	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1(52)	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	<b>CARLOS ENRIQUE DURAN PEREZ</b>
FACULTAD	<b>CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE</b>
PLAN DE ESTUDIOS	<b>ZOOTECNIA</b>
DIRECTOR	<b>MSC. CARMEN LICETH GARCIA QUINTERO</b>
TÍTULO DE LA TESIS	<b>GASTO HIDRICO EN LA PRODUCCION DE TILAPIA ROJA EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>

### RESUMEN

(70 palabras aproximadamente)

El objetivo del proyecto fue determinar por medio de mediciones que se le realice al caudal del agua y al peso de los animales la cantidad de agua necesaria en litros para producir un kilogramo de biomasa de tilapia roja y así dar un punto de referencia de cuánta agua se necesita para la producción en condiciones similares al clima de Ocaña Norte de Santander.

### CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 52	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 1
-------------	---------	----------------	-----------



VÍA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL. OCAÑA N. DE S.  
Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX: 097-5690088  
[www.ufpso.edu.co](http://www.ufpso.edu.co)



**GASTO HIDRICO EN LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA ROJA EN LA GRANJA  
EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
OCAÑA.**

**CARLOS ENRIQUE DURAN PEREZ**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA  
FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
ZOOTECNIA  
OCAÑA  
2015**

**GASTO HIDRICO EN LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA ROJA EN LA GRANJA  
EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
OCAÑA.**

**CARLOS ENRIQUE DURAN PEREZ**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Zootecnista.**

**Directora:  
Msc. CARMEN LICETH GARCÍA QUINTERO**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA  
FACULTAD CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
ZOOTECNIA  
OCAÑA  
2015**

## CONTENIDO

	Pág.
<u>INTRODUCCION</u>	11
1. <u>GASTO HIDRICO EN LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA ROJA EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA.</u>	12
1.1 <u>PROBLEMA DE INVESTIGACION</u>	12
1.2 <u>DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</u>	12
1.3 <u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA (Pregunta de Investigación)</u>	12
1.4 <u>JUSTIFICACIÓN</u>	13
1.5 <u>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION</u>	13
1.5.1 General	13
1.5.2 Específicos	14
1.6 <u>DELIMITACIONES</u>	14
1.6.1 Operativa	14
1.6.2 Conceptual	14
1.6.3 Geográfica	14
1.6.4 Temporal	15
2. <u>MARCO REFERENCIAL</u>	16
2.1 <u>MARCO HISTORICO</u>	16
2.1.1 A nivel mundial	17
2.1.2 A nivel nacional	18
2.1.3 A nivel local	19
2.2 <u>MARCO TEORICO</u>	20
2.2.1 Masculinización de tilapia roja ( <i>Oreochromis spp</i> ) por inmersión utilizando 17 alfa–metiltestosterona.	20
2.2.2 Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja <i>Oreochromis spp.</i>	21
2.2.3 El peso corporal esta inversamente relacionado con la excreción de amonio en tilapia roja ( <i>Oreochromis sp.</i> )	21
2.2.4 Inmersión de ovas de tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> ) en diferentes estadios de fertilización en una solución de 17 alfa- metiltestosterona y la proporción fenotípica del sexo	22
2.2.5 Niveles de sustitución de harina de pescado por harina de <i>Arthrospira</i> (= <i>Spirulina</i> ) máxima, en dietas experimentales para alevines de tilapia roja ( <i>Oreochromis sp.</i> )	23
2.3 <u>MARCO CONCEPTUAL</u>	24
2.3.1 Tilapia	25

2.3.2 Acuicultura	26
2.3.3 Gasto Hídrico	26
2.3.4 Alimento	26
2.3.5 Contaminación Ambiental	27
2.3.6 Huella hídrica	27
2.3.6.1 Huella hídrica azul	27
2.3.6.2 Huella hídrica verde	28
2.3.6.3 Huella hídrica gris	28
2.3.7 Agua virtual	28
2.3.8 Medición de las precipitaciones	28
2.4 <a href="#">MARCO LEGAL</a>	29
2.4.1 Artículo 65 de la constitución política de Colombia.	29
2.4.2 Política Nacional de Pesca y Acuicultura – PNPA.	29
2.4.3 Plan Nacional de Desarrollo – PND 2010 – 2014.	29
3.4.4 Ley 13 de 1990 – ESTATUTO GENERAL DE PESCA.	30
3. <a href="#">DISEÑO METODOLOGICO</a>	31
3.1 <a href="#">LOCALIZACION</a>	31
3.2 <a href="#">POBLACION</a>	32
3.3 <a href="#">MUESTRA</a>	32
3.4 <a href="#">RECOLECCION DE INFORMACION</a>	32
4. <a href="#">ADMINISTRACION DEL PROYECTO</a>	34
4.1 <a href="#">RECURSOS HUMANOS</a>	34
4.2 <a href="#">RECURSOS INSTITUCIONALES</a>	34
4.3 <a href="#">RECURSOS MATERIALES</a>	34
4.4 <a href="#">RECURSOS FINANCIEROS O ECONÓMICOS</a>	35
5. <a href="#">ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</a>	36
5.1 <a href="#">CALCULO DE GASTO HÍDRICO PARA EL PROYECTO</a>	44
6. <a href="#">CONCLUSIONES</a>	48
7. <a href="#">RECOMENDACIONES</a>	49
<a href="#">BIBLIOGRAFIA</a>	50

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cronograma del trabajo.	15
Tabla 2. Situación Actual de la Producción de Tilapia Roja en los Municipios Aledaños a la Provincia de Ocaña.	19
Tabla 3. Características Importantes en la producción de la Tilapia Roja.	24
Tabla 4. Variables e indicadores	33
Tabla 5. Recursos para realización del proyecto.	35
Tabla 6. Peso y distribución de peces.	36
Tabla 7. Biomasa de cada tanque	38
Tabla 8. Pesaje de animales día 74	38
Tabla 9. Parámetros zootécnicos.	39
Tabla 10. Precipitación.	39
Tabla 11. Temperatura de los tanques.	40
Tabla 12. Cantidad de agua gastada durante la realización del proyecto.	41
Tabla 13. Demanda hídrica nacional.	45
Tabla 14. Volumen de agua insumida (m <sup>3</sup> ) en el sector pecuario en 2008.	45
Tabla 15. Promedio de la huella hídrica de productos de origen animal y vegetal a nivel mundial.	46

## LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
Grafico 1. Temperatura de los tanques.	41
Grafico 2. Consumo de agua total por tanque en litros.	43

## **RESUMEN**

Con los cambios medio ambientales y climáticos que se han presentado en los últimos años en el país y el descenso en los caudales de agua por los veranos tan extensos, se ve la necesidad de realizar el trabajo de grado para determinar por medio de 3 muestras en tanques de 250 litros de agua, donde cada uno tuvo 20 alevinos de tilapia roja, donde se midió la cantidad de agua que se gasta para producir un kilogramo de biomasa de tilapia roja, teniendo en cuenta la precipitación, recambios de agua y sifoneo de los tanques.

El objetivo del proyecto fue determinar por medio de mediciones que se le realice al caudal del agua y al peso de los animales la cantidad de agua necesaria en litros para producir un kilogramo de biomasa de tilapia roja y así dar un punto de referencia de cuánta agua se necesita para la producción en condiciones similares al clima de Ocaña Norte de Santander.

El resultado de la cantidad de agua que se necesita para producir un kilogramo de tilapia roja en condiciones de la Granja Experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña fue en promedio de 57771,277 litros, donde se puede notar la elevada cantidad de agua que es necesaria para la producción, en comparación con otros productos agropecuarios, pero se debe tener en cuenta de que el medio en el que habitan los peces es el agua.



## INTRODUCCIÓN

La tilapia roja o mojarra roja (*Oreochromis sp.*) es un híbrido resultante del cruce de varias especies del género *Oreochromis* originarias de África e Israel, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis hornorum*, buscando unas mejores características que la ponen en ventaja frente a otras especies como: una mejor producción, una mayor rentabilidad, buena calidad en filetes y un mejor manejo genético, además, esta línea muestra unas buenas cualidades, como crecimiento acelerado, tolerancia a altas densidades poblacionales, adaptación al cautiverio, una amplia gama de alimentos, resistencia a enfermedades, carne blanca de calidad y amplia aceptación en el mercado, han despertado gran interés comercial en la acuicultura mundial.

El presente trabajo muestra el análisis del gasto hídrico donde se utilizaron 3 muestras en tanques de agua de 250 litros, con 20 alevinos de tilapia roja por tanque, donde se tomaron muestras diarias de la cantidad de agua que entra y sale de los tanques teniendo en cuenta la precipitación, el recambio de agua y la actividad de sifoneo durante 5 meses y dos semanas en el Vivero de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, con el fin de encontrar puntos de referencia de la cantidad de agua que se necesita tener para producir un kilogramo de biomasa de tilapia roja en condiciones de Ocaña norte de Santander.

La investigación se realizó en las instalaciones del Vivero de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña, localizada con respecto al Ecuador y el meridiano de Greenwich así: 73 grados 20 minutos longitud oeste y 8 grados 15 minutos de latitud norte. Se ubica al nororiente de la ciudad de Ocaña en el departamento de Norte de Santander (Colombia). La zona de vida se encuentra clasificada como Bosque Muy Seco Montano Bajo según el Diagrama de Holdridge, al presentar una altura sobre el nivel del mar de 1.150 metros, temperatura promedio de 23°C Humedad relativa del 70% y una pluviosidad media anual de 900 mm (Fuente, Pág. UFPSO), en una zona tropical de la Región Andina Colombiana.

Los datos utilizados para calcular la cantidad de agua que se necesita para producir un kilogramo de biomasa de tilapia roja, fueron, la medición diaria de la cantidad de agua que entra y sale de cada uno de los tanques, la medida de la precipitación en la zona durante el tiempo de trabajo, los recambios de agua y el sifoneo realizado cuando los tanques estaban contaminados con heces de los animales y restos de comida, también se tuvo en cuenta el pesaje de los animales que se realizó cada 15 días para medir el crecimiento de los animales, calcular la biomasa de cada tanque, ajustar la alimentación y determinar el tiempo de duración del proyecto.

El valor obtenido de la cantidad de agua que se necesita para producir un kilogramo de biomasa de tilapia roja en promedio fue de 57771,277 litros en las condiciones de la Granja Experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, este dato obtenido en relación con otras especies tanto agrícolas como pecuarias es mayor debido a que el medio en el que habitan los peces es el agua.

# **1. GASTO HÍDRICO EN LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA ROJA EN LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA.**

## **1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACION**

En busca de un aumento en la producción de peces especialmente en la tilapia roja o mojarra roja (*oreochromis sp*) debido a la gran demanda y aceptación en el mercado que tiene esta especie y a que los productores de estos peces han ido dejando a un lado esta explotación y se han dedicado a realizar otras actividades por la falta de agua que ha venido presentando nuestro país con los veranos tan extensos, por esto se ve la necesidad de calcular el gasto hídrico en la producción de tilapia roja en condiciones climáticas de Ocaña Norte de Santander para tener un punto de referencia de la producción de un kilogramo de biomasa de esta especie.

## **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La explotación de especies piscícolas en el país es una fuente de ingresos de gran importancia en el sector pecuario, la tilapia roja es la especie más utilizada para establecer estanques de producción debido a las altas conversiones en cuanto a kilogramos de biomasa por kilogramo de alimento suministrado, la facilidad en el manejo de esta y la alta aceptación por parte de los consumidores finales.

El gasto hídrico es la cantidad de agua utilizada para producir un kilogramo de biomasa teniendo en cuenta todas las etapas hasta llegar al producto en canal. El desconocimiento de la cantidad de agua necesaria para la producción de tilapia roja puede causar un uso poco eficiente de las fuentes hídricas. Las pocas investigaciones que se han hecho sobre este tema no se han centrado en las explotaciones piscícolas dando una oportunidad para realizarla, y finalmente obtener un valor de comparación para poder optimizar las explotaciones de la zona.

