

**Comparación de Parámetros zootécnicos y de calidad de agua de tres sistemas de precría  
de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en el Municipio de Puerto Triunfo.**

**Trabajo de grado para optar al título de Zootecnista**

**Juan Pablo Carvajal Echeverri**

**Asesor**

**Carlos Arturo David Rúales**

**Biólogo M.Sc. en Acuicultura**

**Corporación Universitaria Lasallista**

**Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias**

**Zootecnia**

**Caldas-Antioquia**

**2014**

## TABLA DE CONTENIDO

Lista de tablas .....	4
Lista de Gráficas .....	5
Lista de apéndices .....	6
Glosario de términos .....	7
Resumen.....	8
Introducción .....	9
Justificación del proyecto .....	11
Objetivos .....	12
General: .....	12
Específicos: .....	12
Marco teórico .....	13
La tilapia.....	13
Reseña histórica.....	13
Reproducción.....	14
Fases en la producción de tilapia.....	15
Pre cría.....	15
Levante .....	15
Engorde.....	15
Calidad de agua .....	16
Temperatura.....	17
Alcalinidad del agua .....	17
La salinidad.....	18
El pH.....	18
Amonio .....	19
Nitrito y nitrato .....	20
Oxígeno disuelto.....	21
Fósforo.....	21
Enfermedades .....	22
Causadas por hongos .....	22

Causadas por bacterias.....	22
Alimentación y nutrición de la tilapia.....	23
Sistemas de producción de tilapia.....	24
Sistema de producción en estanques abonados.....	25
Sistema con renovación de agua y aireación mecánica.....	26
Sistema de producción raceways.....	26
Sistemas de recirculación.....	26
Sistemas de cero recambio.....	27
Acondicionador AQUAPRO™.....	29
Materiales y métodos.....	30
Sistemas de precría (tratamientos).....	30
Piletas de sin recambio(SR).....	30
Piletas de recambio constante (RC).....	31
Japas (J).....	31
Parámetro de calidad de agua.....	32
Parámetro zootécnicos.....	32
Análisis de resultados.....	36
Discusión.....	42
Conclusiones.....	46
Referencias.....	47
Apéndices.....	53

## Lista de tablas

Tabla 1 Requerimiento de calidad de agua para tilapia roja ( <i>Oreochromis</i> spp) .....	17
Tabla 2 Enfermedades bacterianas en tilapia.....	23
Tabla 3. Comparación de Parámetro zootécnicos de 3 sistemas de precría de Tilapia. ....	36
Tabla 4. Comparación de Parámetro de calidad de agua de 3 sistemas precría.....	39

## Lista de Gráficas

Gráfica 1. Comparación de ganancia peso de tres sistemas de precría durante 4 semanas. ....	37
Gráfica 2. Comparación de conversión alimentaria de tres sistemas de precría durante 4 semanas. .....	37
Gráfica 3. Comparación de ganancia en talla de tres sistemas de precría durante 4 semanas.....	38
Gráfica 4. Comparación de pH de tres sistemas de precría durante 4 semanas.....	40
Gráfica 5. Comparación de la Concentración de oxígeno (mg/l) de tres sistemas de precría durante 4 semanas.....	40
Gráfica 6. Comparación de la temperatura (C°) de tres sistemas de precría durante 4 semanas. .	41

## Lista de apéndices

Apéndice A. Foto satelital estación piscícola Doradal.....	53
Apéndice B. Piletas de sin recambio, con sistema de aireación auxiliar .....	54
Apéndice C. Piletas de recambio constante. ....	54
Apéndice D. Sistema de japa. ....	55
Apéndice E. Formato de seguimiento de Parámetro de calidad de agua .....	56
Apéndice F. Formato de seguimiento de Parámetro zootécnicos .....	57
Apéndice G. Formato de seguimiento de alimento consumido .....	58
Apéndice H. Formato de seguimiento de mortalidad.....	59
Apéndice I. Especificaciones técnicas de la sonda multiparamétrica Hanna Hi 991300.....	60
Apéndice J. Especificaciones técnicas del método de espectrofotometría del equipo Exact Eco-check ....	60
Apéndice K. Especificaciones técnicas de la sonda MW 600. ....	60

## Glosario de términos

**Acuicultura:** Técnica del cultivo de especies acuáticas vegetales y animales.

**Cardumen:** Conjunto de peces.

**Enzima:** Proteína que cataliza específicamente cada una de las reacciones bioquímicas del metabolismo.

**Especie:** Cada uno de los grupos en que se dividen los géneros y que se componen de individuos que, además de los caracteres genéricos, tienen en común otros caracteres por los cuales se asemejan entre sí y se distinguen de los de las demás especies.

**Híbrido:** Dicho de un animal o de un vegetal: Procreado por dos individuos de distinta especie.

**Línea:** Es la descendencia de uno o más individuos de constitución genética idéntica, obteniéndose por autofecundación o cruces endogámicos.

**Oceanografía:** Ciencia que estudia los mares y sus fenómenos, así como la fauna y la flora marinas.

**Omnívoro:** Dicho de un animal: Que se alimenta de toda clase de sustancias orgánicas.

**Parámetro:** Dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación.

**Poiquilotermia:** Incapacidad de regulación de la temperatura del cuerpo, por lo que esta varía de acuerdo con la temperatura ambiental.

**Respiración:** Conjunto de reacciones metabólicas por el que las células reducen el oxígeno, produciendo energía y agua.

**Testosterona:** Hormona producida por los testículos que tiene por función el desarrollo de las glándulas genitales y el mantenimiento de los caracteres secundarios del varón

### Resumen

El estudio se realizó en la estación Piscícola Doradal, localizada a 165 km de Medellín, en el corregimiento de Doradal, del Municipio de Sonson, Antioquia y ubicada a 300 M.S.N.M. Se evaluaron 3 sistemas de precría: sistema uno, sin recambio de agua (S.R.), con aplicación semanal de acondicionador y aireación auxiliar; el sistema dos, recambio constante de agua (R.C.), en piletas de cemento y el sistema tres, en estanques en tierra con utilización de japas (J). En los tratamientos se determinaron los Parámetro zootécnicos: conversión alimentaria (CA), ganancia de peso (GP), porcentaje de sobrevivencia (%S), consumo (C) y ganancia detalla (GT) y, se midieron pH, temperatura (T°C); concentración de oxígeno disuelto (OD), amonio (NH<sub>3</sub>), nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) y nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) como parámetro de calidad de agua. El tiempo de evaluación fué de 28 días. No se encontró diferencias significativas (P<0.05) en CA; GP y amonio (NH<sub>3</sub>) entre los 3 tratamientos, si se encontró diferencias significativas ( P<0.05) entre los tratamientos para %S,GT, pH, temperatura, OD, concentración de nitritos y nitratos. Conclusión: El sistema de precría S.R con aplicación de acondicionador, demostró tener parámetros de calidad de agua adecuados para la tilapia roja, con las ventaja de cero recambio y mayor eficiencia en el manejo del agua, lo cual hace de este sistema una alternativa como estrategia para épocas de baja pluviosidad.

**Palabras Clave:** Tilapia roja, precría, sin recambio, parámetro de calidad de agua y parámetro zootécnicos.

## Introducción

La tilapia es un pez originario de África, que debido a su fácil reproducción, fácil manejo, productividad y a su aceptación cultural, es el segundo pez de cultivo más consumido en el mundo (Possebon, Criscuolo, Machado y Castagnolli, 2004). Para la producción de la tilapia existen en general 3 sistemas: 1) sistemas extensivos, en el cual se utilizan de 1 - 2 peces/ m<sup>3</sup>, 2) sistemas semi-intensivos, en el cual se utiliza de 3 - 8 peces/ m<sup>3</sup>, y 3) sistemas intensivos y super-intensivos los cuales manejan de 10-100 peces/ m<sup>3</sup> (Hsien-Tsan y Quintanilla, 2008), estos últimos requieren de la implementación de aireación artificial; además, los sistemas intensivos y súper intensivo, basan su alimentación en dietas completas, que generan gran cantidad de desechos, como compuestos nitrogenados y de fósforo, estos residuos terminan en el agua de ríos o lagos, generando una eutrofización excesiva, afectando negativamente la fauna y flora de los ecosistemas acuáticos, motivo por el cual, los gobiernos han venido regulando el vertimiento de estos desechos, por medio de la implementación de leyes que regulan el manejo del agua para la industria acuícola (Avnimelech, 2011). Por otro lado el país, al igual que el mundo, viene presentando un cambio en el comportamiento del clima, estimándose una reducción futura del 30% de las precipitaciones en algunas regiones y aumento de la temperatura entre 1 a 2 °C, aproximadamente (Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, 2010), por lo cual es necesario que la industria piscícola Colombiana empiece a evaluar diferentes estrategias para afrontar los problemas de escasez de agua que pueda haber en el futuro cercano; actualmente se encuentra en la industria piscícola, algunos sistemas de bajo recambio o sin recambio que pueden dar solución a estos problemas, como lo son los sistemas de recirculación, sistema de biofloc o algunos más sencillos como la aplicación periódica de acondicionadores de agua. Por lo anterior el objetivo de este proyecto fue comparar los parámetros zootécnicos y de calidad de agua de tres

sistemas de precría de tilapia roja (*Oreochromis* spp.), SR; RC y J.

## Justificación del proyecto

La producción mundial de peces comestibles ha venido creciendo a una tasa media de 7,7% (1990-2012), (Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, 2014), parte de este crecimiento es limitado por la disponibilidad de agua y tierra adecuados y la implementación de leyes que regulan el uso del agua con fines acuícolas, (Avnimelech, 2011), en cuanto al manejo de esta agua, en la acuicultura, uno de los mayores problemas es la acumulación de amonio y nitritos, producto del metabolismo y descomposición de los alimentos en los estanques, ya que éstos, aun en bajas concentraciones, son tóxicos para los peces, y pueden causar su muerte (Colt and Armstrong, 1981, como se citó en Avnimelech, 1999), para dar solución, a este problema se han implementado estrategias, como la utilización de sistemas de recirculación, los cuales por medio de filtros físicos, químicos y biológicos retiran los contaminantes del agua, pero implican altos costos de implementación y funcionamiento (Pavasant, 2011).

