bio floc.

	Largo (cm.)	Peso (gr.)
1	10,5	17,9
2	11,1	22,5
3	9,3	12,5
4	12,8	39,1
5	8,7	9,8
6	11,5	23,8
7	12,5	32,3
8	12,2	27,3
9	9,5	12,4
10	9,8	16
11	10,4	18,3
12	11,9	32,8
13	10,6	18,1
14	13,2	38,1
15	8,2	8,4
16	10,2	17,5
17	11	21,3
18	9,3	11,3

Anexo. 10. Peso final (gr.) y largo final (cm.) de *Carassius auratus* en sistema de filtro biológico.

	Largo (cm.)	Peso (gr.)
1	11	15,6
2	12	16,7
3	8,6	19,1
4	10,9	14,2
5	10,2	11,2
6	10	19,8
7	9,7	19,1
8	11,9	33
9	9,1	9
10	7,1	12,5
11	9,2	12,7
12	9	13,7
13	10,6	17,5
14	10,1	16,1

15	11,7	26,2
16	8,3	8,2
17	11,2	18,8
18	9,4	11,6
19	7,2	8
20	11,4	26,2
21	10,2	12,5
22	9,9	13,5
23	11,3	18,2
24	11,3	16,6
25	9,5	10,5
26	10,1	17,3
27	9,1	12,8
28	8,4	9,4

Anexo. 11. Peso final (gr.) y largo final (cm.) de *Cyprinus carpio* en sistema de filtro biológico.

	Largo (cm.)	Peso (gr.)
1	15,6	45,4
2	10,1	16,7
3	14,6	41,9
4	10,5	16,7
5	8,9	9
6	11,6	21,9
7	9	11,6
8	11,4	21,9
9	13,1	35,3
10	11,7	28,9
11	14,1	38
12	11,1	22,8
13	9,9	14,7
14	10,5	15,8
15	8,3	8,8
16	10,5	19,4
17	12	27,5
18	9,4	14,9
19	9,1	10,5

Anexo. 12. Peso final (gr.) y largo final (cm.) de *Carassius auratus* en grupo control.

	Largo (cm.)	Peso (gr.)
1	7,3	12,5
2	5,1	4,3
3	11,4	52,2
4	12,3	28,7
5	7,1	11,8

6	12,4	29,1
7	7,6	15,6
8	7,9	8,5
9	8,5	13,7
10	10	15,6
11	8,6	15,1
12	10,6	19,7
13	6,2	9,5
14	11,1	18,9
15	5,1	4,7
16	11,1	13,2
17	9	8,8
18	9,1	9,5
19	7,2	8
20	11,4	15,5
21	9,1	12,7
22	8,8	10,4
23	8,5	9,9
24	8,7	17,3
25	7,1	4,2
26	8,7	10,2
27	8,6	10
28	10,6	16,4
29	6,9	10,1
30	7,6	7,1
31	8,2	5,3
32	5,4	6,1
33	9,2	12,8
34	7,1	10,3
35	9,3	9,8
36	9	7,2
37	10,3	13,7
38	9,6	10,7
39	7,9	5,8
40	10	14,7

Anexo. 13. Peso final (gr.) y largo final (cm.) de *Cyprinus carpio* en grupo control.

	Largo (cm.)	Peso (gr.)
1	8,1	8
2	10,2	26
3	9,2	13,8
4	12,2	32,3
5	10,6	19,8
6	9,9	16,5
7	11,1	30,8
8	10,5	22
9	9,6	13
10	8,7	12,2

11	9,5	13,2
12	9,9	15,9
13	10,1	17
14	8,5	10,6
15	9,1	13,1
16	9,9	15,3
17	11,5	25,8
18	7,7	7,4
19	8	8,6

Anexo. 14. Parámetros estadísticos del peso final (gr.) en *Carassius auratus*.

	x	Desvío	Asimetría típicada	Curtosis típicada
Biofloc	15,68	6,29	1,6579	1,0305
Filtro biológico	15,07	4,75	1,4463	0,4661
Solo aire	11,98	5,63	3,3277	3,1832

Anexo.15. Parámetros estadísticos del peso final (gr.) del grupo control en *Carassius auratus* luego de eliminar 3 datos atípicos.

	x	Desvío	Asimetría típicada	Curtosis típicada
Solo aire	11,036	4,14	0,502	-0,825

Anexo. 16. Parámetros estadísticos de longitud final (cm.) en *Carassius auratus*.

	x	Desvío	Asimetría típicada	Curtosis típicada
Biofloc	9,65	1,58	-1,1381	-0,9065
Filtro biológico	9,94	1,32	-0,8512	-0,3721
Solo aire	8,74	1,82	-0,0087	-0,3591

Anexo. 17. Parámetros estadísticos del peso final (gr.) en *Cyprinus carpio*.

	x	Desvío	Asimetría típicada	Curtosis típicada
Biofloc	10,7	1,44	0,1573	-0,7357
Filtro biológico	11,3	2,03	1,3919	-0,0402
Solo aire	9,7	1,2	0,3548	-0,238

Anexo. 18. Parámetros estadísticos de longitud final (cm.) en *Cyprinus carpio*.

	x	Desvío	Asimetría típicada	Curtosis típicada
Biofloc	21,08	9,46	1,0975	-0,5167
Filtro biológico	22,19	11,16	1,4205	-0,3385
Solo aire	16,91	7,39	1,4318	-0,1919