## **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA (Pregunta de Investigación)**

¿Cuál es el gasto hídrico para la producción de un kilogramo de biomasa de tilapia roja en condiciones de la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña?

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

La grave crisis ambiental que vive nuestro planeta, aunado a la demanda de alimento por más de 70.000 millones de habitantes, hacen que la producción piscícola, sector de la producción zootécnica en amplia expansión, busque alternativas sostenibles para la producción de proteína de alta calidad. Calcular los costos de producción es uno de los parámetros obligados para que la zootecnia afronte cualquier renglón productivo. Sin embargo muy poco se ha avanzado en calcular los costos ambientales de dicha producción. La escasez de agua, cada vez más marcada para la producción, hace que se requiera establecer cuáles serían los costos de agua y las consecuencias ambientales de su mal manejo.

Debido a lo anterior, se ve la necesidad de calcular el gasto hídrico en la explotación de tilapia roja. Ya que la tilapia roja, es el organismo que sustenta la producción piscícola a nivel mundial con una alta demanda, no solo en los países industrializados, donde hace parte del menú de las comidas rápidas, sino que también sustenta los programas de seguridad alimentaria para los países del tercer mundo. El agua en cantidad y calidades óptimas es uno de los mayores limitantes en su producción.

Esta investigación pretende obtener un valor de referencia que permita optimizar el uso de las fuentes hídricas destinadas a la producción de tilapia roja, aumentando o disminuyendo la carga de animales por caudal de agua con la que se cuente.

La evaluación se realizara con el híbrido de tilapia roja que es una de las especies comercialmente más cultivadas, esta, junto con la tilapia plateada aportan el 58,5 % de la producción acuícola del país, según el DANE en marzo de 2014<sup>1</sup>.

## **1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **1.5.1 Objetivo general**

Medir el gasto hídrico en la producción de un kilogramo de biomasa de tilapia roja en condiciones de la granja experimental de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

---

<sup>1</sup>DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS, DANE. Boletín mensual, Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Marzo. 2014. Disponible Online en: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos\\_factores\\_de\\_produccion\\_mar\\_2014.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_mar_2014.pdf)

### **1.5.2 Objetivos específicos**

Calcular la cantidad de agua requerida para la producción de tilapia roja.

Establecer el gasto hídrico en la producción de un kilogramo de biomasa de tilapia roja.

Observar el comportamiento zootécnico en condiciones de la granja de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

## **1.6 DELIMITACIONES**

### **1.6.1 Delimitación operativa**

En la realización del proyecto se presentaron problemas en la disponibilidad de agua permanente por la manipulación de terceros de la llave que abastecía el proyecto y se instalaron toldillos en los tanques para evitar la depredación de los animales en su fase inicial.

### **1.6.2 Delimitación conceptual**

- Alevinos de tilapia roja
- Tilapia roja
- Agua
- Gasto hídrico
- Alimento concentrado
- Contaminación ambiental

### **1.6.3 Delimitación geográfica**

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Granja Experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña, ubicada en la Sede Algodonal de la misma institución. La granja experimental de la UFPSO, se localiza con respecto al Ecuador y el meridiano de Greenwich así: 73 grados 20 minutos longitud oeste y 8 grados 15 minutos de latitud norte. Se ubica al nororiente de la ciudad de Ocaña en el departamento de Norte de Santander (Colombia), limitando por el norte con la quebrada el champán, por el occidente con el río algodonal, por el oriente con predios privados y al sur con el río algodonal. La zona de vida se encuentra clasificada como Bosque Muy Seco Montano Bajo según el Diagrama de *Holdridge*, al presentar una altura sobre el nivel del mar de 1.150 metros, temperatura promedio de 23°C Humedad relativa del 70% y una pluviosidad media anual de 900 mm (Fuente, Pág. UFPSO), en una zona tropical de la Región Andina Colombiana.

### 1.6.4 Delimitación temporal

El tiempo de duración de la investigación será de 5 meses y dos semanas.

**Tabla 1.** Cronograma de trabajo

Actividad	Tiempo	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
		Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Diseño de la propuesta		■																							
Revisión de información			■																						
Elaboración del anteproyecto			■																						
Adecuación de estanques			■																						
Siembra de peces			■																						
Medición del agua utilizada por los peces			■																						
Observación de las características zootécnicas de la producción			■																						
Pesaje de 20% de los peces para cálculos de biomasa y ajuste de alimento			■																						
Calculo del gasto hídrico de un kg de biomasa de tilapia roja																							■		
Procesamiento y análisis de los datos obtenidos																								■	

Fuente: Carlos Duran.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 MARCO HISTÓRICO

Tilapia es el nombre genérico con el que se denomina a un grupo de peces de origen africano, que consta de varias especies, algunas con interés económico, pertenecientes al género *Oreochromis*. Las especies con interés comercial se crían en piscifactorías profesionales en diversas partes del mundo. Habitan mayoritariamente en regiones tropicales, en las que se dan las condiciones favorables para su reproducción y crecimiento. Entre sus especies más conocidas destacan la del Nilo (*Oreochromis niloticus*), la de Mozambique (*Oreochromis mossambicus*) y la azul (*Oreochromis aureus*).<sup>2</sup>

Sus extraordinarias cualidades, como crecimiento acelerado, tolerancia a altas densidades poblacionales, adaptación al cautiverio y a una amplia gama de alimentos, resistencia a enfermedades, carne blanca de calidad y amplia aceptación, han despertado gran interés comercial en la acuicultura mundial. Además, se están realizando algunas investigaciones de las propiedades que posee el colágeno presente en sus escamas, que tienen bajas cantidades de grasa. Estas cualidades se están aplicando para las terapias de regeneración de huesos.

Son peces de aguas cálidas, que viven tanto en agua dulce como salada e incluso pueden acostumbrarse a aguas poco oxigenadas. Se encuentra distribuida como especie exótica por América Central, sur del Caribe, sur de Norteamérica y el sureste asiático. Considerado hace tiempo como un pez de bajo valor comercial, hoy su consumo, precio y perspectivas futuras han aumentado significativamente.<sup>3</sup>

Durante los últimos cuarenta años, la tilapia (*Oreochromis spp.*), un *cichlido* de origen africano se ha explotado en el mundo de manera intensiva. Las líneas de investigación han buscado mejorar los rendimientos mediante hibridación, regresión sexual, nutrición y sanidad (*Wohlfart y Hulata*, 1983). En las explotaciones acuícolas de Colombia, la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) es la más explotada por su coloración atractiva, tolerancia a condiciones de manejo y por expresar entre sus características fenotípicas genes de las especies *O. niloticus*, *O. aureus*, *O. mosambicus* y *O. hornorum*.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> FERRER, Juan Jesus. El pez Tilapia. 08 de Enero de 2014. On Line. Disponible en: [http://tilapiaenvernaderos.blogspot.com/2014/01/el-pez-tilapia\\_15.html](http://tilapiaenvernaderos.blogspot.com/2014/01/el-pez-tilapia_15.html)

<sup>3</sup> Ibid.

<sup>4</sup>TORRES, Julieta, MUÑOZ, Jaime E., CÁRDENAS, Heiber. ÁLVAREZ, Luz Angela, PALACIO, Juan Diego. Caracterización de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con marcadores moleculares RAPD. Universidad Nacional de Colombia. 2010. Online. Disponible en: [http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/16289/17230](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/16289/17230)

### 2.1.1 A nivel mundial

Dentro del Género *Oreochromis*, como una “mutación albina” se reporta el primer ancestro de Tilapia roja en un cultivo artesanal de Tilapia *mozambica* (*Oreochromis mossambicus*) introducida desde Singapur en 1946, de coloración normal (negra) cerca de la población de Tainan (Taiwán) en 1968. Convirtiéndose en la punta de lanza para el desarrollo acelerado de la piscicultura comercial a partir de la década de los 80 en países sin tradición acuícola suramericanos como: Colombia, Venezuela y Ecuador, en forma casi simultánea con países Centroamericanos y Caribeños.<sup>5</sup>

Los peces representan el quinto renglón en importancia dentro de la producción agrícola mundial. Este producto provee el 25% de la proteína de origen animal en países desarrollados y el 75% en países en vía de desarrollo. El cultivo de tilapia comenzó a intensificarse aproximadamente en 1920; desde entonces, la tilapia roja (*Oreochromis spp*) ha sido una de las especies más producidas en la acuicultura mundial. Su alto nivel proteico, su bajo costo de producción y precio de venta asequible respecto a otras especies piscícolas, la convierten en un producto de gran importancia.<sup>6</sup>

Su facilidad de reproducción puede causar problemas de sobrepoblación en su crianza, lo que se soluciona criando peces de un único sexo, preferentemente machos, que crecen más rápido. Puede llegar a un peso de tres kilos. Sin embargo, la talla comercial es de 350 gramos.

Los grandes productores de tilapia son los países asiáticos, que representan el 80% de la producción mundial, con China a la cabeza, seguida de Tailandia, Indonesia, Filipinas y Taiwán. Precisamente este último país es el primer exportador del mundo. Otros países exportadores son Colombia, Ecuador, Honduras y Costa Rica, debido a su rentabilidad su cultivo se produce en la mayoría de países cálidos, como República Sudafricana, Australia e incluso Israel.

China es el líder en la producción de tilapia, aportando el 42% de la oferta mundial, con 1,1 millones de toneladas (2006). En China se introdujo este pez en 1956, desde Vietnam y

---

<sup>5</sup> CASTILLO, Luis Fernando. La importancia de la tilapia roja en el desarrollo de la piscicultura en Colombia. Asociación Red Cauca, Alevinos del Valle. 2001. Online. Disponible en: <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/new/TilapiaColombia.pdf>

<sup>6</sup>LÓPEZ, Carlos A. CARVAJAL, Dewin L. BOTERO, Mónica C. Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis spp*) por inmersión utilizando 17 alfa–metilttestosterona. Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias. Universidad de Antioquia. 2006. Online. Disponible en: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/287>

África. La evolución de la producción de la tilapia en China ha sido sorprendente, en 1999 sólo se producían 562.000 toneladas, la mitad de lo que se produce actualmente.

Estados Unidos es un gran importador de esta especie, que constituye el tercer producto acuático más importado por ese país, después del camarón y el salmón del Atlántico.

En China, la mayoría de la producción se destina a consumo interno. Un porcentaje menor se exporta a Estados Unidos y, en menor medida, a otros destinos. Este pez de buen sabor se comercializa en filetes.<sup>7</sup>

La tilapia puede comercializarse cuando alcanza un tamaño (20 cm de largo) o un peso máximo y se alimenta de una variedad de organismos como larvas, insectos, gusanos y detritos, y se adapta fácilmente a los diferentes tipos de agua y a varias temperaturas.

### **2.1.2 A nivel nacional**

Los primeros ejemplares fueron importados al país directamente en el departamento del valle del cauca a mediados de 1982, sin embargo no fueron conocidos a nivel nacional sino a partir de 1987, el proyecto sobre cultivo comercial de tilapia roja se inicia a mediados de 1984 basado en cuatro etapas principales: obtención de líneas puras, producción de alevinos, desarrollo y engorde y procesamiento y mercadeo.

Al principio la piscicultura fue totalmente de auto subsistencia orientada exclusivamente al sector rural, sin ninguna base técnica ya que se carecía de paquetes técnicos apropiados, lo que rápidamente ocasiono que esta especie escapara al medio natural, perdiendo su valor y credibilidad como especie de consumo ante los problemas de precocidad en la maduración sexual, sobre poblamiento, sabor, diversidad en tallas, apariencia, muy baja productividad debido a su lento crecimiento y su potencial de agresividad hacia otras especies, Ante los problemas de sobre poblamiento en los estanques de cultivo de tilapia, se empleó exitosamente el esquema de depredador-presa, sembrando especies netamente piscívoras, las más empleadas en esta época fueron: el Tucunaré o Pavón (*Cichla ocellaris*), la Mojarra negra (*Cichlasoma umbrifera*) y la Mojarra amarilla (*Petenia kraussii*).<sup>8</sup>

Los principales lugares de Colombia en los que se produce este tipo de pescado son los departamentos del Huila, Tolima, Antioquia, Santander, meta y valle del cauca, los cuales

---

<sup>7</sup>WIKIPEDIA, La enciclopedia libre. Tilapia. 19 marzo 2015. Online. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Tilapia>

<sup>8</sup> CASTILLO, Luis Fernando. Op. Cit.



por sus características brindan un clima propicio para el correcto desarrollo y desarrollo del pez, gracias a ello aportan el 75% de la producción del país.