Otra estrategia es la implementación de acondicionadores de agua, los cuales contienen diferentes clases de enzimas encargadas de metabolizar la materia orgánica y controlar el amonio procedente de la degradación de proteínas, convirtiéndolo a nitrito y luego a nitrato el cual es menos tóxico para los peces, estos acondicionadores son de fácil uso y ayudan al desarrollo de fito y zoo-plancton (Florida Green Products, 2013), lo que podría generar un valor agregado al ser implementado, adicionalmente, mejora el aprovechamiento del agua.

Se pretende con la implementación de este proyecto evaluar algunos parámetros productivos y de calidad de agua, para tres sistemas en la fase de pre cría en *Oreochromis spp*, con las correspondientes comparaciones que servirán para la toma de decisiones en el sector acuícola.

## Objetivos

### General:

Comparar los parámetros zootécnicos y de calidad de agua en tres sistemas de pre cría en tilapia roja (*Oreochromis spp.*)

### Específicos:

Relacionar los parámetros productivos medidos con el sistema de pre cría implementado.

Analizar las variaciones de los parámetro de calidad de agua, en los tres modelos utilizados para el ensayo experimental y sus posibles efectos sobre los parámetros zootécnicos.

Comparar los resultados obtenidos y ofrecer alternativas para incrementar la productividad de la piscícola Doradal.

## **Marco teórico**

### **La tilapia**

La tilapia es un pez teleósteo, del orden Perciforme perteneciente a la familia Cichlidae Originario de África (Nicovita, s.f), son de hábitos alimenticios omnívoros y se adapta fácilmente al consumo de alimento artificial (Asociación Sinaloense de productores de tilapia S.A 2009), actualmente se conocen más de 100 especies de este género de las cuales solo 10 son de interés productivo(Hsien-Tsan y Quintanilla,2008); la tilapia es el segundo pez más producido en el mundo, siendo el primero la carpa, esto se debe a que la tilapia es consumida por diversas culturas en el mundo, en todos los continentes, al punto de ser llamada “el pollo acuático”, otros motivos por los cuales tiene tan buen mercado, es gracias a bajos costos de producción, fácil reproducción, fácil domesticación y a su fisiología adaptativa (Possebon, Criscuolo, Machado y Castagnolli, 2004). La tilapia tiene una carne blanca y solida, un buen sabor y textura, su rendimiento en filete es de 33% del peso vivo, en general presenta buena adaptación a aguas salobres y salinas (Meyer, 2004),

### **Reseña histórica**

Los rastros de la tilapia vienen del antiguo Egipto, hace, quizá, 3000 años atrás, en los jeroglíficos de las tumbas antiguas, donde se puede apreciar evidencia del cultivo de tilapia. El nombre de tilapia lo dio el zoólogo escocés Andrew Smith, el nombre viene de la forma en latín de la palabra africana “Thiapae” que significa “el pez” (Western EdgeSeafood, 2009). Durante los años 90, fue introducida en los cultivos comerciales de forma acelerada, especialmente en los

países tropicales y subtropicales de todo el mundo, Asia y América Latina, (Muñoz, Urbinati y wills, 2005)

## **Reproducción**

La tilapia alcanza la madurez sexual a partir de los 3 meses, (A.S.P.T S.A, 2009) la diferenciación sexual se puede apreciar en la papila urogenital del pez a partir de los 50 gr de peso, el macho realiza un nido de aproximadamente 20 - 30 cm de diámetro a una profundidad cerna a los 100 cm, luego sobre el nido se da el cortejo y la hembra deposita los huevos sobre el nido y el macho los fertiliza, una vez esto ocurre la hembra los guarda en la cavidad bucal, donde se incuban de 60 a 72 horas, posterior a la eclosión la hembra continúa protegiendo a las crías en su cavidad bucal durante 5 a 8 días, luego las crías son liberadas y forman pequeños cardúmenes que se ubican en las orillas de los estanques (Hsien-Tsan y Quintanilla, 2008; A.S.P.T S.A., 2009).

Para el caso de la tilapia roja trabajada en este proyecto, debido a que alcanza su madurez sexual antes de la talla comercial y teniendo en cuenta la menor talla de las hembras, se trata de emplear poblaciones mono sexo (todos machos), por lo cual se emplea una estrategia de reversión sexual de las hembras mediante el suministro de 60 ppm de la hormona 17 alfa metil testosterona en el alimento, durante las primeras semanas de vida (Nicovita, s.f), esto es viable gracias a que la diferenciación de las gónadas masculinas y femeninas se da entre los 16 y 20 días pos eclosión de las larvas (A.S.P.T S.A, 2009).

## **Fases en la producción de tilapia**

La producción de tilapia se divide en 3 fases principales: fase 1 de pre cría, fase 2 de levante y fase 3 de engorde, ésto con el fin de optimizar la producción por unidad de área, y hacer mejor uso del espejo de agua, a continuación se describe brevemente cada una de las fases.

### **Pre cría**

Comprende la crianza de alevines desde 1 gramo hasta los 5 gramos, con una densidad de 100-150 alevines /m<sup>2</sup> con recambio del 15% y aireación auxiliar, y 50-60 alevines /m<sup>2</sup>, para sistemas de recambio constante, los alevines son alimentados con alimento balanceado de 35% de proteína y a razón de 10 a 12% de la biomasa, distribuido de 8 a 10 porciones en el día (Nicovita, s.f.).

### **Levante**

Comprende peces desde los 5 hasta los 80 gramos, con densidades de 20 a 50 peces / m<sup>2</sup>, con un recambio de 5 a 10 % día, se alimentan con alimento balanceado de 30% de proteína y a razón de 3 a 6% de la biomasa total (Nicovita, s.f.).

### **Engorde**

Comprende los peces desde los 80 gramos hasta el peso de cosecha, con densidades 1 a 30 peces / m<sup>2</sup>, se alimentan con alimento balanceado del 28 a 30% de proteína y a razón de 1.2 a 3% de la biomasa, distribuido de 2 a 4 raciones en el día(Nicovita, s.f.).

### **Calidad de agua**

La calidad de agua es el resultado de efectos externos (calidad de la fuente de agua usada, el clima, características del suelo etc.), como de efectos internos (densidad de peces, interacciones físico-química, biológicas), por lo cual es una característica compleja y dinámica,(Embrapa, 2013). Los peces son organismos totalmente dependientes del agua, ya que se alimentan, respiran, excretan y se desplazan en ésta, de ahí que su desarrollo y salud estén tan correlacionados con la calidad de agua.

Los requerimientos en calidad de agua para la tilapia roja, varían según el tipo de cruce, línea parental, origen de las líneas, pureza de las líneas, entre otros, debido a que es una línea compuesta por el cruce entre 4 especies de tilapia, por lo cual se puede obtener diferentes líneas, en la Tabla 1, se resume los rangos de tolerancia y óptimos para tilapia roja *Oreochromis spp.*, según algunos autores.

**Tabla 1** Requerimiento de calidad de agua para tilapia roja (*Oreochromis spp*)

<b>Parámetro</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Óptimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Referencia</b>
<b>Sólidos suspendidos (ppm)</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>&lt;25</b>	(Hanley, 2005)
<b>pH</b>	<b>4.5</b>	<b>6.0 - 8.5</b>	<b>10.5</b>	(Nicovita, s.f; Kubitza, 2000; Southern Regional Aquaculture Center, 1999)
<b>Temperatura (°C)</b>	<b>18</b>	<b>28-32</b>	<b>42</b>	(A.S.P.T S.A, 2009; Kubitza, 2000)
<b>Amonio (ppm)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2.0</b>	(Nicovita, s.f; Kubitza, 2000)
<b>Nitritos (ppm)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	(Nicovita, s.f; Southern Regional Aquaculture Center, 2009)
<b>Nitratos (ppm)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>300-400</b>	(Southern Regional Aquaculture Center, 2009)
<b>Oxígeno disuelto (mg/l)</b>	<b>1.6</b>	<b>&gt;3.5</b>	<b>-</b>	(Kubitza, 2000)
<b>Fosfatos (ppm)</b>	<b>0.6</b>	<b>-</b>	<b>1.4</b>	(Nicovita, s.f, A.S.P.T S.A, 2009)
<b>Dureza</b>	<b>10</b>	<b>50-350</b>	<b>400</b>	(Nicovita, s.f; Hanley, 2005)
<b>Salinidad (ppt)</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>35</b>	(Hsien-Tsan y Quintanilla,2008)

ppm: Partes por millón = miligramo/litro, ppt: partes por mil o gramos/litro

### **Temperatura**

La temperatura se define como la magnitud física, que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. Para el caso de los peces, son organismos heterotermos, por lo cual no pueden mantener su temperatura corporal constante ni elevada, ya que esta depende en gran medida de la temperatura del agua donde se encuentran, así la temperatura corporal es el reflejo de la temperatura del agua donde viven. La temperatura del agua afecta, en gran medida, la tasa metabólica y tasa de crecimiento de los peces (Meyer, 2004), a temperaturas más altas en el agua se hacen más difícil mantener las concentraciones de oxígeno disuelto (Southern Regional Aquaculture Center, 2009)

### **Alcalinidad del agua**

La alcalinidad es la concentración total de bases en el agua, expresada como "mg/l" o "ppm" de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>). La alcalinidad es una medida de la capacidad, de una

muestra de agua, de resistir cambios en su pH. En aguas que contienen una mayor concentración de bases (bicarbonato + carbonato) tienen una mayor capacidad de amortiguamiento, es decir, sufrirá cambios menos drásticos en su pH. Los peces son organismos adaptados a medios que cambian de pH gradualmente, en los cuerpos naturales de agua, las fluctuaciones en pH son graduales y de limitada magnitud. (Meyer, 2004)

### **La salinidad**

La salinidad es la concentración total de iones disueltos en el agua. Es importante como parámetro, ya que influye en el bienestar del cultivo acuático y en el ritmo de crecimiento y tasa de mortalidad de peces. La concentración de sales en el agua puede variar por el efecto de la evaporación (aumentando la concentración de la sal), y por las precipitaciones (diluyendo la concentración de la sal). Debido a las altas concentraciones que puede tener el agua, la concentración de sal se mide en la unidad de parte por mil (ppt). Para el caso de la tilapia son peces eurihalinos, lo que quiere decir que se adapta a diferentes concentraciones de sal, desde la 0 salinidad hasta salinidad de 35 ppt, pudiendo vivir en agua salada como la de mar (Hsien-Tsan y Quintanilla, 2008).

### **El pH**

Representa una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua, la escala de pH es logarítmica e indica la concentración molar del ion hidrógeno. El pH de aguas naturales es modificado, en gran parte, por la concentración de dióxido de carbono en solución, el  $\text{CO}_2$  actúa

como ácido en el agua, su acumulación tiende a bajar el pH del agua, al formar ácido carbónico ( $\text{HCO}_3$ ), producto de la reacción entre  $\text{CO}_2$  y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Southern Regional Aquaculture Center, 1992).

Durante las horas del día, las algas utilizan el  $\text{CO}_2$  para realizar fotosíntesis, su concentración se reduce y como consecuencia, sube el pH del agua en las horas de sol, en la noche no hay actividad fotosintética, la respiración de los organismos aeróbicos como los peces, fito y zooplancton, bacterias y otros, produce  $\text{CO}_2$  y su concentración aumenta hasta la mañana del día siguiente, por lo cual los valores de pH más bajos en el agua de un estanque son encontrados en las horas de la madrugada (Meyer, 2004). El pH deseado para los estanques es un pH cercano de la sangre del pez (Southern Regional Aquaculture Center, 1992)

### **Amonio**

El amoníaco o el amonio no-ionizado ( $\text{NH}_3$ ) es el producto principal del metabolismo de proteína en peces, crustáceos y otros organismos acuáticos, también las bacterias excretan  $\text{NH}_3$ , como producto de la descomposición de la materia orgánica en medios acuosos. El amoníaco proviene específicamente del proceso catabólico de desanimación de los aminoácidos. El  $\text{NH}_3$  es una sustancia química muy tóxica para la vida animal. El amoníaco en el agua aumenta el consumo de oxígeno por los tejidos branquiales y disminuye la capacidad de la sangre a transportar oxígeno. La exposición prolongada y sub-letal a amoníaco en el agua, aumenta la susceptibilidad de los peces a una variedad de enfermedades (Meyer, 2004).

En el agua el amoníaco producido puede estar presente en dos formas: como el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), o en la forma del amonio ionizado ( $\text{NH}_4^+$ ). El amoníaco es muy tóxico para los peces mientras el amonio ionizado es relativamente inocuo, excepto, a niveles muy elevados. Concentraciones de amoniaco tan bajas como 1 ppm pueden ser letales para los peces (Southern Regional Aquaculture Center, 2009), la toxicidad del amonio aumenta al incrementar el pH, debido a que en aguas básicas la posibilidad de excretar el amoniaco se ve limitada, por la escasez de concentración de protones ( $\text{H}^+$ ), por lo tanto, se produce una intoxicación por esta sustancia, caso contrario ocurre en agua acidas, donde hay mayor prevalencia de amonio ionizado ( $\text{NH}_4^+$ ) (Southern Regional Aquaculture Center, 1992).

### **Nitrito y nitrato**

El nitrito y el nitrato son compuestos que se encuentran en la naturaleza y forman parte del ciclo del nitrógeno, el nitrato es la forma oxidada más estable del nitrógeno, el cual puede ser reducido por acción microbológica a nitrógeno gaseoso, el nitrito puede ser oxidado con facilidad por procesos biológicos o químicos a nitrato, parte del nitrato puede ser absorbido por las plantas o fitoplancton, para formar proteína vegetal (Almudena y Lizaso, 2001), el nitrito es tóxico en los peces, mermando la capacidad de la hemoglobina para transportar oxígeno, por lo cual su toxicidad está relacionada con el oxígeno disuelto en agua, (Southern Regional Aquaculture Center, 1999))

## **Oxígeno disuelto**

Los peces son organismos que utilizan oxígeno molecular, que se encuentra disuelto en el agua, este oxígeno es fundamental para el metabolismo celular, que genera energía para diferentes reacciones que se llevan a cabo en el interior del pez y de otros organismos acuáticos, proceso que es llamado respiración, por lo cual la concentración de oxígeno, en el agua de un estanque, puede ser considerada como el parámetro más importante en la acuicultura (Meyer, 2004), la importancia del oxígeno disuelto también radica en la rapidez con la que puede cambiar, en pocas horas puede pasar de un nivel óptimo a un nivel letal, para los peces, esto debido a tres aspectos principalmente, 1) el oxígeno no es muy soluble en el agua, 2) la tasa de consumo de los peces, plancton, y el lodo, puede ser muy alta, 3) el oxígeno se difunde muy despacio en el agua en atmósferas tranquilas (Southern Regional Aquaculture Center, 2002), es el mejor indicador del estado general del cultivo acuícola.

## **Fósforo**

El fósforo es considerado como el mayor limitante, en el agua dulce, y su incremento, produce en general, un aumento de la producción primaria (fitoplancton). Al igual que con el nitrógeno ( $N_2$ ), existen algunos problemas menores con la toxicidad del fósforo, cuando se encuentra en exceso, puede producir un fuerte florecimiento de algas, que podría causar mortalidad en los peces por la consecuente falta de oxígeno, una de las características que tiene el fósforo es que es capturado por los sedimentos del estanque, lo cual es más notable cuando se intenta hacer fertilizaciones inorgánicas de fósforo, y ésta no logra aumentar las concentraciones de fósforo en el agua. (Egna y Boyd, 1997)

## **Enfermedades**

### **Causadas por hongos**

La dermatofitosis es generalmente causada por *Saprolegnia spp.*, *Achlya spp.* y *Dictyuchusspp*, es favorecida por descenso en la temperatura, variaciones bruscas de pH, enfermedades nutricionales y como patógeno oportunista después de infección de otros parásitos; el signo de estas enfermedades son la presencia de lesiones en la piel recubiertas con una masa de color blanquecino y de aspecto algodonoso (Hsien-Tsan y Quintanilla,2008)

### **Causadas por bacterias**

Los problemas sanitarios de los peces causados por bacterias están asociados a mala calidad de agua y a otros factores como lesiones mecánicas o causadas por parásitos, donde los patógenos oportunistas arriban. (Rodriguez, Rodriguez, Monroy y Mata, 2001), en la tabla 2, se resume las enfermedades más comunes en tilapia, sus síntomas y causas.

**Tabla 2 Enfermedades bacterianas en tilapia**

<b>Enfermedad</b>	<b>SÍNTOMAS</b>	<b>CAUSA Y/O PREVENCIÓN</b>
<i>Flexibactercolumnaris</i>	Lesiones y úlceras epidérmicas que pueden ocasionar mortalidad masiva.	Epizootias asociadas a condiciones ambientales adversas, estrés, heridas, entre otros.
<i>Aeromonas</i> <i>Pseudomonas</i> <i>Micobacterium</i>	Natación letárgica, septicemia o infección sanguínea degenerativa; lesiones cutáneas granulomas en hígado, bazo y riñón.	La cavidad corporal se llena de fluidos, hemorragias del hígado, riñón, intestino, entre otros.
<i>Ichthyobodo</i>	Moco grisáceo sobre piel y branquias.	Presente en bajas temperaturas
<i>Myxosporidia</i>	Papiloma cutáneo, quistes en piel, branquias y aletas.	Drenado y desinfección de estanques para eliminar esporas.
<i>Dinoflagelados</i>	Toxinas producidas por florecimientos excesivos de fitoplancton.	Evitar la eutrofización de estanques y control del fitoplancton

Fuente: Asociación Sinoloense de productores de tilapia S.A. (2009)

### **Alimentación y nutrición de la tilapia**

La tilapia roja es pez de hábitos omnívoros, con la capacidad de filtrar durante toda su vida, lo que le da la capacidad de alimentarse de plancton, el cual es rico en proteína de alta calidad y de energía (Kubitza, 2000), también se alimenta de algunos invertebrados, larvas de peces y detritos. Es capaz de alimentarse de fitoplancton gracias a su capacidad de filtrar y al bajo pH estomacal, cercano a dos, que permite romper las paredes celulares de algas y bacterias (Kubitza, 2000). La tilapia requiere los mismos 10 aminoácidos esenciales que los peces de aguas cálidas. A escala industrial los costos de alimentación de la tilapia están entre el 40 y 70 % de los costos de producción, dependiendo del sistema productivo, los costos de los insumos, entre otros (Kubitza, 2000). Para disminuir los costos se emplean concentrados que suplan las necesidades nutricionales según la etapa de desarrollo del pez. Los requerimientos de proteína están en función de la calidad de ésta y el tamaño del pez, para alevines se ha reportado hasta

50% de proteína y para alimentar animales mayores, se puede alimentar con alimentos balanceados con 28-32% de proteína(Southern Regional Aquaculture Center, 1999)).