La superficie aproximada de producción de mojarra roja en Colombia es de 525 hectáreas, aunque existen proyectos en jaulas flotantes que ocupan entre 2 y 5 hectáreas en total, pero en donde se manejan altas producciones por unidad de volumen.<sup>9</sup>

### 2.1.3 A nivel local

En una entrevista realizada a la Magister Carmen Liceth García Quintero, nos relató que la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña fue la pionera en implementar el sistema de producción piscícola de tilapia en los municipios aledaños a la provincia de Ocaña.

A continuación se mostrara una estadística de la situación actual de los municipios productores de tilapia con sus respectivos espejos de agua y su cantidad de animales.

**Tabla 2.** Situación Actual de la Producción de Tilapia Roja en los Municipios Aledaños a la Provincia de Ocaña

<b>Municipios</b>	<b>Espejo de agua (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Animales</b>
<b>Ocaña</b>	2975	10000
<b>Tarra</b>	63000	3500
<b>Abrego</b>	1400	14000
<b>San Calixto</b>	800	25000
<b>La Esperanza</b>	-	8500
<b>Convención</b>	5750	30000
<b>El Carmen</b>	18	240
<b>La Playa</b>	1250	200
<b>Teorama</b>	2250	12500
<b>Hacari</b>	1680	60000

Fuente: Secretaria Desarrollo Económico 2014

---

<sup>9</sup>GUEVARA, Carlos Eduardo. Estudio de factibilidad y puesta en marcha de una empresa productora y comercializadora de mojarra roja. Universidad Pontificia Bolivariana. 2009. On line. Disponible en: [http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/609/1/digital\\_18284.pdf](http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/609/1/digital_18284.pdf)

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 Investigación: Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis spp*) por inmersión utilizando 17 alfa–metiltestosterona.

**Autores:** Carlos A López<sup>1</sup>, Zoot; Dewin L Carvajal<sup>1</sup>, Zoot; Mónica C Botero<sup>1\*</sup>, Zoot, PhD.

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Ciencias Animales - GRICA. Escuela de Producción Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

**Año:** 2006

La tilapia roja (*Oreochromis spp*) es ampliamente producida a nivel mundial. Un inconveniente para su producción es la alta precocidad para la reproducción, lo que afecta su crecimiento y ocasiona la superpoblación. Para controlar esta situación se realiza una reversión fenotípica de sexo, mezclando una hormona androgénica en el alimento por treinta días, desde el inicio de su alimentación exógena. El objetivo de esta investigación fue evaluar la masculinización de tilapia roja por inmersión en solución de 17  $\alpha$  meti-ltestosterona (MT). Se aplicaron dos tratamientos: 1) masculinización por alimento y 2) masculinización por inmersión. Las dosis de MT empleadas fueron 60 mg/kg de alimento y 1.8 mg/l de agua. Las ovas se obtuvieron de la cavidad oral de las hembras. Se hicieron cuatro repeticiones por tratamiento, cada una con cuatro submuestras, empleando jaulas con 45 larvas/submuestra para un total de 720 larvas/tratamiento. La determinación sexual se realizó empleando dos técnicas: histológica y sexaje visual. Histológicamente se halló una eficiencia del 100% en el tratamiento 1 y del 90.4% en el tratamiento 2, al analizar una muestra del 21% de la población total. Por medio del sexaje visual se analizaron los individuos restantes al día 97 y se obtuvieron valores de 100 y 92.6% de machos para los dos tratamientos, respectivamente. Al combinar las dos técnicas de determinación sexual, los valores fueron de 100 y 91.8%, encontrándose una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). Los resultados de la evaluación de parámetros productivos (peso y longitudes) y sobrevivencia no mostraron diferencias ( $p > 0.05$ ). La técnica de reversión sexual por inmersión puede ser recomendada para reemplazar la técnica tradicional, por su menor demanda de tiempo y mano de obra, disminuye la exposición de animales y humanos a la hormona y representa mayores beneficios económicos.

**Palabras clave:** larvas, reproducción, reversión, sexaje.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> LÓPEZ, Carlos A. CARVAJAL, Dewin L. BOTERO, Mónica C. Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis spp*) por inmersión utilizando 17 alfa–metiltestosterona. Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias. Universidad de Antioquia. 2006. Online. Disponible en: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/287>

### **2.2.2 Investigación: Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja *Oreochromis spp.***

**Autores:** Camilo A. Prieto M1, Zoot.; Martha Olivera Angell, Dr. Sci. Agr.

1 Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad de Antioquia, Grupo de Fisiología y Biotecnología de la Reproducción – Biogénesis. Medellín - Colombia\*

**Año:** (Recibido: 10 julio, 2001; aceptado: 18 enero, 2002)

Los mayores problemas en la producción comercial de semilla de Tilapia son: baja producción de huevos en cada desove, alta frecuencia de desoves, temprana madurez sexual, obtención de larvas y alevinos de diferentes tallas, baja fecundidad, tiempo invertido y desgaste energético durante el cuidado parental. Se ha observado que removiendo los huevos y las larvas, aun con saco vitelino, de la cavidad oral de las hembras para continuar la incubación artificialmente, resulta en una mejora de la productividad. Otro aspecto crítico, para propósitos industriales, es el tratamiento hormonal para reversión sexual, iniciando desde los desoves no sincronizados entre las hembras, y si el tratamiento de reversión no es eficiente, hace que en los estanques de crecimiento se encuentren animales de los dos sexos, y se presenten reproducciones indeseadas además de diferentes grupos en edad y tamaño lo que entorpece las labores de cosecha en los estanques. El objetivo de esta revisión es describir el sistema de incubación artificial de huevos de Tilapia como herramienta para resolver estas dificultades.

**Palabras clave:** incubación artificial, larvicultura, *oreochromis*, reproductores, semilla, tilapia roja.<sup>11</sup>

### **2.2.3 Investigación: El peso corporal esta inversamente relacionado con la excreción de amonio en tilapia roja (*Oreochromis sp.*)**

**Autores:** Rubén D Valbuena-Villarreal<sup>1\*</sup>, Biol, esp, MS; Walter Vásquez-Torres<sup>2</sup>, Biol, MS, PhD.

<sup>1</sup> Profesor Universidad Surcolombiana Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Neiva, Colombia.

<sup>2</sup> Profesor Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos, Sede Barcelona, Km 12 vía Puerto López, Villavicencio, Meta, Colombia.

**Año:** (Recibido: 8 diciembre, 2010; aceptado: 2 mayo, 2011)

---

<sup>11</sup>PRIETO, Camilo A. ÁNGEL, Martha Olivera. Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja *Oreochromis spp.* Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias. Universidad de Antioquia. 2002. Online. Disponible en: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/78>

Con el fin de atender la creciente demanda del mercado, la acuicultura se ha expandido mediante la implementación de sistemas de cultivo intensivo que requieren suministro de altas cantidades de alimento. Estas condiciones pueden generar dificultades ambientales y económicas debido a que los peces solamente pueden retener 20 a 30% del nitrógeno (N) ingerido; la proporción restante, que es excretada en la forma de amonio, se puede acumular en el agua llegando a ser perjudicial para los peces. El presente experimento fue realizado con el fin de determinar el efecto de la temperatura, peso corporal y niveles proteicos de las dietas sobre las tasas de excreción de amonio total en tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Para la cuantificación del amonio total se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial AxBxC, siendo el factor A = peso corporal de los peces (P1= 100 ± 6.2, P2= 249 ± 4.2 y P3= 498 ± 4.7 g), B= dietas experimentales (D1, D2 y D3) y C = temperatura del agua (T1 Y 72). El aumento de los niveles de proteína de la dieta, así como de la temperatura del agua, ocasionaron incrementos significativos en las tasas de excreción de amonio total (p < 0.05). El peso corporal presentó una relación inversa respecto a la tasa de excreción de amonio. Peces de 100 g a 26 °C y una dieta con un nivel proteico del 25.6% excretaron 468.8 ± 2.2 g N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> al día/kg de peso vivo, en tanto que peces de 498 g bajo la misma dieta y la misma temperatura, excretaron 356.3 ± 1.6 mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> al día/kg de peso vivo.

**Palabras clave:** peso corporal, proteína dietaría, tasa de excreción de amonio, temperatura del agua, tilapia roja (*Oreochromis spp.*).<sup>12</sup>

#### **2.2.4 Investigación: Inmersión de ovas de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en diferentes estadios de fertilización en una solución de 17 alfa- metiltestosterona y la proporción fenotípica del sexo**

**Autores:** Mónica C Botero 1,2,\*, Zoot, PhD; Juan C Pineda 1, Zoot; Natalia Gallego 1, Zoot.

1Grupo GRICA, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia.

2Docente Escuela de Producción Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia.

AA 1226. Medellín, Colombia

**Año:** (Recibido: 26 febrero, 2010; aceptado: agosto, 2010)

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la reversión sexual por inmersión de ovas de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) clasificadas por estadios de fertilización (color de ovas claras y oscuras) a diferentes hormonales 0, 800 y 1200 µg de 17 alfa- Metil Testosterona (17 • MT/L) por litro de agua. El trabajo fue realizado en la estación piscícola de la Universidad de

---

<sup>12</sup>VALBUENA, Rubén. VÁSQUEZ, Walter. El peso corporal esta inversamente relacionado con la excreción de amonio en tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias. Universidad de Antioquia. 2011. Online. Disponible en: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/671>

Antioquia, midiendo como variables: proporción sexual, porcentaje de eclosión, sobrevivencia en larva y alevinaje, peso final, longitud total. Para porcentaje de reversión sexual no se encontró diferencia significativa ( $p>0.05$ ) con respecto a las concentraciones hormonales y al color de ovas, cuyos valores promedio fueron 49.59% de machos para ovas oscuras y 46.36% de machos para ovas claras, respecto al tratamiento testigo que tuvo 55.24% de machos. Para los demás parámetros, tales como porcentaje de eclosión, se encontró diferencia altamente significativa ( $p<0.01$ ) con respecto al color de las ovas siendo mayor la eclosión en ovas de color oscuro con un valor de  $60.27 \pm 11.52\%$ . Para sobrevivencia en larva se encontró diferencia significativa ( $p<0.05$ ) hallándose  $51.74 \pm 27.01\%$  para las larvas provenientes de ovas oscuras y  $28.97 \pm 1.52\%$  para las provenientes de ovas claras. Para sobrevivencia en la etapa de alevinaje, no hubo diferencia significativa ( $p>0.05$ ) con respecto al color de las ovas, encontrándose  $59.2 \pm 23.73\%$  para los animales provenientes de ovas oscuras y de  $65.58 \pm 9.01\%$  para los animales provenientes de ovas claras. En las variables peso y longitud se observó diferencia altamente significativa ( $p<0.001$ ) con respecto al sexo siendo de mayor tamaño y peso los machos con una media de  $6.75 \pm 1.29$  cm y  $5.45 \pm 3.09$  g, respectivamente.

**Palabras clave:** inducción hormonal, masculinización, reversión sexual.<sup>13</sup>

### **2.2.5 Investigación: Niveles de sustitución de harina de pescado por harina de *Arthrospira* (=Spirulina) máxima, en dietas experimentales para alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*)**

**Autores:** David D Rincón<sup>1</sup>, Biol.; Humberto A Velásquez<sup>1</sup>, Biol.; Martín J Dávila<sup>1</sup>, Biol.; Abraham M Semprun<sup>1</sup>, Biol.; Ever D Morales<sup>2</sup>, Biol., Dr.; Jim L Hernández<sup>1\*</sup>, Biol.

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigaciones Piscícolas "Dr. Lino Jesús Hernández Correa". Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia.

<sup>2</sup>Laboratorio de Microorganismos Fotosintéticos. Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia.

**Año:** (Recibido: 13 diciembre, 2011; aceptado: 29 abril, 2012)

Los altos precios de los ingredientes proteicos, así como su demanda, han ocasionado la necesidad cada vez mayor de cubrir los requerimientos nutricionales de los animales con recursos nacionales que proporcionen una fuente de proteína a bajo costo. **Objetivo:** el objetivo de la presente investigación fue evaluar tres niveles de sustitución (10, 20 y 30%)

---

<sup>13</sup>BOTERO, Mónica C. PINEDA, Juan C. GALLEGU. Natalia. Inmersión de ovas de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en diferentes estadios de fertilización en una solución de 17 alfa- metiltestosterona y la proporción fenotípica del sexo. Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias. Universidad de Antioquia. 2010. Online. Disponible en: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/652/631>

de harina de pescado por harina de Spirulina máxima como fuente de proteína en dietas experimentales para alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). **Métodos:** se emplearon alevines masculinizados con peso promedio de  $2.5 \pm 0.10$  g., distribuidos al azar en acuarios con aireación permanente y recambios diarios de agua. Se formularon tres dietas experimentales y una dieta control, con niveles de sustitución de harina de pescado por harina de Spirulina máxima, así: 10 (A), 20 (B), 30 (C) y 0 % (D, dieta control). Todas las dietas fueron isoproteicas (28%) e isocalóricas (400 Kcal/100 g.) y en conjunto con la dieta comercial (E) fueron suministradas a los peces en dos raciones diarias durante 90 días. Se realizaron muestreos quincenales donde se determinaron: ganancia de peso (G.P.), eficiencia alimenticia (E.A.), relación eficiencia-proteína (R.E.P.) y el factor de conversión alimenticia (F.C.A). Al final del ensayo, se compararon entre sí los resultados de cada parámetro mediante un ANOVA a un nivel de significancia del 5 %. **Resultados:** el análisis no reveló diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre la G.P., E.A. y R.E.P., indicando una eficiencia similar en todas las dietas (A, B, C, D y E). Para el F.C.A., se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), resultando el tratamiento C el de mejor relación alimento consumido - ganancia de peso. **Conclusiones:** la harina de pescado puede ser substituida por la harina de Spirulina máxima hasta en un 30% en la elaboración de dietas para la alimentación de alevines de tilapia roja.

**Palabras clave:** conversión alimenticia, ganancia de peso, ingredientes proteicos.<sup>14</sup>

### 2.3 MARCO CONCEPTUAL

**Tabla 3.** Características Importantes en la producción de la Tilapia Roja.

<b>Nombre científico</b>	<i>Oreochromis sp</i>
<b>Nombre común</b>	Mojarra roja
<b>Origen</b>	África
<b>Familia</b>	<i>Cichlidae</i>
<b>Genealogía (tetra híbrido )</b>	<i>Oreochromis niloticus</i> <i>Oreochromis aureus</i> <i>Oreochromis mossambicus</i> <i>Oreochromis hornorum</i>
<b>Rango peso adultos</b>	500 gr – 3000gr
<b>Edad madurez sexual</b>	Macho (4 a 6 meses ) hembras (3 a 5 meses)

<sup>14</sup>RINCÓN, David D. VELÁSQUEZ, Humberto A. DÁVILA, Martín J. SEMPRUN, Abraham M. MORALES, Ever D. HERNÁNDEZ, Jim L. Niveles de sustitución de harina de pescado por harina de *Arthrospira* (=Spirulina) máxima, en dietas experimentales para alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias. Universidad de Antioquia. 2012. Online. Disponible en: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/802>

Tabla 3. (Continuación.)

<b>Vida útil reproductores</b>	2 a 3 años	
<b>Numero de desoves / año</b>	5 a 8	
<b>Temperatura de desove</b>	24 °C a 30 °C	
<b>Numero de huevos/hembra</b>	100 a 1500	
<b>Tipo incubación</b>	Bucal	
<b>Tiempo incubación</b>	3 a 6 días	
<b>Proporción hembra/macho</b>	2 hembras por 1 macho	
<b>Tipo de alimentación</b>	Omnívoros, pero con tendencia a dieta vegetariana	
<b>Oxígeno disuelto (ppm)</b>	4	7
<b>Alcalinidad (ppm)</b>	90	250
<b>Dureza (ppm)</b>	60	150
<b>PH</b>	6.5	8.5
<b>Amonio total (ppm)</b>	0	1
<b>Amonio no ionizado (ppm)</b>	0,1	0,2
<b>Nitrito (ppm)</b>	0	0,05
<b>Dióxido de carbono (ppm)</b>	0	< 20

Fuentes: Carlos Duran.

Ixoye Acuicultura Colombia. Online. Disponible en: [http://ixoyeacuaculturacolombia.webpin.com/1623598\\_Tilapia-Roja--Oreochromis-Sp.html](http://ixoyeacuaculturacolombia.webpin.com/1623598_Tilapia-Roja--Oreochromis-Sp.html)

Acuicultura agua verde. Online. Disponible en: <http://www.aguaverdeacuicultura.com/es-es/productos/tilapiaroja.aspx>

Piscicultura. Cría de peces. Online. Disponible en: <http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/piscicultura.htm>

**2.3.1 Tilapia:** Tilapia es el nombre genérico con el que se denomina a un grupo de peces de origen africano, que consta de varias especies, algunas con interés económico, pertenecientes al género *Oreochromis*. Las especies con interés comercial se crían en piscifactorías profesionales en diversas partes del mundo. Habitan mayoritariamente en regiones tropicales, en las que se dan las condiciones favorables para su reproducción y crecimiento. Entre sus especies más conocidas destacan la del Nilo (*Oreochromis niloticus*), la de Mozambique (*Oreochromis mossambicus*) y la azul (*Oreochromis aureus*).

Sus extraordinarias cualidades, como crecimiento acelerado, tolerancia a altas \* densidades poblacionales, adaptación al cautiverio y a una amplia gama de alimentos, resistencia a enfermedades, carne blanca de calidad y amplia aceptación, han despertado gran interés comercial en la acuicultura mundial. Además, se están realizando algunas investigaciones de

las propiedades que posee el colágeno presente en sus escamas, que tienen bajas cantidades de grasa. Estas cualidades se están aplicando para las terapias de regeneración de huesos. Son peces de aguas cálidas, que viven tanto en agua dulce como salada e incluso pueden acostumbrarse a aguas poco oxigenadas. Se encuentra distribuida como especie exótica por América Central, sur del Caribe, sur de Norteamérica y el sureste asiático. Considerado hace tiempo como un pez de bajo valor comercial, hoy su consumo, precio y perspectivas futuras han aumentado significativamente.<sup>15</sup>

**2.3.2 Acuicultura:** La acuicultura es el conjunto de actividades, técnica y conocimiento de crianza de organismos acuáticos tanto en zonas costeras como del interior que implica intervenciones en el proceso de cría para aumentar la producción, es una importante actividad económica en producción de alimentos y materias primas, es probablemente el sector de producción de alimentos de más rápido crecimiento y representa ahora casi el 50 por ciento del pescado destinado a la alimentación a nivel mundial<sup>16</sup>.

**2.3.3 Gasto Hídrico:** El gasto hídrico es un indicador de uso del agua que tiene en cuenta tanto el uso directo como indirecto por parte de un consumidor o productor. El gasto hídrico de un individuo, comunidad o comercio se define como la cantidad de agua total que se requiere para producir un bien o un producto que van a satisfacer las necesidades de un individuo o una comunidad.

**2.3.4 Alimento:** La tilapia es omnívora, consumen alimento natural y alimento balanceado, el pelletizado puede ser húmedo o seco.

Las tablas de alimentación que se aplican se basan en el peso corporal del pez, variando según la temperatura, pero ninguno de ellos ha sido diseñado para los productos colombianos, los cuales comparados con otros de origen europeo o estadounidense tienen deficiencias energéticas hasta del orden del 20%.

Los alimentos elaborados en Colombia utilizan como materia prima fundamentalmente la harina de pescado, la cual es importada en un 90 % del Perú y el Ecuador. Otras fuentes de proteína animal utilizadas son las harinas de carne, hueso y sangre. Las fuentes vegetales más empleadas son las harinas de trigo, maíz, arroz, sorgo, las tortas de soya y algodón y algunos subproductos industriales, como el gluten de maíz y el salvado de trigo. Además se utilizan

---

<sup>15</sup>FERRER, Juan Jesus. Op. Cit.

<sup>16</sup>ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Acuicultura. SF. Online. Disponible en: <http://www.fao.org/aquaculture/es/>



otras materias primas de mejor calidad, como la harina de krill y calamar, las cuales se importan (Negret, 1993)<sup>17</sup>

Para los cultivos con dietas balanceadas, se emplea el siguiente esquema de alimentación, según la talla de los peces.

- Larvas y alevines hasta 5 cm: Dieta con 45% PB, con una ración diaria del 6% del total de la biomasa, para una temperatura de 26 °C.

- Crecimiento y engorde de alevines de más de 5 cm: Dieta con 28 - 34% PB y ración diaria del 3% del total de la biomasa, si la temperatura es de 26 °C; para temperaturas menores, la ración diaria se disminuye.

**2.3.5 Contaminación Ambiental:** En lo que respecta a la interacción con el medio ambiente, la legislación colombiana es bastante completa para que no se afecten los ecosistemas. Sin embargo, en algunos casos es costoso realizar las medidas de mitigación necesarias que tienen que llevar a cabo algunos proyectos para disminuir o mitigar su impacto a la naturaleza. Especialmente en el medio acuático.

La interacción de la piscicultura con el ambiente no es muy nociva, ya que se utilizan pequeñas áreas desprovistas de bosques naturales y en ocasiones se construyen los pequeños estanques sobre terrenos pantanosos o áreas marginales.

El problema ambiental puede surgir al permitir escapes de las especies al medio natural y el aporte de materia orgánica al medio acuático cuando se realizan las cosechas y se desocupan los estanques.<sup>18</sup>

**2.3.6 Huella hídrica:** La huella hídrica (HH) es un indicador de toda el agua que utilizamos en nuestra vida diaria; la que utilizamos para producir nuestra comida, en procesos industriales y generación de energía, así como la que ensuciamos y contaminamos a través de esos mismos procesos.

Nos permite conocer el volumen de agua que aprovecha ya sea un individuo, un grupo de personas o consumidores, una región, país o la humanidad en su conjunto.

Los tres componentes básicos para el cálculo de la huella hídrica son:

**2.3.6.1 Huella hídrica azul:** Se denomina así a la que se encuentra en los cuerpos de agua superficial (ríos, lagos, esteros, etc.) y subterráneos. La huella hídrica azul se refiere al consumo de agua superficial y subterránea de determinada cuenca, entendiendo consumo

---

<sup>17</sup>TOLEDO, Sergio. GARCÍA. María Cristina. Nutrición y Alimentación de Tilapia Cultivada en América Latina y el Caribe. Centro de Preparación Acuícola Mamposton, Ministerio de la Industria Pesquera. SF. Online. Disponible en: [http://www.uanl.mx/utillerias/nutricion\\_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf](http://www.uanl.mx/utillerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf)

<sup>18</sup>ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Visión general del sector acuícola nacional. Colombia. SF. Online. Disponible en: [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_colombia/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es)

como extracción. Es decir, si el agua utilizada regresa intacta al mismo lugar del que se tomó dentro de un tiempo breve, no se toma en cuenta como HH.

**2.3.6.2 Huella hídrica verde:** Es el agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad, siempre y cuando no se convierta en escorrentía. Igualmente, la huella hídrica verde se concentra en el uso de agua de lluvia, específicamente en el flujo de la evapotranspiración del suelo que se utiliza en agricultura y producción forestal.

**2.3.6.3 Huella hídrica gris:** Es toda el agua contaminada por un proceso. Sin embargo, la huella hídrica gris no es un indicador de la cantidad de agua Contaminada, sino de la cantidad de agua dulce necesaria para asimilar la carga de contaminantes dadas las concentraciones naturales conocidas de éstos y los estándares locales de calidad del agua vigentes.