En forma general con algunas excepciones los peces presentan la exigencia de por los menos 44 nutrientes esenciales, los cuales se pueden subdividir en 1) agua, 2) aminoácidos esenciales 3) Energía (obtenida de lípidos, carbohidratos y amino ácidos) 4) ácidos grasos esenciales 5) vitaminas, 6) minerales 7) otros nutrientes (Carotenos, palatabilizantes, etc.). (Kubitza, 2000). En algunos sistemas, donde el alimento natural es escaso, como lo son los tanques raceway o de alto recambio, hay mayor incidencia de desórdenes nutricionales, debido al inadecuado enriquecimiento vitamínico mineral de las raciones. productivamente se pueden utilizar dos tipos de raciones para alimentación de peces, que depende del sistema productivo que se tenga y la densidad; para estanques de bajo recambio y baja densidad, se pueden utilizar raciones suplementarias, las cuales son nutricionalmente incompletas, con contenidos de proteína de 22 a 24 % y por ende de menor costo, la alimentación del pez se complementa con un adecuado plan de abonamiento, el cual favorece el desarrollo de fito y zoo-placnton. Para sistemas de mayor densidad y mayor recambio, se utilizan raciones nutricionalmente completas, debido a que la disponibilidad de alimento natural es limitada, también son necesarios en estanques donde la biomasa sobrepasa los 6.000 kg/ha (Kubitza, 2000).

### **Sistemas de producción de tilapia**

Los sistemas de producción de tilapia son bastante diversos y tienen en cuenta 1) disponibilidad de recurso financieros, 2) disponibilidad de tecnología, 3) disponibilidad de agua, 4) disponibilidad de área, 5) condiciones climáticas, 6) particularidades del consumidor, entre

otros, así mismo los índices productivos, costos de producción y rentabilidad, son bastante diversos entre los diferentes sistemas (Kubitza, 2000), a continuación se describe algunos de estos sistemas.

### **Sistema de producción en estanques abonados**

La tilapia tiene la habilidad de aprovechar el alimento natural, disponible en los ambientes de cultivo (Kubitza, 2000). El abonamiento de los estanques se puede realizar con fertilizantes inorgánicos, estiércol de animales y subproductos vegetales, estos materiales son la principal fuente de nutrientes para la producción de plancton y otros organismos, que componen el alimento natural del estanque; el recambio es necesario para recuperar el agua perdida por infiltración y evaporación (Kubitza, 2000). Un recambio excesivo del agua, perjudica la formación del plancton. La limitada oferta de alimento y el bajo oxígeno, restringen la productividad entre 1000 a 37000 Kg/ ha y el crecimiento de los peces es más lento. Un excesivo abonamiento causa una excesiva eutroficación de los estanques, disminuyendo el oxígeno del agua, aumentando la mortalidad en los peces. La producción en estos estanques se puede aumentar con alimento completo o suplemento y aireación artificial, lo cual puede aumentar la producción hasta 20.000 Kg/ ha, la cantidad máxima de alimento que se puede suministrar en un día está alrededor de 120 kg/ha/día, niveles de alimentación mayores, pueden aumentar el amonio a niveles críticos (Kubitza, 2000).

### **Sistema con renovación de agua y aireación mecánica**

La renovación de agua disminuye la carga orgánica, concentración de amonio y otras sustancias tóxicas para los peces, lo cual permite aumentar la cantidad de alimento que se puede suministrar, la capacidad máxima que puede soportar es de 40.000 Kg/ha dependiendo del número de recambio en el día y la aireación utilizada, la aireación se utiliza especialmente en las noches, y según la biomasa del estanque (Kubitza, 2000).

### **Sistema de producción raceways**

Son tanques de alto flujo de agua, que puede oscilar entre 1 a 2 recambios totales por hora, lo cual arrastra gran parte de los desechos generados y trae agua oxigenada, aumentando así la capacidad del sistema, la capacidad de soporte oscila entre 60 a 200 Kg/m<sup>3</sup> (Kubitza, 2000).

### **Sistemas de recirculación**

Son sistemas que recirculan el agua, pasándola por filtros mecánicos, para remover los residuos orgánicos y filtros biológicos, para promover la nitrificación (transformación de amonio a nitrito), la aireación mecánica y la inyección directa del oxígeno, son utilizados para restaurar los niveles de oxígeno, la capacidad de soporte de estos sistemas oscila entre 20 a 60 Kg/m<sup>3</sup> (Kubitza, 2000).

## **Sistemas de cero recambio**

Son sistemas empleados en acuicultura, donde se utiliza como una estrategia para reducir el afluente de material orgánico e inorgánico, incrementar la bioseguridad, y generar altas producciones en estanques (Seglar, 2011), con bajo flujo de agua, reutilizando el agua, reacondicionándola por medio de microorganismos o de medios químicos.

### **Usos**

Los sistemas de sin recambios presentan diferentes ventajas y desventajas en comparación de los sistemas de recambio constante (tomado de Chanratchakool, Turnbull Funge; Smith y Limsuwan, 1999; Embrapa, 2013)

### **Ventajas**

- Se tiene un control sobre la calidad de agua.
- Mayor eficiencia en el uso del agua, debido a que requiere bajo recambio.
- Uso de fuentes alternativas de agua, debido a que requieren de bajo recambio, se podría utilizar fuentes hídricas limitadas, como el agua de humedales.
- Menor potencial de eutroficación de las fuentes hídricas cercanas a la estación piscícola.
- Fácil implementación de otras tecnologías, como la implementación de rayos UV y medicamentos para el tratamiento de los peces.

### **Desventajas**

- Mayor costo de infraestructura, se generan costos adicionales debido a la inversión en aireadores, sistemas de distribución y difusión del aire.

- Fácil diseminación de enfermedades, debido a que el agua no tiene recambio, se le es más fácil a los microorganismos establecerse en el agua, y por ende, más fácil la contaminación de los peces.
- Exigencia de mano de obra calificada, ya que requieren de personal capacitado, que este monitoreando cuidadosamente la calidad de agua e implementa estrategias para la corrección de la misma.
- Mayor control en el consumo de alimentos, se requiere hacer un seguimiento minucioso de la cantidad de alimento suministrado, ya que los sistemas de bajo recambio tiene un límite de depuración del agua.
- Mayor gasto de energía, los sistemas de recirculación o bajo recambio gastan entre 1.4 a 1.8 veces más energía que los sistemas tradicionales.

### **Aireación artificial**

Para incrementar artificialmente la concentración de oxígeno en solución en unidades de producción acuícola, hay varios principios y fundamentos a entender. La aireación artificial tiene el propósito de promover la difusión de oxígeno del aire al agua del cultivo. Hay dos maneras de realizar eso, se puede forzar el aire a través del agua, o tirar el agua al aire; la transferencia de oxígeno del aire al agua es con relación a: 1) el volumen de aire movido por el sistema; 2) la relación entre el área superficial y volumen de cada burbuja, y 3) el tiempo que la burbuja está en contacto con el agua (tiempo para subir y llegar a la superficie del agua). La difusión del O<sub>2</sub> al agua es a través de la superficie de cada burbuja. La transferencia del O<sub>2</sub> al agua es mucha más eficiente desde burbujas pequeñas, pero formar burbujas pequeñas requiere una fuerza mayor y por ende un gasto mayor de energía por parte del soplador o compresor.

**Acondicionador AQUAPRO™**(Florida Green Products, 2013).

AQUAPRO™ es un acondicionador de agua, que contiene diferentes clases de enzimas como la hidrogenasa, encargada de romper la molécula del agua y liberar oxígeno esencial para los peces y otras enzimas para metabolizar la materia orgánica y controlar el amonio procedente de las heces de los peces y restos de comida. AQUAPRO™ genera las condiciones necesarias para que las micro algas o fitoplancton, crezcan, contribuyendo a la cadena alimenticia de todo su estanque, estas micro algas crecen con AQUAPRO™ en tan solo una semana cuando se utilizan 3 a 5 partes de aquapro en la primera aplicación antes o después de sembrar los animales.

Es preferible hacer un pre-acondicionamiento del agua antes de sembrar los alevinos, así los peces encontrarán las condiciones más favorables para su crecimiento.

## **Materiales y métodos**

El experimento se llevó a cabo en la estación piscícola Doradal, localizada a 165 km de Medellín, en el corregimiento de Doradal, del Municipio de Sonsón, Antioquia y ubicada a 150 M.S.N.M, coordenadas 5°52'57.1"N 74°47'04.3"W, la piscícola cuenta con un espejo de agua de 11. 500 mt<sup>2</sup> y con plántulas de tilapia, dorada y cachama blanca, para su reproducción y posterior comercialización de alevinos. El agua utilizada en el laboratorio proviene de un nacimiento localizado a 800 mt aprox., en el apéndice A se puede detallar la distribución de la estación piscícola.

Para la investigación se analizaron 3 tratamientos, y para cada tratamiento se hicieron 3 réplicas, para un total de 9 unidades experimentales, cada una de las réplicas manejó un volumen efectivo de 500 lt de agua, y se sembraron 0.5 alevinos por litro de agua, para un total de 250 alevinos por cada unidad de muestreo.

### **Sistemas de precría (tratamientos)**

#### **Piletas de sin recambio(SR)**

Las piletas utilizadas tenían 185 cm de largo, 85 cm de ancho y una altura máxima de 65 cm aproximadamente, la columna de agua utilizada era de 32 cm para lograr los 500 lt de agua por réplica. el agua utilizada en las piletas, provenía de un nacimiento cercano, esta agua se puso a reposar durante 30 horas en la misma pileta y se le agregó 4 ppm de hipoclorito de sodio, luego se le adicionó 500 gr de melaza y 500 gramos de concentrado para pollos de engorde con 16 % de proteína, el cual favorece el establecimiento de microorganismos involucrados en el ciclo del

nitrógeno (Kubitza, 2011), se adiciono 2 ml a cada una de las piletas del acondicionador AQUAPRO™ cada 4 días, el sistema se le dejo trabajando con aireación constante por medio de un blower de ½ caballo (Resum ®), durante 45 días, a las piletas no se les hacía recambio de agua, solo se le echaba agua para recuperar lo perdido por evaporación, a cada una de las piletas se le adiciono 3 g/l de sal de mar con el objetivo de disminuir la incidencia de enfermedades fúngicas y la toxicidad por nitrito, en el apéndice B se puede apreciar el sistema de aireación.