La suma del agua verde, el agua azul y el agua gris que requiere un producto o servicio dentro de todo el proceso de elaboración será su huella hídrica.<sup>19</sup>

**2.3.7 Agua virtual:** Como la define Hoekstra (2003), el “agua virtual” es el agua contenida en un producto, no en el sentido real sino en el sentido virtual. Se refiere al agua usada para elaborar un producto determinado, El concepto fue creado originalmente por el Profesor John Anthony Allan (Allan, 1993, 1994) del King’s College de Londres y de la Escuela de Estudios Africanos y Orientales, al estudiar países con déficits de agua. Su carácter innovador solo se hizo patente una década después, al comprenderse que el agua virtual podía representar una medida más exacta del flujo de agua entre países, porque tomaba en consideración toda el agua que a pesar de no estar presente real- mente, podía añadirse virtualmente a los productos de importación y exportación, especialmente a los productos agrícolas, y hacerse “visible” en ellos a partir de estimaciones apropiadas.<sup>20</sup>

**2.3.8 Medición de las precipitaciones:** Las precipitaciones llegan al suelo en forma de lluvia, llovizna, nieve, granizo, etc. La medida de las precipitaciones permite determinar la distribución de las mismas en el tiempo y en el espacio.

El objetivo fundamental de todo método de medida de las lluvias es obtener una muestra que sea verdaderamente representativa de la precipitación caída en la región a que se refiere la medición.

---

<sup>19</sup> WWF. AGRODER. Huella Hídrica en México en el Contexto de Norteamérica. 2012. Online. Disponible en:  
<http://www.huellahidrica.org/Reports/AgroDer,%202012.%20Huella%20h%C3%ADdrica%20en%20M%C3%A9xico.pdf>

<sup>20</sup> PARADA, G. El agua virtual: conceptos e implicaciones. 2012. Online. Disponible en:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v16n1/v16n1a08>

El pluviómetro y el pluviógrafo son los instrumentos utilizados para medir y registrar, respectivamente, las cantidades de precipitación.

La unidad de medida de la cantidad de precipitación se mide en milímetros. Decir que llovió un milímetro, significa que cayó un litro de agua en cada metro cuadrado de terreno.<sup>21</sup>

## **2.4 MARCO LEGAL**

**2.4.1 Artículo 65 de la constitución política de Colombia.** La producción de alimentos gozará de la especial protección del Estado. Para tal efecto, se otorgará prioridad al desarrollo integral de las actividades agrícolas, pecuarias, pesqueras, forestales y agroindustriales, así como también a la construcción de obras de infraestructura física y adecuación de tierras. De igual manera, el Estado promoverá la investigación y la transferencia de tecnología para la producción de alimentos y materias primas de origen agropecuario, con el propósito de incrementar la productividad.<sup>22</sup>

**2.4.2 Política Nacional de Pesca y Acuicultura – PNPA.** Actualmente se adelanta la formulación de la “Política Nacional de Pesca y Acuicultura” a través del “Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural”. Dentro de esta formulación se destaca que la actividad de pesca y acuicultura en Colombia, constituyen un sector productivo que legalmente es de interés social y de utilidad pública, de acuerdo al Estatuto General de Pesca, Ley 13 de 1990, y su Decreto Reglamentario 2296 de 1991. El objeto de estos instrumentos es regular, ordenar, administrar, desarrollar y aprovechar en forma sostenible los recursos pesqueros y de acuicultura, y se complementa con lo establecido en la Ley 99 del 1993, la cual establece la importancia de proteger y aprovechar en forma sostenible la biodiversidad, y de promover el manejo integral del medio ambiente en su interrelación con los procesos de planificación económica, social y física<sup>23</sup>.

**2.4.3 Plan Nacional de Desarrollo – PND 2010 – 2014.** Dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014 – Prosperidad para Todos<sup>24</sup>, el Capítulo VI sobre Sostenibilidad Ambiental y Prevención del Riesgo, se encuentra incluido el apoyo a la recuperación del sector pesca y acuicultura y correspondiente investigación y transferencia de tecnología,

---

<sup>21</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. Manual del observador meteorológico. 2001. Online. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaia/fulltext/colom.pdf>

<sup>22</sup> ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE. Constitución Política de Colombia. Bogotá: Oveja Negra, 1991. p.76.

<sup>23</sup> Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP, La pesca y la acuicultura en Colombia, 2014. Online. Disponible en: [http://www.aunap.gov.co/files/ESTADO\\_DE\\_LA\\_PESCA\\_Y\\_ACUICULTURA\\_2014\\_.pdf](http://www.aunap.gov.co/files/ESTADO_DE_LA_PESCA_Y_ACUICULTURA_2014_.pdf)

<sup>24</sup> Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014 – Prosperidad para Todos. Expedido mediante Ley 1450 del 16 Junio de 2011.

como parte de los lineamientos y acciones estratégicas del sector agropecuario con relación a la gestión ambiental integrada y compartida<sup>25</sup>.

**2.4.4 Ley 13 de 1990 – ESTATUTO GENERAL DE PESCA.** La Ley 13 del 15 de enero de 1990 dicta el “Estatuto General de Pesca”. La presente ley tiene por objeto regular el manejo integral y la explotación racional de los recursos pesqueros con el fin de asegurar su aprovechamiento sostenido. Igualmente, establece que los recursos hidrobiológicos contenidos en el mar territorial, en la zona económica exclusiva y en las aguas continentales pertenecen al dominio público del Estado y compete a este administrar, fomentar y controlar la actividad pesquera<sup>26</sup>.

La presente Ley 13 de 1990 faculta a la AUNAP (Autoridad nacional de acuicultura y pesca) para regular el ejercicio de la actividad pesquera y acuícola, así como ejecutar los procesos de administración, fomento y control, con el fin de asegurar el aprovechamiento sostenible de los recursos pesqueros. Así mismo, a través del Decreto Reglamentario No. 2256 del 4 de octubre de 1991 se reglamenta la Ley 13 de 1990.

---

<sup>25</sup> PND 2010 – 2014 – Prosperidad para Todos. Tomo II. Página 604

<sup>26</sup> Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca. Op. Cit.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

La investigación a realizar es experimental-descriptiva, pues según *John L. Hayman* la define como: " La investigación descriptiva consiste en describir y evaluar ciertas características de una situación particular en uno o más puntos del 'tiempo'. En la investigación descriptiva se analizan los datos reunidos para descubrir así, cuáles variables están relacionadas entre sí. Sin embargo, "es habitualmente difícil interpretar qué significan estas relaciones. El investigador puede interpretar los resultados de una manera, pero desgraciadamente ésta será a menudo sólo una de las varias maneras de interpretarlos". Y experimental ya que según *Debold B. Van Dalen y William J. Meyer*. La investigación experimental consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular.

La investigación es experimental-descriptiva ya que se midió el gasto hídrico necesario para la producción de 1 kg de biomasa de tilapia roja en las condiciones que se presentan en la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

#### 3.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto se realizó en las instalaciones del vivero de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

La universidad hace presencia como único centro público y presencial de educación superior, en la región comprendida por la "Provincia de Ocaña" y algunos municipios del Cesar y sur de Bolívar.

La Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña, se encuentra ubicada en el sector nororiental del país, específicamente a 2,8 Km del casco urbano de la ciudad de Ocaña, en el departamento Norte de Santander. La ciudad posee una temperatura promedio de 23°C y una población según proyección DANE de 104.606 habitantes (proyección para el año 2005).

La Granja Experimental UFPSO se ubica a la margen derecha del río Algodonal, dentro del campus universitario, a una altura de 1150 msnm, con una temperatura promedio de 23 °C, una humedad relativa del 70% y una extensión de 135 ha.

### **3.2 POBLACIÓN**

La población objeto del trabajo está definida por el caudal de agua presente durante el periodo de estudio.

### **3.3 MUESTRA**

En la muestra se van a utilizar 750 litros de agua, correspondientes a 3 tanques plásticos de 250 litros cada uno.

### **3.4 RECOLECCION DE INFORMACIÓN**

La información obtenida fue de carácter cualitativo, de la cual se tomaron datos del caudal de agua diario, recambio de agua diario y sifoneo.

Los datos zootécnicos de peso inicial de los alevinos, aumento de peso quincenal, conversión de alimento, peso final, no serán utilizados como variables del proyecto sino como referencia para determinar el tiempo en el cual se desarrolla la investigación.

La información se anotó en una bitácora o cuaderno de campo, donde se tabulara la información para su posterior procesamiento estadístico.

Manejo. La densidad de siembra será de 20 animales en 0,25 mt<sup>3</sup> de agua en cada tanque, según el Manual de crianza de tilapia, “En lagos, embalses o ríos con buena corriente, la densidad de siembra puede llegar hasta 1000 a 1500 peces por metro cúbico, mientras que en cuerpos de agua con movimiento lento o moderado, sólo se recomienda de 300 a 1000 animales por metro cúbico.”<sup>27</sup>, de acuerdo a esto con la capacidad de agua de los tanques, estos pueden albergar 250 peces en los 0,25 mt<sup>3</sup> de agua que contienen.

Durante el tiempo de realización del proyecto la medición de agua se realizó diariamente con dos muestreos midiendo durante una hora la cantidad de agua que se acumula en los tanques de 55 galones y con esto calcular la cantidad de agua que se va a gastar en el día, sumándole al primer día el agua necesaria para llenar los tanques que será 250 litros por cada uno de ellos.

El día de la llegada de los alevinos se realizaron todas las acciones técnicas correspondientes para el buen manejo y adaptación de estos a cada uno de los tanques, dejando las bolsas en el agua hasta que alcancen la temperatura del tanque, luego destapar las bolsas e ir agregando agua en pequeñas cantidades para equilibrar los valores físico-químicos del agua en la que vienen, posteriormente se hizo la liberación gradual de los mismos en cada uno de los estanques. A partir de este día se realizaron medidas diarias del agua necesaria para suplir los

---

<sup>27</sup> NICOVITA. Manual de crianza de tilapia. SF. On line. Disponible en, <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>

requerimientos de los peces, garantizándoles una llegada constante de agua a los 3 tanques durante todo el día y en el tiempo destinado para el proyecto.

Cuando sea necesario se realizó el sifoneo de cada uno de los tanques para extraer los restos de concentrados no consumidos y las heces producidas por los animales, esta agua también se midió con un balde graduado.

Se trataran los tres tanques con un recambio de agua en la fase de cría del 10-15% al día, en la fase de levante del 5-10% al día, y en la fase de engorde del 40-50% al día.

Quincenalmente se pesaron los animales y se hizo el cálculo de biomasa para ajustar la cantidad de alimento que se le suministro y para conocer cuando alcancen un peso en biomasa de un kilogramo, que este será el punto para darle fin a las mediciones de agua del proyecto.

**Tabla 4.** Variables e indicadores

<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADOR</b>
Caudal	Litros/hora
Peso inicial	Gramos
Peso final	Gramos
Ganancia de peso	Gramos
Consumo	Gramos
Conversión	Relación
Número de animales	Cantidad
Mortalidad	Porcentaje
Supervivencia	Porcentaje
Precipitación	Milímetros
Temperatura	°C

Fuente: Carlos Duran

#### **4. ADMINISTRACION DEL PROYECTO**

##### **4.1 RECURSOS HUMANOS**

Carlos Enrique Duran Pérez – Proponente, Estudiante de zootecnia.  
Carmen Liceth García Quintero – Msc. Zootecnista, Directora del proyecto.  
Anyelo Andrey Álvarez – Colaborador, Zootecnista

##### **4.2 RECURSOS INSTITUCIONALES**

Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.  
Vivero de la Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña.  
Biblioteca Argemiro Bayona Portillo.  
AUNAP (Autoridad nacional de acuicultura y pesca).  
Ministerio de agricultura (Min agricultura).

##### **4.3 RECURSOS MATERIALES**

3 Tanques de agua de 250 litros de 107 cms de diámetro y 45 cm de alto (col empaques).  
1 Filtro de agua.  
3 Tanques de agua de 55 galones.  
60 alevinos del hibrido tilapia roja (20 Alevinos por tanque)  
Balanza  
Alimento concentrado, conversión de 1: 1.8

X: 6 kg de concentrado, para alcanzar un kilogramo de biomasa por cada tanque.

15 Metros de poli sombra  
18 mt de Tubo de PVC de  $\frac{3}{4}$   
7 Codos  $\frac{3}{4}$   
1 Pegante para PVC  
3 Unión (T)  $\frac{3}{4}$   
5 Llaves de paso  $\frac{3}{4}$   
Cronometro  
Cámara fotográfica  
Bibliografía  
Computador  
Calculadora



#### 4.4 RECURSOS FINANCIEROS O ECONÓMICOS

Para el desarrollo del proyecto se tendrán en cuenta recursos propios e institucionales.

**Tabla 5.** Recursos para realización del proyecto

<b>ITEM</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
<b>Alevinos</b>	60	\$ 120	\$ 7200
<b>Alimento concentrado</b>	6 kg	\$3.000	\$ 18.000
<b>Tanques para peces</b>	3	\$ 150.000	\$ 450.000
<b>Poli sombra</b>	15 mt	\$ 5.000	\$ 75.000
<b>Filtro</b>	1	\$ 50.000	\$ 50.000
<b>Tanques de 55 G.</b>	3	\$ 60.000	\$ 180.000
<b>Tubo de PVC de ¾</b>	18 mt	\$ 3.000	\$ 54.000
<b>Codos ¾</b>	7	\$ 600	\$ 4.200
<b>Pegante</b>	1	\$ 13.000	\$ 13.000
<b>Unión ( T ) ¾</b>	3	\$ 600	\$ 1.800
<b>Llave de paso ¾</b>	5	\$ 2.000	\$ 10.000
<b>Digitación</b>	1	\$ 30.000	\$30.000
<b>Papelería</b>	1	\$ 10.000	\$10.000
<b>Total</b>			\$ 1.252.800
<b>Imprevistos 10%</b>			\$ 125.280
<b>Total</b>			\$ 1.378.080

Fuente: Carlos Duran

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIONES

Tres días antes de empezar a realizar el proyecto se llenaron los tanques de 250 litros para dejar reposar el cloro del agua, ya que esta se tomó directamente del suministro de agua potable que llega a la Universidad debido a que el agua del río algodonal presenta contaminación con microorganismo que no permiten la supervivencia de los peces introducidos a estos, además de esto se presentó el inconveniente con el accidente del tracto camión que vertió petróleo a las aguas del río algodonal.

Ya con el agua reposada se procedió a pesar cada uno de los peces que se utilizaron en el proyecto para establecer el peso inicial de estos y así mismo comenzar con las mediciones de agua, la distribución de los peces se hizo de forma aleatoria en cada uno de los tanques dividiéndolos en 20 animales por cada tanque.

El manejo de siembra se realizó teniendo en cuenta todos los criterios técnicos para lograr una buena adaptación de los animales a las condiciones de los tanques y se protegieron con un toldillo para evitar la depredación por parte de las aves.

Con el peso de la masa total de los animales se calculó la cantidad de alimento para los primeros quince días correspondiente a un 7% del total de la biomasa.

Las mediciones de agua se realizaron midiendo el volumen de agua que se acumula en cada uno de los tanques de 55 galones durante un tiempo de una hora y luego se calculó la cantidad de agua por el primer día.

Se realizó la labor del sifoneo las veces que fuera necesario para mantener las condiciones físico-químicas del agua adecuadas y evitar que los peces se enfermaran o se murieran debido a que el agua se encontraba contaminada, la labor de sifoneo se realiza para sacar las heces y restos de concentrados que se encuentran en el fondo de los tanques, finalmente el agua que se extrajo se midió en un balde graduado y se le sumo al agua total del día.

**Tabla 6.** Peso y distribución de peces.

TANQUE 1	TANQUE 2	TANQUE 3
1,5 gr	4,3 gr	6,1 gr
3,5 gr	2,7 gr	2,6 gr
1,6 gr	2,5 gr	1,8 gr
1,3 gr	3,3 gr	1,7 gr
4,0 gr	2,0 gr	1,9 gr
1,9 gr	2,8 gr	2,5 gr
2,3 gr	3,1 gr	2,7 gr
3,0 gr	3,5 gr	3,0 gr
3,0 gr	2,6 gr	2,3 gr

Tabla 6. (Continuación)

2,8 gr	3,1 gr	3,6 gr
4,5 gr	2,4 gr	3,8 gr
1,6 gr	3,5 gr	3,2 gr
1,7 gr	1,8 gr	2,7 gr
1,8 gr	2,4 gr	2,4 gr
1,6 gr	2,1 gr	1,7 gr
1,5 gr	2,0 gr	2,2 gr
1,8 gr	2,0 gr	2,4 gr
2,2 gr	1,5 gr	2,7 gr
1,3 gr	1,5 gr	1,8 gr
1,4 gr	1,7 gr	3,0 gr
<b>44,3</b>	<b>50,8</b>	<b>54,1</b>

Fuente: Carlos Duran

La biomasa total de los tres tanques fue de 149,2 este valor se multiplico por el 7% que nos da un total de 10,444 gr para los tres tanques, que al dividirlo por los tres tanques nos da 3,48 gramos al día para cada uno.

Cada 15 días se realizaba el pesaje de los animales para observar el crecimiento de estos y calcular la cantidad de alimento que se le suministro durante el periodo de estudio, guiándose con las tablas de alimentación para la tilapia roja y brindarle una alimentación adecuada dependiendo el peso y el tipo de alimento.

El día 16 se presentó una mortalidad del 5% en el tanque 1 debido al bajo peso que tenía el animal ocasionado por el comportamiento territorial de los otros peces que no lo dejaban comer, el día 45 que se realizó otro pesaje y se ratificó lo que se venía observando con el comportamiento de los peces, ya que los más grandes dominaban a los pequeños y no los dejaban comer, por esto se decidió hacer una selección por tallas, donde se distribuyeron homogéneamente todos los peces en los tres tanques y así evitar que la mortalidad fuera más alta, este día también se hizo un recambio de agua en los tanques 1 y 2 del 30% y 33,2% respectivamente porque el agua se encontraba turbia, al tanque 3 no se le recambio el agua porque estaba en buenas condiciones, estos recambio de agua se le sumaron al total de agua que se produjo en este día.

A continuación se presentan los datos de biomasa de cada uno de los tanques, obtenidos en los pesajes quincenales que se realizaron durante todo el proyecto.

**Tabla 7.** Biomasa de cada tanque

	<b>TANQUE 1</b>	<b>TANQUE 2</b>	<b>TANQUE 3</b>
<b>Biomasa día 1</b>	44,3	50,8	54,1
<b>Biomasa día 15</b>	81,38	118,67	139,67
<b>Biomasa día 30</b>	275,82	306	349
<b>Biomasa día 45</b>	294,8	666	520,2
<b>Biomasa día 60</b>	542,09	1105,62	799,34
<b>Biomasa día 74</b>	736,14	1135,78	1000,49

Fuente: Carlos Duran

**Tabla 8.** Pesaje de animales día 74

<b>TANQUE 1</b>	<b>TANQUE 2</b>	<b>TANQUE 3</b>
35,53 gr	63,53 gr	49,83 gr
39,98 gr	79,53 gr	57,64 gr
45,28 gr	66,15 gr	83,88 gr
18,56 gr	54,89 gr	39,20 gr
32,94 gr	41,33 gr	38,48 gr
26,35 gr	59,30 gr	60,75 gr
30,13 gr	33,44 gr	77 gr
19,20 gr	57,08 gr	81,30 gr
43,40 gr	51,36 gr	85,47 gr
53,30 gr	78,62 gr	51,60 gr
31,90 gr	63,21 gr	47,54 gr
41,10 gr	52,61 gr	65,84 gr
34,62 gr	55,30 gr	44,95 gr
40,69 gr	61,78 gr	50,09 gr
45 gr	65,56 gr	39,59 gr
37,90 gr	43,26 gr	81,10 gr
39,40 gr	50,08 gr	45,23 gr
10,15 gr	48,45 gr	
17,98 gr	62,64 gr	
21,69 gr	47,76 gr	
45,40 gr		
25,62 gr		
<b>736,14</b>	<b>1135,78</b>	<b>1000,49</b>

Fuente: Carlos Duran

En este día se realizó el pesaje de la totalidad de los animales para identificar si se había logrado la meta de un kilogramo de biomasa en cada tanque, aunque en el tanque 1 no se alcanzó el kilogramo de biomasa, ya se podía calcular cuánta agua sería necesaria para alcanzar este peso sin necesidad de extender el tiempo del proyecto.

La biomasa total de los tanques fue de 2872,41 gramos.

**Tabla 9.** Parámetros zootécnicos.

	<b>Tanque 1</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 3</b>	<b>Promedio</b>
<b>Peso inicial promedio</b>	2,22	2,54	2,71	2,5
<b>Peso final promedio</b>	33,46	56,79	58,85	49,7
<b>Ganancia de peso promedio</b>	31,25	54,25	56,15	47,2
<b>Consumo promedio total</b>	73,88	73,88	73,88	73,9
<b>Conversión promedio</b>	2,4	1,4	1,3	1,7
<b>Número de animales al inicio</b>	20	20	20	20
<b>Mortalidad</b>	1	0	0	
<b>Porcentaje de mortalidad</b>	5	0	0	1,7
<b>Supervivencia</b>	19	20	20	
<b>Porcentaje de Supervivencia</b>	95	100	100	98,3

Fuente: Carlos Duran

Estos parámetros fueron tomados como referencia para el trabajo pero no afectan el resultado final del proyecto, solo el peso final de la biomasa sería un factor determinante para el tiempo de duración del trabajo.

**Tabla 10.** Precipitación.

Día precipitación	área	mm	Litros por tanque
Día 4	0,78	2,9	2,262
Día 5	0,78	0,8	0,624
Día 7	0,78	3,2	2,496
Día 8	0,78	20,4	15,912
Día 9	0,78	44,5	34,71
Día 12	0,78	0,4	0,312
Día 20	0,78	2,1	1,638
Día 21	0,78	1,5	1,17
Día 22	0,78	5,8	4,524
Día 25	0,78	9,2	7,176
Día 26	0,78	68	53,04
Día 30	0,78	2,1	1,638

Tabla 9. (Continuación)

Día 33	0,78	12,1	9,438
Día 34	0,78	38,2	29,796
Día 38	0,78	14,9	11,622
Día 45	0,78	132	102,96
Día 46	0,78	3,7	2,886
Día 53	0,78	14	10,92
Día 55	0,78	23	17,94
Día 57	0,78	53	41,34
Día 58	0,78	168	131,04
Día 59	0,78	0,3	0,234
Día 60	0,78	132	102,96
Día 62	0,78	31	24,18
Día 64	0,78	237	184,86
Día 65	0,78	22	17,16
Día 68	0,78	21,4	16,692
Día 69	0,78	2,4	1,872
Día 70	0,78	4,6	3,588
Día 72	0,78	13	10,14

Fuente: Carlos Duran.