### **Piletas de recambio constante (RC)**

Las piletas utilizadas tenía 185 cm de largo, 85 cm de ancho y una altura máxima de 65 cm aproximadamente, la columna de agua utilizada era de 32 cm para lograr los 500 lt de agua por réplica, para las piletas de recambio constante se estableció el recambio normalmente utilizado en la piscícola de 10% hora aprox., con el fin de que no se salieran los alevines de la pileta, se puso una malla en la salida de agua de la pileta(Apéndice C).

### **Japas (J)**

Las japas utilizadas en el proyecto tienen un ancho 80 cm y un largo de 100 cm, y una profundidad aproximada de 40. (Apéndice D), y fueron colocadas en un estanque en tierra, aseguradas al fondo del estanque por medio de puntales de madera en cada esquina de la japa.

## **Parámetros de calidad de agua**

Los parámetros de calidad de agua que se midieron son pH, temperatura y concentración de oxígeno, los cuales se midieron tres veces al día, a las 600, 1200 y 1700 horas; para fosfato, amonio, nitritos y nitratos, se hicieron tomas cada 5 días. Todos los datos fueron registrados en formato diseñado para tal fin (Apéndice E).

Para la toma de los parámetros de calidad de agua se utilizó una sonda multiparamétrica marca Hanna referencia Hi 991300, con la cual se midió el pH y temperatura, (en el apéndice I, se aprecia las especificaciones técnicas del equipo), un espectrofotómetro marca eXact referencia Eco Check, para medir fosfato, amonio, nitritos y nitratos, (en el apéndice J se aprecia las características técnicas del equipo), y se utilizó una sonda Milwaukee referencia MW600, para medir el oxígeno disuelto, (en el apéndice K se aprecia las especificaciones técnicas del equipo).

## **Parámetro zootécnicos**

Se utilizó 250 alevines por cada réplica, con un peso promedio de  $0.44 \text{ gr} \pm 0.12 \text{ g}$ , longitud estándar de  $23.7 \text{ mm} \pm 2.2$ , los cuales se pusieron en cuarentena durante 2 días, en una pileta aparte con aireación auxiliar, oxitetraciclina 20 ppm y azul de metileno.

Los parámetros zootécnicos medidos fueron: conversión alimentaria (CA), ganancia de peso (GP), porcentaje de sobrevivencia (%S), consumo (C) y ganancia longitudinal (GL). El pesaje y medición de los animales se hizo semanalmente, midiendo y pesando 25 peces por réplica, con una balanza de sensibilidad de 0.01 gramos, para la medición de los alevines se utilizó un pie de rey digital, con sensibilidad de 0.01 mm y para el pesaje de concentrado se utilizó una balanza con sensibilidad de 1 gramo. Para el seguimiento de los parámetros

zootécnicos se emplearon tres formatos (apéndices F, G y H), se alimentó los alevines con 10% del peso vivo y con alimento comercial del 30% proteína dividido en 4 porciones al día, las ecuaciones o métodos utilizados para cada uno de los parámetros zootécnicos se presentan a continuación.

### **Consumo:**

Para determinar el consumo de concentrado, se controló el peso de la ración ofrecida a cada una de las réplicas.

### **Conversión alimentaria:**

Para la conversión alimentaria se divide el consumo de la semana sobre la ganancia de biomasa de la misma semana, a continuación se describe la ecuación utilizada (Kubitza, 2000).

$$CA = C \text{ (kg)} / PF \text{ (kg)} - PI \text{ (kg)}$$

Donde CA es conversión alimentaria, C es consumo de la semana, PF y PI son el peso de la biomasa final e inicial

### **Ganancia de peso promedio:**

Para la determinación de la ganancia de peso, se restó el peso promedio inicial a el peso

promedio final de la misma semana, a continuación se describe la ecuación utilizada (Cardoso, Campeche y Paulino, 2010)

$$Gp:PF\bar{x} - PI\bar{x}$$

Donde Gp es ganancia de peso promedio,  $PF\bar{x}$  es peso final promedio y  $PI\bar{x}$  es peso inicial promedio.

### **Porcentaje de sobrevivencia:**

Para la determinación de la sobrevivencia se tomó en cuenta la cantidad de alevines sembrados y la cantidad de alevines cosechados al final de los 28 días de estudio, a continuación se describe la ecuación utilizada. (Cardoso, Campeche y Paulino, 2010)

$$\% \text{ sobrevivencia: } (PS - PC) / PS$$

Donde PS es peces sembrados PC peces cosechados.

### **Ganancia en talla:**

Para determinar la ganancia longitudinal se restó la longitud inicial a la longitud final, la longitud tomada fue longitud estándar.

## **Análisis estadístico**

El modelo estadístico utilizado fue multifactorial, teniendo como factores el tratamiento y el tiempo, los datos se analizaron con el software estadístico statgraphics centurión (licencia amparada por la corporación universitaria lasallista 2014) con un nivel de confianza del 95% ( $P < 0.05$ )

### Análisis de resultados

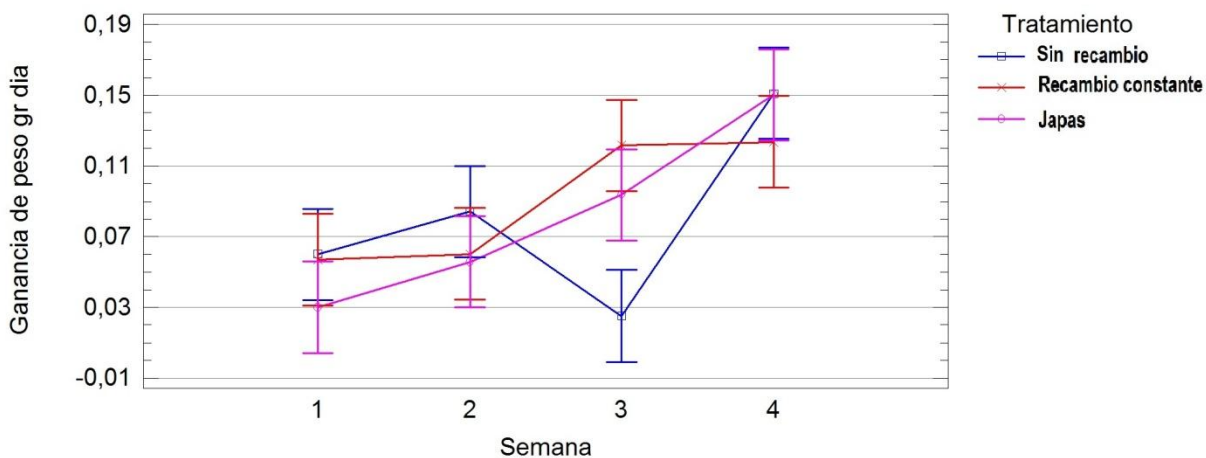
Los resultados de los parámetros zootécnicos de los tres sistemas de precría al finalizar las 4 semanas se resumen en la Tabla 3. Las gráficas 1, 2 y 3, describen de manera individual cada uno de los parámetros zootécnicos medidos. Al finalizar los 28 días no se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) para GP/día entre los tratamientos, la G.P. de los 3 tratamientos oscilan entre 0.08 y 0.09 gramos/ día; para C.A tampoco se encontraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ), entre los tratamientos; la C.A oscila entre 1.31 y 2.03, para el %S se encontró diferencias significativas ( $P<0.05$ ), entre los tratamientos SR(90%) y RC(99%), para el tratamiento J no se encontraron diferencias en relación con SR y RC, para G.T se encontraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) entre los tratamientos SR y J solamente, la G.T entre los 3 tratamientos oscilan entre 0.60 mm y 0.71 mm / día.

**Tabla 4. Comparación de parámetros zootécnicos de 3 sistemas de pre cría de Tilapia.**

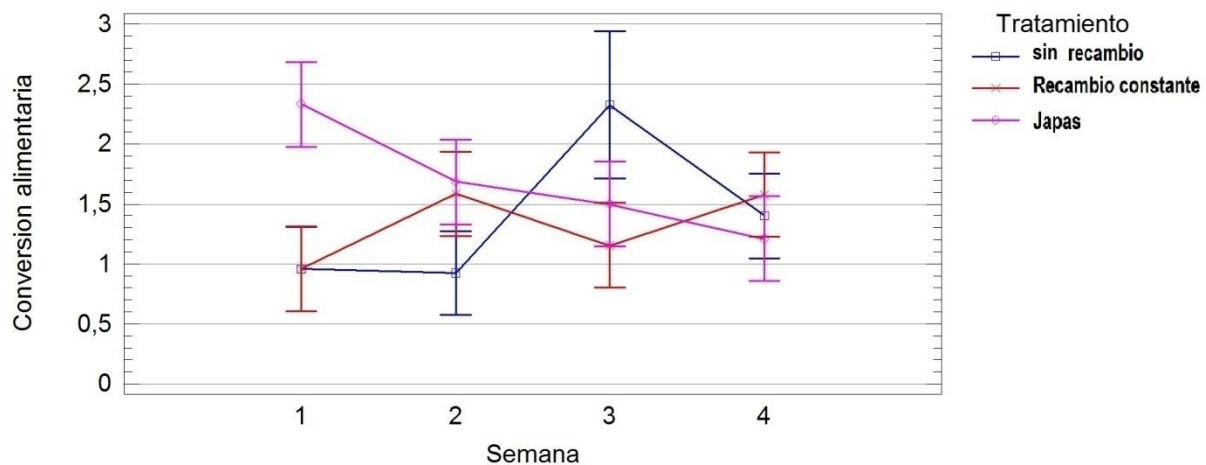
Tratamiento	Sin recambio	Recambio constante	Japas
Ganancia de peso (g/día)	0.08 <sup>a</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.08 <sup>a</sup>
Conversión alimentaria	2.03 <sup>a</sup>	1.31 <sup>a</sup>	1.68 <sup>a</sup>
Sobrevivencia %	90 <sup>a</sup>	99 <sup>b</sup>	99 <sup>ab</sup>
Ganancia de talla (mm/día)	0.60 <sup>a</sup>	0.68 <sup>ab</sup>	0.71 <sup>b</sup>

<sup>abc</sup>Promedios con letras diferentes en la misma fila significa diferencias significativas con un valor  $P<0.05$ .

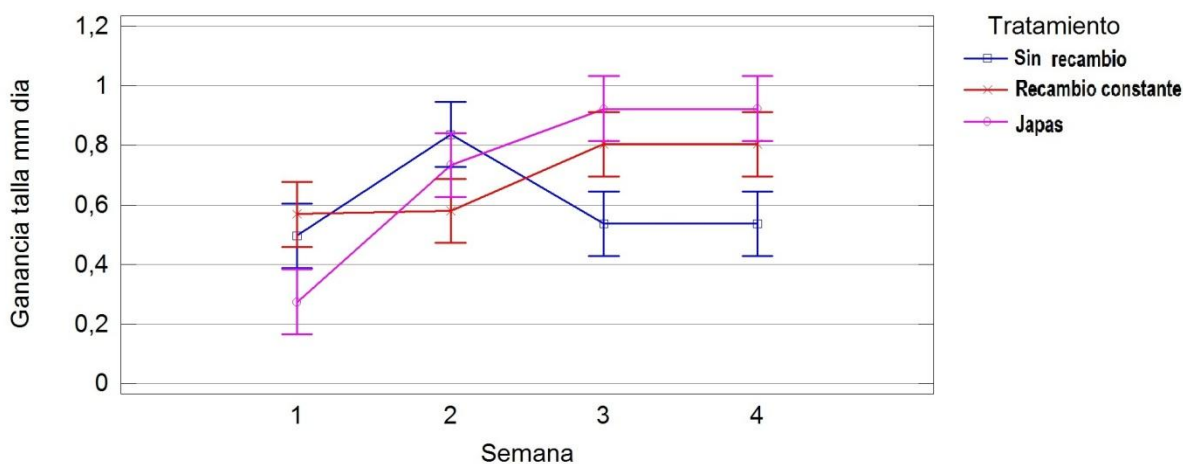
**Gráfica1. Comparación de ganancia peso de tres sistemas de precría durante 4 semanas.**



**Gráfica2. Comparación de conversión alimentaria de tres sistemas de precría durante 4 semanas.**



**Gráfica3. Comparación de ganancia en talla de tres sistemas de precría durante 4 semanas.**



En la Tabla 5 se resume los parámetros de calidad de agua, para los 28 días del experimento. En las gráficas 4, 5 y 6, se describe gráficamente el comportamiento de pH, oxígeno disuelto y temperatura respectivamente.

Al finalizar los 28 días de experimento, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en los valores registrados para pH para los 3 tratamientos, el pH osciló entre 6.58 y 7.82, para la temperatura solo se encontró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre SR y RC en comparación con J en general la temperatura osciló entre 26.95 °C y 30.45 °C, para el O.D se encontró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los 3 tratamientos, en general el oxígeno disuelto osciló entre 4.77 mg/l y 6.40 mg/l, lo cual está dentro del rango de tolerancia para la tilapia (Tabla 1), para amonio no se encontró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los 3 tratamientos, en general el amonio osciló entre 0.12 mg/l y 0.33 mg/l, lo cual está dentro del rango de tolerancia para la tilapia (Tabla 1), para la concentración de nitrito se encontró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos SR con RC y J, el nitrito osciló entre 0.05 mg/l y 1.00 mg/l, lo cual está dentro del rango de tolerancia para la tilapia (Tabla 1), para

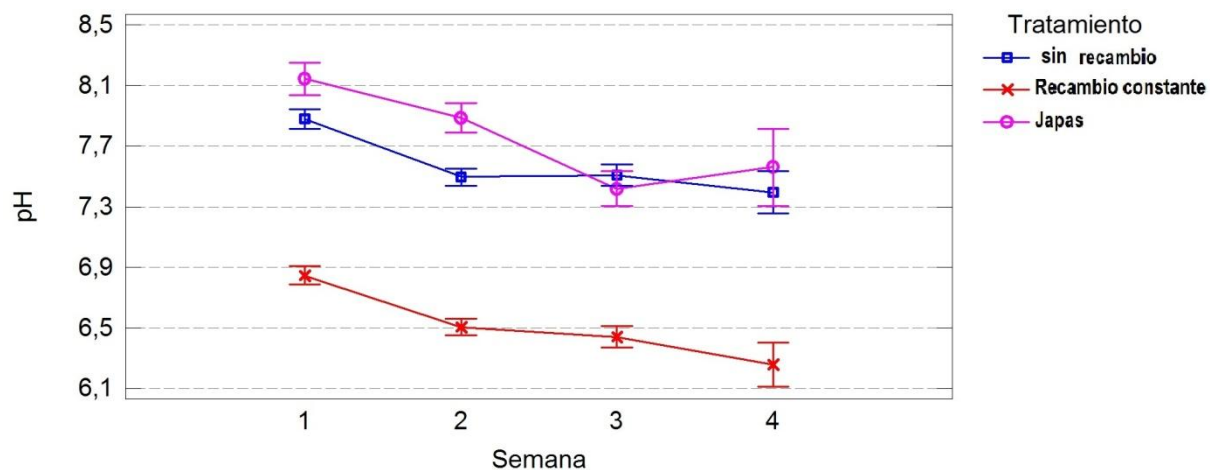
nitrate se encontró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los 3 tratamientos, el nitrato oscilo entre 0.00 mg/l y 35.31 mg/l, lo cual está dentro del rango de tolerancia para la tilapia (Tabla 1), para fosfato se encontró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos SR en comparación con RC y J, en general el fosfato oscilo entre 0.6 mg/l y 8.71 mg/l.

**Tabla 3. Comparación de parámetros de calidad de agua de 3 sistemas de precría**

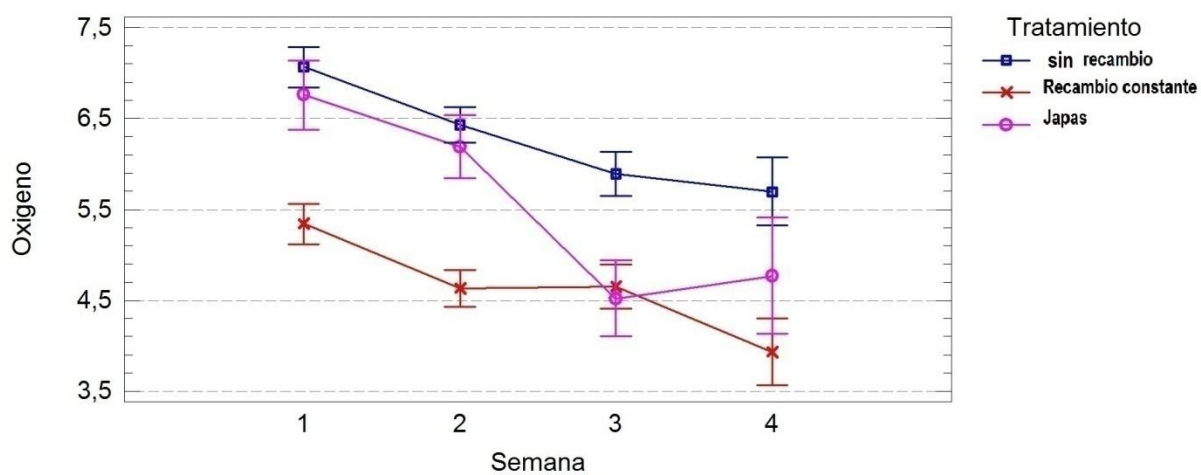
<b>Tratamiento</b>	<b>Sin recambio</b>	<b>Recambio constante</b>	<b>Japas</b>
<b>pH</b>	7.61 <sup>a</sup>	6.58 <sup>b</sup>	7.82 <sup>c</sup>
<b>Temperatura (C°)</b>	27.23 <sup>a</sup>	26.95 <sup>a</sup>	30.45 <sup>b</sup>
<b>Oxígeno disuelto (mg/l)</b>	6.40 <sup>a</sup>	4.77 <sup>b</sup>	5.8 <sup>c</sup>
<b>Amonio (mg/l)</b>	0.18 <sup>a</sup>	0.12 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup>
<b>Nitrito (mg/l)</b>	1.00 <sup>a</sup>	0.06 <sup>b</sup>	0.05 <sup>b</sup>
<b>Nitrato (mg/l)</b>	35.31 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.5 <sup>c</sup>
<b>Fosfato (mg/l)</b>	8.71 <sup>a</sup>	0.97 <sup>b</sup>	0.6 <sup>b</sup>

<sup>abc</sup> Promedios con letras diferentes en la misma fila significa diferencias significativas con un valor  $P < 0.05$ .

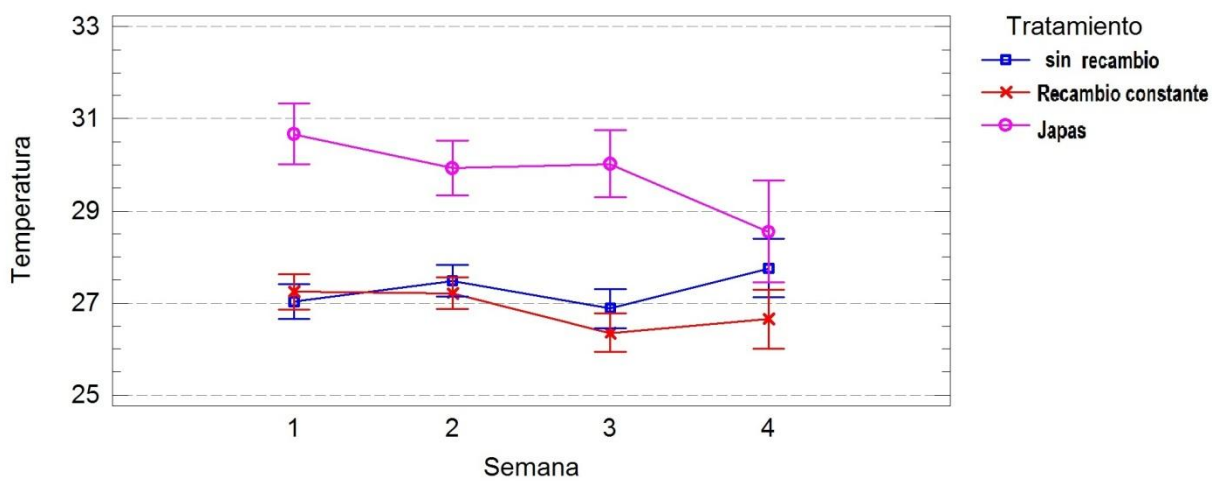
**Gráfica4. Comparación de pH de tres sistemas de precría durante 4 semanas.**



**Gráfica5. Comparación de la Concentración de oxígeno (mg/l) de tres sistemas de precría durante 4 semanas.**



Gráfica6. Comparación de la temperatura (°C) de tres sistemas de precría durante 4 semanas.