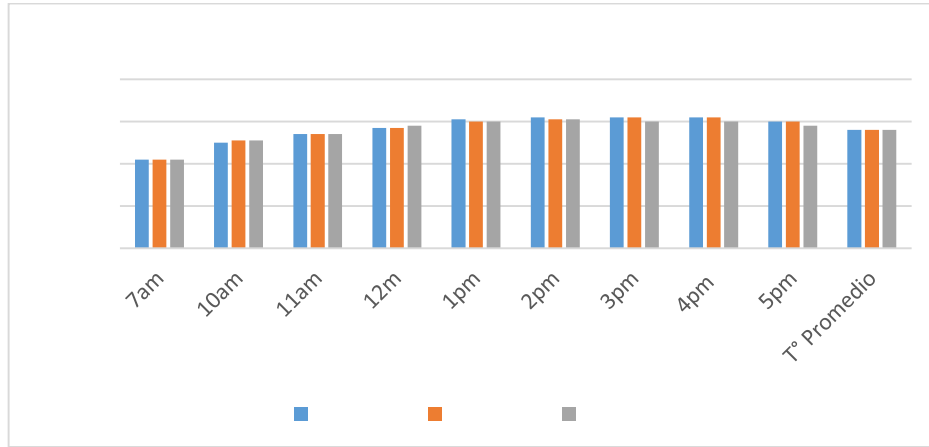
La precipitación se tuvo en cuenta ya que es un factor importante durante la realización del proyecto debido a que los días en que llovía se alteraba la cantidad de agua utilizada, estos datos de precipitación se obtuvieron por parte de la estación meteorológica del IDEAM ubicada en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, con estos datos y el área de los tanques se calculó la cantidad de agua que entro de más por precipitación y se le resto a la cantidad de agua registrada en esos días para evitar variaciones en la cantidad de agua utilizada.

Tabla 11. Temperatura de los tanques.

	7am	10am	11am	12m	1pm	2pm	3pm	4pm	5pm	T° Promedio
<b>Tanque 1</b>	21	25	27	28,5	30,5	31	31	31	30	28
<b>Tanque 2</b>	21	25,5	27	28,5	30	30,5	31	31	30	28
<b>Tanque 3</b>	21	25,5	27	29	30	30,5	30	30	29	28

Fuente: Carlos Duran

**Grafico 1.** Temperatura de los tanques.



Fuente: Carlos Duran

Al principio de la realización practica del proyecto se tomó la temperatura de los tanques desde las 7 am hasta las 5 pm y se determinó cual sería la mejor hora para la alimentación de los peces y comprobar que las temperaturas en cada tanque no eran muy variables, al observar los resultados obtenidos de la temperatura se encontraron que los valores están dentro del rango que se maneja con la tilapia roja.

**Tabla 12.** Cantidad de agua gastada durante la realización del proyecto.

	<b>Tanque 1</b>	<b>Tanque 2</b>	<b>Tanque 3</b>
<b>Promedio/día</b>	567,46	580,75	931,81
<b>∑ Agua utilizada</b>	42072,494	42962,494	68995,494

Fuente: Carlos Duran.

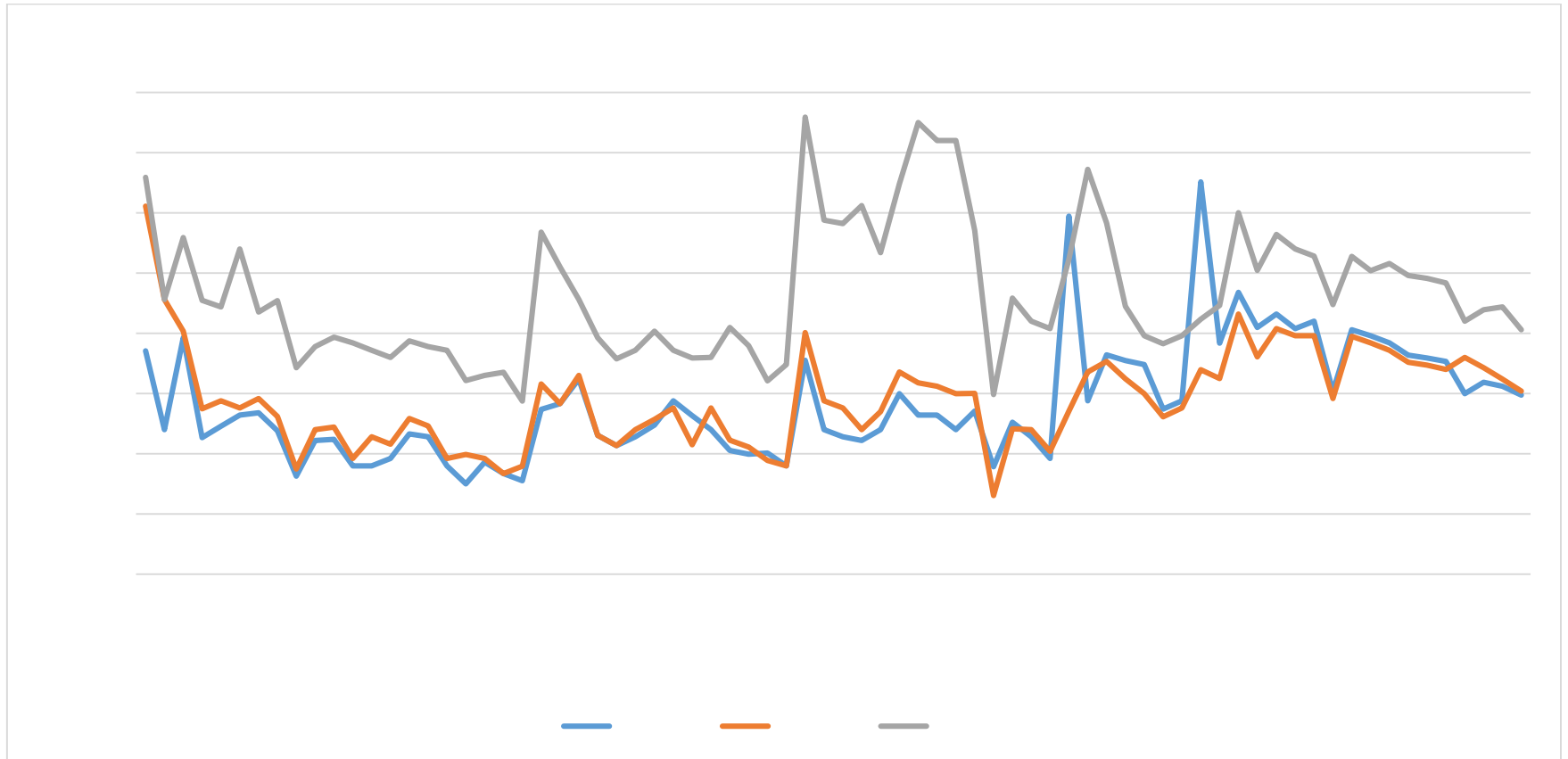
Estos datos de la cantidad de agua utilizados se tomaron diariamente durante 74 días, tiempo en el cual se desarrolló el proyecto, se realizaron 3 mediciones diarias de la cantidad de agua que salía de los tanques donde se encontraban los peces, se medían en tanques de 55 galones por un tiempo de una hora, al final del día se promediaban los datos y se calculaba el total de agua que se utilizó, donde en diferentes días se le sumo el agua por sifoneo, recambios de agua y se le resto la precipitación para evitar alteración del caudal de agua.

A continuación encontramos la gráfica 2 en la cual se presentan variaciones significativas debido a que en el tiempo de realización del proyecto se tuvo problemas con la llave de paso que suministraba el agua a los tanques porque personas ajenas al proyecto cerraban la llave o la abrían demasiado la cual hacia que hubieran estas variaciones tan marcadas en la gráfica, al notar el aumento o disminución en el caudal se tomaban las acciones necesarias para volver a la normalidad la cantidad de agua que se estaba utilizando y así corregir la alteración provocada por otras personas.

En los dos primeros tanques las mediciones diarias de agua son muy similares en su comportamiento, el tanque 3 utilizó una mayor cantidad de agua, analizando la gráfica se observa que las variaciones en los tres tanques fluctúan en la misma proporción debido a la manipulación de la llave que suministraba agua al proyecto por parte de personas externas a este.



**Grafica 2.** Consumo de agua total por tanque en litros.



Fuente: Carlos Duran

Los datos fueron tomados diariamente durante 74 días que fue el momento en el cual la mayoría de los tanques alcanzaron un kilogramo de biomasa total.

## 5.1. CALCULO DE GASTO HÍDRICO PARA EL PROYECTO

Al alcanzar la mayoría de los tanques un peso igual o mayor a un kilogramo de biomasa se suspendió la medición y se procedió a calcular por cada tanque el valor de cuánta agua sería necesaria para producir un kilogramo de biomasa de tilapia roja, basándonos en la cantidad de datos obtenidos en los 74 días de estudio, estos datos y cálculos se presentan a continuación.

Como primer dato para hallar la cantidad de agua necesaria para producir un kilogramo de biomasa de tilapia roja en condiciones de la Granja Experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, necesitamos calcular la biomasa alcanzada, la cual se aplica la fórmula: BIOMASA ALCANZADA O GANANCIA DE PESO = PESO FINAL - PESO INICIAL. También se tomara la sumatoria de los litros diarios utilizados durante el tiempo del proyecto y así calcular la cantidad de agua necesaria para el kilogramo de biomasa.

Para el primer tanque tenemos una biomasa final de 736,14 gramos a la cual le debemos restar los 44,3 gramos con los cuales llegaron al proyecto, dando como resultado 691,84 gramos ganados en el tiempo de estudio.

La sumatoria de litros de agua total utilizados en el tanque 1 fue de 42072,494 litros.

$$\begin{array}{l} 691,84 \text{ gramos} \quad \longrightarrow \quad 42072,494 \text{ litros.} \\ 1000 \text{ gramos} \quad \longrightarrow \quad X \end{array}$$

$$X: (1000 \text{ gr} * 42072,494 \text{ L}) / 691,84 \text{ gr}$$

$$X: 60812,462 \text{ Litros}$$

$$X: 60,81 \text{ m}^3$$

En el segundo tanque alcanzamos una biomasa de 1135,78 gramos al cual se le debe restar los 50,8 gramos con los cuales empezaron el proyecto, dando un resultado de 1084,98 gramos ganados en el tiempo de estudio.

La sumatoria de litros de agua total utilizados en el tanque 2 fue de 42962,494 litros.

$$\begin{array}{l} 1084,98 \text{ gramos} \quad \longrightarrow \quad 42962,494 \text{ litros.} \\ 1000 \text{ gramos} \quad \longrightarrow \quad X \end{array}$$

$$X: (1000 \text{ gr} * 42962,494 \text{ L}) / 1084,98 \text{ gr}$$

$$X: 39597,4986 \text{ Litros}$$

$$X: 39,59 \text{ m}^3$$

Finalmente el tanque 3 se obtuvo una biomasa de 1000,49 gramos al cual se le debe restar los 54,1 gramos con los cuales empezaron el proyecto, dando un resultado de 946,39 gramos ganados en el tiempo de estudio.

La sumatoria de litros de agua total utilizados en el tanque 3 fue de 68995,494 litros.

$$\begin{array}{l} 946,39 \text{ gramos} \quad \longrightarrow \quad 68995,494 \text{ litros.} \\ 1000 \text{ gramos} \quad \longrightarrow \quad X \end{array}$$

$$X: (1000 \text{ gr} * 68995,494 \text{ L}) / 946,39 \text{ gr}$$

$$X: 72903,8705 \text{ Litros}$$

$$X: 72,90 \text{ m}^3$$

El promedio de los tres datos obtenidos para alcanzar un kilogramo de biomasa de tilapia roja en condiciones de la Granja Experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña es de 57771,277 litros o 57,77 m<sup>3</sup>.

Haciendo una revisión literaria sobre el gasto hídrico en la producción de un kilogramo de biomasa no se encontró datos relacionados a la producción piscícola con la cual se pueda hacer una comparación con los datos obtenidos en este estudio, se decidió comparar el gasto hídrico de la producción de tilapia encontrado en este proyecto con los datos consultados de otros productos agrícolas y pecuarios.