## Discusión

La tilapia es un pez con un rango de adaptación muy amplio, lo cual le ha conferido una versatilidad y buena productividad en diferentes sistemas productivos; situación que se aprecia en el presente trabajo, donde se encontró diferencias significativas en la temperatura entre los tratamientos SR y RC (27.23 y 26.95 °C respectivamente), en comparación con J(30.45 °C), aunque no tuvo un efecto significativo en la G.P, posiblemente porque las tres temperaturas estuvieron dentro del rango considerado óptimo de la especie y su diferencia en temperatura no fue lo suficiente para generar efectos significativos en la G.P, resultados similares tuvieron Drummond, Murgas y Vicentini (2009), los cuales no encontraron diferencias significativas en peso de alevines de tilapia, cultivados a 26 y 30°C tras 28 días de evaluación, Santos, Mareco y Silva (2013), no encontraron diferencias significativas en las ganancias de peso a temperatura de 28 y 30 °C en una de las cepas de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) que utilizaron; por lo anterior, también se explica que no haya diferencias en CA, ya que a los 3 tratamientos se les daba la misma cantidad de alimento. Se presentaron diferencias significativas en %S entre los tratamientos S.R (90%) y R.C (99%), esto posiblemente debido a la alta concentración de fosfato en el agua, ya que se encontró valores por fuera del reportado como seguro para la tilapia(Nicovita, s.f, A.S.P.T S.A, 2009), aunque algunos autores indican que el fosfato es capturado por el sedimento y luego se vuelve a disolver en menor medida en el agua (Egna y Boyd,1997), para el sistema S.R, el sistema de aireación causa que los sedimentos estén continuamente en suspensión, lo que dificulta la sedimentación del fosfato. la posibilidad de un bloom de plancton es baja, ya que el sistema de S.R se encontraba bajo techo, limitando la entrada de luz, Kubitza (2011) obtuvo una sobrevivencia similar de 91%, en la evaluación de

tilapia durante 70 días en un sistema de biofloc, sin embargo el valor de mortalidad reportado se encuentra dentro de valores adecuados para la producción acuícola.

Las diferencias encontradas en cuanto al pH posiblemente son por que los tres sistemas de precría utilizados tienen un manejo diferente del agua, el sistema de SR como su nombre lo indica no tiene un recambio de agua, el sistema R.C. tenía un recambio de aproximadamente 230% día y el sistema de J. tiene un recambio muy bajo, adicional a esto, el pH también pudo ser afectado por la diferencia de O.D en los tres sistemas, ya que la disminución en el oxígeno puede ser causada por el consumo del mismo por organismos aerobios, aumentando la producción de CO<sub>2</sub>, el cual reacciona con el agua, generando ácido carbónico que disminuye el pH (Southern Regional Aquaculture Center, 1992), para el caso de S.R su pH pudo haber sido mayor al de sistema de R.C., ya que en los sistemas de cero recambio hay una mayor concentración de microorganismos aerobios, lo cual aumenta la producción de gas carbónico, aumentando el pH, por lo anteriormente explicado y por el consumo de la alcalinidad por los microorganismos en el agua (Ferretto, Cesar, Wasielesky y Borges, 2012; Kubitza, 2011), estos valores de pH pudo no haber afectado los parámetros zootécnicos medidos, ya que se encontraron siempre dentro del rango óptimo reportado por algunos autores (Nicovita, s.f; Kubitza, 2000; Southern Regional Aquaculture Center, 1999)) los cuales hablan de un rango pH de 6.0 a 8.5. En el O.D se encontraron diferencias significativas entre los tres tratamientos, esto pudo ser causado por la dinámica del agua y el aire en los tres sistemas, en el sistema de japas no se tiene aireación y su superficie es movida solo por el viento en algunos momentos del día, pero estuvo más expuesto a la luz del sol que los otros sistemas, por lo cual la oxigenación del agua se pudo haber dado mayormente por los procesos fotosintéticos de algas y fitoplancton, que se encontraban en el agua, en el sistema de R.C, no estaba expuesto al sol, pero si se tenía mayor movimiento

superficial del agua por el impacto del agua de recambio en la superficie y también por que estavenía oxigenada, para el sistema de S.R tenía una aireación constante por medio de blower, lo cual ayudó también a mover el agua de la superficie, oxigenando aun más, estos valores de O.Dno pudieron haber afectado significativamente los parámetros zootécnicos medidos, ya que se encontraban muy cerca o por encima del valor óptimo reportado por algunos autores ( $> 5$  mg/l) (Kubitza, 2000; Nicovita, s.f., Hsien-Tsan y Quintanilla, 2008; A.S.P.T S.A, 2009, Bautista y Velazco, 2011). En la concentración de amonio no se encontró diferencia significativa, y estuvo muy por debajo del valor reportado como seguro para tilapia ( $< 1.0$  mg/l) (Nicovita, s.f; Kubitza, 2000), en la concentración de nitrito se encontró diferencia significativa entre S.R. comparado con R.C y J, esto posiblemente por que en el sistema de S.R, a diferencia de los otros dos sistemas, se establecen en mayor concentración bacterias nitrificantes, las cuales ayudan a convertir el amonio ( $\text{NH}_3$  y  $\text{NH}_4^+$ ) a nitrito ( $\text{NO}_2$ ) y posteriormente a nitrato ( $\text{NO}_3$ ), estableciéndose parte del ciclo del nitrógeno (Southern Regional Aquaculture Center, 1997), por este mismo motivo también se podría explicar las diferencias en la concentración de nitrato ( $\text{NO}_3$ ), los valores nitrito ( $\text{NO}_2$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3$ ) estuvieron por debajo del valor reportado como seguro para tilapia (Nicovita, s.f; Southern Regional Aquaculture Center, 2009), aunque los valores de nitrito en el tratamiento de S.R estuvieron altos, en comparación de los otros dos tratamientos, hay que resaltar que la adición inicial de sal de mar ayuda a disminuir las intoxicaciones por nitrito. Es importante destacar que estos valores de amonio, nitrito y nitrato y el color pardo-verdoso de los estanques, son indicadores de un adecuado establecimiento de bacterias nitrificantes, las cuales son indispensables para sistemas de cero recambio. En la concentración de fosfato se encontró diferencias entre el tratamiento S.R comparada con R.C y J, la alta concentración de fosfato en el tratamiento S.R se pudo deber a la acumulación de residuos

de la alimentación de los peces, estos alimentos son la principal vía de entrada de fósforo al estanque (Ferretto, Cesar, Wasielesky y Borges, 2012).

En las gráficas 4 y 5 se aprecia una disminución, en el tiempo, del pH y el O.D, esto, posiblemente debido a que los peces iban creciendo a medida que pasa el tiempo, teniendo pesos 4 a 5 veces mayor que al inicial, lo cual conlleva a que se aumente la biomasa en el estanque, consumiéndose más oxígeno, lo que aumenta la producción de CO<sub>2</sub>, el cual reacciona con el agua generando ácido carbónico que disminuye el pH (Southern Regional Aquaculture Center, 1992), Kubitza (2011) reporta un comportamiento similar en el pH, en un sistema de biofloc, en el cual evaluó alevinos de tilapia durante 42 días.

Al relacionar los resultados de calidad de agua, que indica un adecuado establecimiento de microorganismos, con los resultados zootécnicos y lo reportado en otros trabajos y en la literatura, los sistemas de bajo recambio o cero recambiosuelen tener mejores parámetros productivos que los sistemas de recambio constante, ya que los sistemas de bajo recambio generan alimento endógeno, el cual complementa la dieta de los peces, (Kubitza, 2000;Kubtza 2011;Crab, Roselie, Defoirdt, Bossier. y Verstraete, 2012),contrario a los observado en el presente trabajo, en el cual no se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), en parámetros zootécnicos importantes, como ganancia de peso y conversión alimentaria.

## Conclusiones

Los tres tipos de sistema utilizados en precría de tilapia roja no afectaron la ganancia de peso y conversión alimentaria, pero sí el porcentaje de sobrevivencia y ganancia de talla. El pH, Temperatura, oxígeno disuelto y concentración de nitritos y nitratos tuvieron diferencias significativas, pero estuvieron dentro de los rangos óptimos de la especie y no tuvieron diferencias como para afectar los Parámetro zootécnicos, evaluados.

El sistema de precría sin recambio de agua, con aplicación de acondicionador, demostró tener parámetros de calidad de agua adecuados para la tilapia roja, con la ventaja de no utilizar agua, por lo tanto mayor eficiencia en el manejo del agua, lo cual hace de éste sistema una alternativa como estrategia para épocas de baja pluviosidad; sin embargo sistemas similares han demostrado mejorar los parámetro productivos, por lo cual se recomienda hacer más estudios a este sistema, por periodos más largos y en diferentes condiciones.