**Tabla 13.** Demanda hídrica nacional.

Usos del agua	Total (Mm3)	Participación (%)
<b>Agrícola</b>	19.386	54,0
<b>Energía</b>	6.976	19,4
<b>Doméstico</b>	2.606	7,3
<b>Acuícola</b>	2.584	7,2
<b>Pecuario</b>	2.220	6,2
<b>Industria</b>	1.577	4,4
<b>Servicios</b>	528	1,5
<b>Total</b>	<b>35.877</b>	<b>100</b>

Fuente: GONZALEZ, M.C., SALDARRIAGA, G. de J. JARAMILLO, O. IDEAM. Estudio nacional de agua. 2010. Online. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP5.pdf>

**Tabla 14.** Volumen de agua insumida (m3) en el sector pecuario en 2008.

Sector	Cantidad de agua en m <sup>3</sup>
<b>Sector avícola</b>	268646986
<b>Sector porcicola</b>	332972592
<b>Sector bovino</b>	1618106870

Fuente: GONZALEZ, M.C., SALDARRIAGA, G. de J. JARAMILLO, O. IDEAM. Estudio nacional de agua. 2010. Online. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP5.pdf>

En el país no se encuentran datos del gasto hídrico en ninguna de las producciones aunque el IDEAM reporta unos datos de participación de la demanda hídrica de los diferentes sectores productivos, teniendo la mayor participación con el 54% el sector agrícola nacional con un total de 19.386 Millones de metros cúbicos, la parte pecuaria tiene una participación del 6,2% con un total de 2.220 Millones de metros cúbicos, donde el sector acuícola tiene una mayor demanda con el 7,2% y un total de 2.584 Millones de metros cúbicos debido a que el medio en el que habitan es el agua y se necesitan recambios constantes para garantizarle unas buenas condiciones físico-químicas para tener una buena producción.

También se reportan unos datos de la cantidad de agua promedio demandada por los sectores avícolas, porcícola y bovino que se encuentran en la tabla 26, pero no especifica en que producto ni en la cantidad de este, para poder realizar una comparación con los datos encontrados en el estudio realizado.

**Tabla 15.** Promedio de la huella hídrica de productos de origen animal y vegetal a nivel mundial.

<b>Producto</b>	<b>Litros promedio mundiales por kilogramo</b>
Carne de res	15415 litros/kg
Carne de oveja	10412 litros/kg
Carne de cerdo	5988 litros/kg
Mantequilla	5553 litros/kg
Carne de cabra	5521 litros/kg
Leche en polvo	4745 litros/kg
Carne de pollo	4325 litros/kg
Huevo	3266 litros/kg
Queso	3178 litros/kg
Arroz	2497 litros/kg
Azúcar de caña	1782 litros/kg
Maíz	1222 litros/kg
Leche de vaca	980 litros/kg
Manzana	822 litros/kg
Banano	790 litros/kg
Naranja	560 litros/kg
Papa	287 litros/kg
Lechuga	237 litros/kg
Tomate	214 litros/kg

Fuentes: M. M. Mekonnen and A. Y. Hoekstra. A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. Department of Water Engineering and Management. University of Twente. Online. Disponible en: <http://temp.waterfootprint.org/Reports/Mekonnen-Hoekstra-2012-WaterFootprintFarmAnimalProducts.pdf>

Como en Colombia no se tienen datos de la cantidad de agua necesaria para producir un kilogramo de biomasa de cualquier producto agropecuario, se utilizaron datos promedio a nivel mundial descritos por Mekonnen y Hoekstra (tabla 27) para realizar algunas comparaciones con los datos obtenidos en este estudio por los cuales se utilizaron los productos más importantes del sector agropecuario mundial.

Según los resultados obtenidos con el proyecto de 57771,277 litros/kg de biomasa en promedio se encontró que el dato obtenido es mayor que a los productos consultados a nivel mundial, teniendo que el dato más cercano sería la carne de res con 15415 litros/kg, conociendo que el medio en el que habitan la tilapia roja es el agua.

## 6. CONCLUSIONES

Las mediciones realizadas en este proyecto se logró calcular la cantidad de agua necesaria para la producción de un kilogramo de biomasa de tilapia roja en condiciones de la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, dando una base para nuevos estudios y un referente para empezar una producción comercial conociendo la cantidad de agua que requiere esta especie.

Con el trabajo realizado durante todo el proyecto se logró establecer un patrón de referencia en cuanto al gasto hídrico para la producción de un kilogramo de biomasa de tilapia roja en condiciones de la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, se obtuvo que en promedio se necesitan 57771,277 litros para un kilogramo de biomasa de esta especie.

Para los tres tanques utilizados en este ensayo manejándolos con recambios totales en promedio tres veces al día y realizando labores de limpieza que permitieron tener buenas condiciones en el agua se requieren 173313,831 litros para la producción de 3 kilogramos de biomasa de tilapia en los tres tanques

En cuanto al comportamiento zootécnico de los animales durante el tiempo del ensayo se observaron valores normales en cuanto a la producción de tilapia roja en condiciones similares presentes en la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

De acuerdo a los valores encontrados para la conversión alimenticia promedio durante el estudio en comparación con los valores de referencia para la especie, se puede decir que los resultados se encuentran dentro de los rangos normales.

Las condiciones de manejo que se les brindó a los tres grupos fueron los mejores en cuanto alimentación, limpieza de tanques, recambios de agua y condiciones físico-químicas debido a esto se vio una respuesta positiva de los animales dando como resultado un porcentaje de supervivencia mayor que el encontrado para la especie.

## 7. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados de esta investigación se podría plantear otras investigaciones cambiando el sistema de producción por uno más acorde presentes en la zona, aumentando el número de animales para el ensayo y también con otras especies piscícolas de interés zootécnico.

Realizar una investigación donde se pueda llevar a cabo todo el proceso productivo, desde la recepción de alevinos hasta el sacrificio con una talla comercial establecida de los peces y medir la cantidad de agua necesaria para cada uno de los pasos en la producción.

Se recomienda realizar estudios en otras especies que permitan dar un dato del gasto hídrico de la producción en Colombia y así tener valores de referencia que permitan darle un buen uso al recurso hídrico de la nación.

Se recomienda implementar para la zona otros sistemas de cultivo como el Biofloc o el RAS (sistema de recirculación de agua), que permitan disminuir el gasto hídrico en la producción piscícola.

## BIBLIOGRAFÍA

ACUICULTURA AGUA VERDE. Online. Disponible en: <http://www.aguaverdeacuicultura.com/es-es/productos/tilapiaroja.aspx>

ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE. Constitución Política de Colombia. Bogotá: Oveja Negra, 1991. p.76.

BOTERO, Mónica C. PINEDA, Juan C. GALLEGO. Natalia. Inmersión de ovas de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en diferentes estadios de fertilización en una solución de 17 alfa-metiltestosterona y la proporción fenotípica del sexo. Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias. Universidad de Antioquia. 2010. Online. Disponible en: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/652/631>

CASTILLO, Luis Fernando. La importancia de la tilapia roja en el desarrollo de la piscicultura en Colombia. Asociación Red Cauca, Alevinos del Valle. SF. Online. Disponible en: <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/new/TilapiaColombia.pdf>

DEBOLD B. Van Dalen y William J, Mayer Síntesis de "Estrategia de la investigación experimental en Manual de técnica de la investigación educacional. Disponible Online en: <http://noemagico.blogia.com/2006/092201-la-investigacion-experimental.php>

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS, DANE. Boletín mensual, Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. Marzo. 2014. Disponible Online en: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos\\_factores\\_de\\_produccion\\_mar\\_2014.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_mar_2014.pdf)

FERRER, Juan Jesús. El pez Tilapia. 08 de Enero de 2014. Online. Disponible en: [http://tilapiaenvernaderos.blogspot.com/2014/01/el-pez-tilapia\\_15.html](http://tilapiaenvernaderos.blogspot.com/2014/01/el-pez-tilapia_15.html).

FINK, Nilda E. CHIESA, María Elena. FERNÁNDEZ ALBERTI, Ma. Alejandra. VENTIMIGLIA, Fernando. GONZÁLEZ, Mariana. CASALI, José Luis. Métodos del laboratorio hematológico. Primera parte. Universidad Nacional de la Plata. 2007. Online. Disponible en: [www.biol.unlp.edu.ar/hematologia/guia1](http://www.biol.unlp.edu.ar/hematologia/guia1).

GONZALEZ, M.C., SALDARRIAGA, G. de J. JARAMILLO, O. IDEAM. Estudio nacional de agua. 2010. Online. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP5.pdf>

GUEVARA, Carlos Eduardo. Estudio de factibilidad y puesta en marcha de una empresa productora y comercializadora de mojarra roja. Universidad Pontificia Bolivariana. 2009. Online. Disponible en: [http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/609/1/digital\\_18284.pdf](http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/609/1/digital_18284.pdf)



HAYMAN, John L. Los métodos de investigación social en la educación. Disponible On line en: [www.crefal.edu.mx/Biblioteca/...digital/.../tv.htm](http://www.crefal.edu.mx/Biblioteca/...digital/.../tv.htm)

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. Manual del observador meteorológico. 2001. Online. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaiia/fulltext/colom.pdf>

IXOYE ACUACULTURA COLOMBIA. Online. Disponible en: [http://ixoyeacuaculturacolombia.webpin.com/1623598\\_Tilapia-Roja--Oreochromis-Sp.html](http://ixoyeacuaculturacolombia.webpin.com/1623598_Tilapia-Roja--Oreochromis-Sp.html)

LÓPEZ, Carlos A. CARVAJAL, Dewin L. BOTERO, Mónica C. Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis spp*) por inmersión utilizando 17 alfa–metiltestosterona. Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias. Universidad de Antioquia. 2006. Online. Disponible en: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/287>

M. M. Mekonnen and A. Y. Hoekstra. A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. Department of Water Engineering and Management. University of Twente. Online. Disponible en: <http://temp.waterfootprint.org/Reports/Mekonnen-Hoekstra-2012-WaterFootprintFarmAnimalProducts.pdf>

NICOVITA. Manual de crianza de tilapia. SF. Online. Disponible en: <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Acuicultura. SF. Online. Disponible en: <http://www.fao.org/aquaculture/es/>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Visión general del sector acuícola nacional, Colombia. SF. Online. Disponible en: [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_colombia/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es)

PARADA, G. El agua virtual: conceptos e implicaciones. 2012. Online. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v16n1/v16n1a08>

PISCICULTURA. CRÍA DE PECES. Online. Disponible en: <http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/piscicultura.htm>

Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014 – Prosperidad para Todos, Expedido mediante Ley 1450 del 16 Junio de 2011.

PND 2010 – 2014 – Prosperidad para Todos. Tomo II. Página 604

PRIETO, Camilo A. ÁNGEL, Martha Olivera. Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja *Oreochromis spp*. Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias. Universidad

de Antioquia. 2002. Online. Disponible en:  
<http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/78>

RINCÓN, David D. VELÁSQUEZ, Humberto A. DÁVILA, Martín J. SEMPRUN, Abraham M. MORALES, Ever D. HERNÁNDEZ, Jim L. Niveles de sustitución de harina de pescado por harina de *Arthrospira* (=Spirulina) máxima, en dietas experimentales para alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias. Universidad de Antioquia. 2012. Online. Disponible en:  
<http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/802>

TOLEDO, Sergio. GARCÍA. María Cristina. Nutrición y Alimentación de Tilapia Cultivada en América Latina y el Caribe. Centro de Preparación Acuícola Mamposton, Ministerio de la Industria Pesquera. SF. Online. Disponible en:  
[http://www.uanl.mx/utillerias/nutricion\\_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf](http://www.uanl.mx/utillerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf)

TORRES, Julieta, MUÑOZ, Jaime E., CÁRDENAS, Heiber. ÁLVAREZ, Luz Angela, PALACIO, Juan Diego. Caracterización de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con marcadores moleculares RAPD. Universidad Nacional de Colombia. 2010. Online. Disponible en:  
[http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/16289/17230](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/16289/17230)

VALBUENA, Rubén. VÁSQUEZ, Walter. El peso corporal esta inversamente relacionado con la excreción de amonio en tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias. Universidad de Antioquia. 2011. Online. Disponible en:  
<http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/671>

WIKIPEDIA, La enciclopedia libre. Tilapia. 19 marzo 2015. On line. Disponible en:  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Tilapia>

WWF. AGRODER. Huella Hídrica en México en el Contexto de Norteamérica. 2012. Online. Disponible en:  
<http://www.huellahidrica.org/Reports/AgroDer,%202012.%20Huella%20h%C3%ADdrica%20en%20M%C3%A9xico.pdf>