## Referencias

Almudena Antón y Lizaso Jesús, (2001). *Nitritos, Nitratos y Nitrosaminas*. Recuperado de <http://mie.esab.upc.es/ms/formacio/Control%20%20Contaminacio%20Agricultura/biblio/nitratos%20y%20nitrosaminas.pdf>

Asociación Sinoloense de Productores de Tilapia S.A (2009). *Cultivo de tilapia (Oreochromis spp) a alta densidad en módulos flotantes, con énfasis en buenas prácticas de producción acuícola para la inocuidad alimentaria y para la generación de un producto de calidad suprema*. Recuperado de [http://www.cesasin.com.mx/MANUAL%20DE%20PECES%20CURSO%20TALLER\\_ASTILAPIA.pdf](http://www.cesasin.com.mx/MANUAL%20DE%20PECES%20CURSO%20TALLER_ASTILAPIA.pdf)

Avnimelech, Yoram. (2011). Tilapia Production Using Biofloc Technology. *the global aquaculture advocate*. Mayo/junio 2011, pp 67-68.

Avnimelech, Yoram. (1999). Carbon/nitrogen ration as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*. 176, pp. 227-235. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004484869900085X>

Bautista, Juan. y Velazco, Javier.(2011). Calidad de agua para el cultivo de Tilapia. *Revista Fuente* , 3(8), pp10 -14. Recuperado de <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/2.pdf>

Cardoso, Campeche y Paulino (2010). Tilápia em reservatório de água para irrigação e avaliação da qualidade da água. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 5(1), pp 117 – 122. Recuperado de [http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=agraria\\_v5i1a669](http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=agraria_v5i1a669)

Chanratchakool, P. , Turnbull, J.F., Funge, S., Smith y Limsuwan C.(1999). Sistemas de Bajo Recambio. *Nicovita*. 4(7), pp 1-6.

Crab, Roselien., Defoirdt, Tom., Bossier, Peter. y Verstraete, Willy (2012). Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*. 356, pp 351-357.

Drummond, Cristina Delarete, Murgas, Luis David Solis, y Vicentini, Bruno. (2009). Growth and survival of tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) submitted to different temperatures during the process of sex reversal. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(3), 895-902. Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141370542009000300033&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141370542009000300033&lng=en&tlng=en). 10.1590/S1413-70542009000300033.

Egna, H., y Boyd, C.(1997). *Producción animal*. Recuperado de [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_peces/piscicultura/05-acuicultura\\_sagpya.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/05-acuicultura_sagpya.pdf)

Embrapa. (2013). *Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes*. Recuperado de <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/972692/1/Doc95.pdf>

Ferretto, Andrea., Cesar ,Paulo., Wasielesky, Wilson y Borges, Marcelo. (2012). Avaliação da formação de bioflocos na criação de juvenis de tainha mugil cf.hospes sem renovação de água. *Atlântica, Rio Grande*. 34(1), pp. 63-74, Recuperado de <http://www.seer.furg.br/atlantica/article/view/2711>

Florida Green Products. (2013). *Florida Green Products*. Recuperado de [http://www.floridagreenproducts.com/kb\\_results.asp?ID=1](http://www.floridagreenproducts.com/kb_results.asp?ID=1)

Hanley (2005). *A Guide to the Farming Of Tilapia. Jamaica*. Recuperado de [http://www.jamaicabroilersgroup.com/document\\_library/general/manual\\_farmitilapia.pdf](http://www.jamaicabroilersgroup.com/document_library/general/manual_farmitilapia.pdf)

Hsien-Tsang, Su., Quintanilla, Martín,. (2008). Manual sobre “Reproducción y cultivo de tilapia”. Recuperado de [http://www.mag.gob.sv/phocadownload/Apoyo\\_produccion/manual%20reproduccion%20y%20cultivo%20tilapia.pdf](http://www.mag.gob.sv/phocadownload/Apoyo_produccion/manual%20reproduccion%20y%20cultivo%20tilapia.pdf)

Kubitza, Fernando. (2000). *Tecnologia e planejamento na produção comercial*. Jundiaí, Brasil: Acqua Supre.

Kubitza, Fernando. (2011). Criação de tilápias em sistema combioflocos. *Panorama de la Acuicultura*. 21 (125), pp.14-23.

Meyer, Daniel. (2004). *Introducción a la acuicultura*. Honduras. Zamorano.

Nicovita. (s.f.). *Manual de crianza de tilapia*. Recuperado de <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>

Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. (2014). *Estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3720s.pdf>.

Pavasant, K. N. (2011). Effects of Organic Carbon Addition in Controlling Inorganic Nitrogen Concentrations in a Biofloc System. *Journal of the World Aquaculture Society*. 42(3), pp. 339-346.

Possebon, José., Criscuolo, Elizabeth., Machado, Debora y Newton, Castagnolli.,(2004). *Temas Especiais em Piscicultura de Agua Doce Tropical Intensiva*. Sao paulo: TecArt.

Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. (2010). *El cambio climatico en Colombia y en el sistema de las Naciones Unidas*. Recuperado de [http://www.pnud.org.co/img\\_upload/61626461626434343535373737353535/Brochure%20resumen%20Proyecto.pdf](http://www.pnud.org.co/img_upload/61626461626434343535373737353535/Brochure%20resumen%20Proyecto.pdf)

Rodriguez, Martha., Rodriguez, Dan., Monroy, Yazmin. y Mata, Jose., (2001). *Manual de enfermedades de peces*. Boletín del Programa Nacional de Sanidad Acuícola y la Red de Diagnóstico. Recuperado de 2014, de <http://www.cesasin.com.mx/ManualEnfermedadesPeces.pdf>.

Santos, Vander Bruno dos, Mareco, Edson Assunção, y Dal Pai Silva, Maeli. (2013). Growth curves of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains cultivated at different temperatures. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 35(3), 235-242. Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1807-86722013000300003&lng=en&tlng=en.10.4025/actascianimsci.v35i3.19443](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86722013000300003&lng=en&tlng=en.10.4025/actascianimsci.v35i3.19443).

Southern Regional Aquaculture Center (1997) *Nitrite in Fish Ponds*. Mississippi : SRAC Publication No.462.

Southern Regional Aquaculture Center (1999). *Tilapia Life History and Biology*. . Mississippi : SRAC Publication No. 283

Southern Regional Aquaculture Center (2002). *Measuring Dissolved Oxygen Concentration in Aquaculture*. Mississippi : SRAC Publication No.4601

Southern Regional Aquaculture Center (2009). *Tank Culture of Tilapia*. Stoneville, Mississippi : SRAC Publication No.282

Southern Regional Aquaculture Center. (1992) *Interactions of pH, Carbon Dioxide, Alkalinity and Hardness in Fish Ponds*. Stoneville, Mississippi : SRAC Publication No. 464.

Western EdgeSeafood. (2009).The Tilapia Handbook. Recuperado de [http://www.westernedge-seafood.com/site/files/pdfs/Tilapia\\_Handbook.pdf](http://www.westernedge-seafood.com/site/files/pdfs/Tilapia_Handbook.pdf)

Zeigler. (2011). *Cero recambio super-intensivo*. Recuperado de [http://www.zeiglerfeed.com/product\\_literature/aquaculture%20literature\\_shrimp%20growout/Zero%20Exchange%20Super-Intensive\\_SP.pdf](http://www.zeiglerfeed.com/product_literature/aquaculture%20literature_shrimp%20growout/Zero%20Exchange%20Super-Intensive_SP.pdf)

## Apéndices

### Apéndice A. Foto satelital estación piscícola Doradal



En la imagen se puede apreciar varios puntos marcados, 1) Laboratorio de reproducción, 2) bocatoma de agua para laboratorio, 3) Entrada de agua principal de la piscícola.

**Apéndice B. Piletas de sin recambio, con sistema de aireación auxiliar**



**Apéndice C. Piletas de recambio constante.**



**Apéndice D. Sistema de japa.**





### Apéndice G. Formato de seguimiento de alimento consumido

Fecha inicial:

Fecha Final:

	A1			A2			A3		
Fecha	Inicial	Final	Consumo	Inicial	Final	Consumo	Inicial	Final	Consumo
xxxxx	<b>Total:</b>			<b>Total:</b>			<b>Total:</b>		
xxxxx	<b>C1</b>			<b>C2</b>			<b>C3</b>		
xxxxx	Inicial	Final	Consumo	Inicial	Final	Consumo	Inicial	Final	Consumo
	<b>Total:</b>			<b>Total:</b>			<b>Total:</b>		

**Apéndice H. Formato de seguimiento de mortalidad**

<b>Peces sembrados</b>						
<b>Día</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>
1						
2						
3		5704642				
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						

**Apéndice I. Especificaciones técnicas de la sonda multiparametricasHanna Hi 991300.**

pH range	0.00 to 14.00 pH
pH accuracy	+ or – 0.01 pH
Conductivityrange	0 to 3,999µ/cm
Conductivityaccuracy	+ or – 2% (full scale)
TDS range	0 to 2,000ppm (mg/L)
TDS accuracy	+ or – 2% (full scale)
Temperaturerange	0 to 60 degrees C/32 to 140 degrees F
Temperatureaccuracy	+ or – 0.5 degree C/1 degree F
Probe (included)	HI 1288
Batterytype, life	(3) 1.5V AAA, approximately 500 hours
Weight	205g/7.2oz.
Dimensions	152 x 58 x 30mm/6.0 x 2.3 x 1.2 inches (H x W x D)

**Apéndice J. Especificaciones técnicas del método de espectrofotometría del equipo Exact Eco-check**

Parámetro	Rango	Precisión + o -%
<b>Amonio</b>	0.00-2.40 ppm	5
<b>Nitrito</b>	0.01-1.8 ppm	5
<b>Nitrato</b>	0.12-30 ppm	20

**Apéndice K. Especificaciones técnicas de la sonda MW 600.**

<b>Range</b>	0.0 to 19.9 mg/L
<b>Resolution</b>	0.1 (ppm / mg/L)
<b>Accuracy</b>	± 1.5% Full Scale
<b>Powersource</b>	One 9V alkaline battery (included)
<b>Dimensions</b>	145 x 80 x 40mm (H x W x D)
<b>Weight (withbattery)</b>	220g

