

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS ZOTÉCNICOS EN TILAPIA ROJA  
(*Oreochromis spp.*) Y CACHAMA BLANCA (*Piaractus brachypomus*),  
ALIMENTADAS CON DIETAS EN BASE A ENSILAJE DE VÍSCERAS DE PESCADO  
EN EL EMBALSE “LA SALVAJINA”, SUAREZ-CAUCA**



**CARLOS EDUARDO BRAVO ORTEGA  
YULI ANDREA ANACONA MONTOYA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA  
POPAYÁN  
2011**

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS EN TILAPIA ROJA  
(*Oreochromis spp.*) Y CACHAMA BLANCA (*Piaractus brachypomus*),  
ALIMENTADAS CON DIETAS EN BASE A ENSILAJE DE VÍSCERAS DE PESCADO  
EN EL EMBALSE “LA SALVAJINA”, SUAREZ-CAUCA**

**CARLOS EDUARDO BRAVO ORTEGA  
YULI ANDREA ANACONA MONTOYA**

**Trabajo de grado en la modalidad de investigación como requisito parcial para  
optar al título de Ingenieros Agropecuarios**

**Director  
JOSÉ LUIS HOYOS CONCHA, Esp.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA  
POPAYÁN  
2011**

## **NOTA DE ACEPTACIÓN**

El director y los Jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por sus autores y lo encuentran satisfactorio.

---

Esp. JOSÉ LUIS HOYOS CONCHA  
Director

---

Esp. GUILLERMO A. SOTELO  
Presidente del Jurado

---

M. Sc. SANDRA MORALES  
Jurado

Popayán, 8 de Noviembre de 2011

## **DEDICATORIA**

### **YULI ANDREA ANACONA MONTOYA**

Dedico este proyecto y toda mi carrera universitaria a Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me presenten. Le agradezco a mi papá Saúl Anacona ya que gracias a él soy quien soy hoy en día, fue el que me dio ese cariño y calor humano necesario, el que ha velado por mi salud, mis estudios, es a él a quien le debo todo, horas de consejos y de alegrías de las cuales estoy muy segura que las ha hecho con todo el amor del mundo para formarme como un ser integral y del cual me siento extremadamente orgullosa, le agradezco a la mas chiquita, hermanita tu me has traído alegría desde que naciste. También les agradezco a mis amigas más cercanas, a esas amigas que siempre me han acompañado y con las cuales he contado desde que las conocí y en general a todos los que me acompañaron en este camino.

### **CARLOS EDUARDO BRAVO ORTEGA**

Al culminar esta etapa de mi vida, de todo corazón dedico esta tesis, a Dios y a las personas que siempre estuvieron junto a mí; ya que este documento representa el esfuerzo y esmero de mi carrera estudiantil. A mis amados padres Beatriz y Alfredo, ya que con su ejemplo, sabiduría y apoyo incondicional en los momentos de mi vida me inculcaron el anhelo de superación y perseverancia. A mis hermanos Gustavo, Diana y Catherine; por su apoyo mancomunado y desinteresado en cada momento de mi vida. A todos mis familiares por ser partícipe de mis anhelos y apoyo incondicional para alcanzar mis metas. Por último quisiera dedicar el presente a mis amigos, que con ese calor humano, me regalaron, pincelazos de vida que mejoraron mi formación personal, profesional y social.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos, a Dios por ser nuestro guía en el camino, por tantas bendiciones concedidas, por ser durante todo este tiempo fuente de perseverancia, humildad y fortaleza para conseguir paso a paso nuestras metas.

A nuestros amados padres, hermanas(os), sobrinos, por habernos enseñado que con dedicación y persistencia se pueden cumplir todas las metas propuestas. A nuestra familia en general, su apoyo ha sido primordial y excepcional en esta etapa de nuestras vidas.

A nuestro director y amigo; Ing. José Luis Hoyos Concha, que con paciencia, humildad, nobleza y entusiasmo guió esta investigación.

A nuestros profesores, por colaborar con un granito de arena en nuestra formación académica y mantenerse prestos a responder cualquier duda en nuestra actividad profesional.

A nuestros compañeros y amigos por su amistad, apoyo y esfuerzo desinteresado durante toda la realización de esta investigación, además de sus sinceros consejos a lo largo de este tiempo de fraternidad.

Al personal de SAT, en especial a la familia Bermúdez por acogernos y brindarnos todo su apoyo en la realización del presente ensayo.

A la Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, noble institución por brindarnos todo el apoyo necesario en nuestra formación profesional.

A todas las personas que conocemos, que de alguna forma nos apoyaron en la realización de la investigación y que no los mencionamos.

A todos, muchas gracias.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	16
1. OBJETIVOS	18
1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2. MARCO TEORICO	19
2.1 PRODUCCION DE PESCADO A NIVEL NACIONAL	19
2.2 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE TILAPIA ROJA ( <i>Oreochromis spp.</i> )	19
2.2.1 Sistemas y etapas de cultivo	20
2.3 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE CACHAMA BLANCA ( <i>Piaractus brachypomus</i> )	21
2.3.1 Sistemas y etapas de cultivo	22
2.4 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA PARA CULTIVO DE TILAPIA ROJA Y CACHAMA BLANCA	23
2.5 PLANTA PROCESADORA DE CONCENTRADO	23
2.5.1 Construcción	23
2.6 AREA Y EQUIPOS MÍNIMOS, REQUERIDOS PARA UNA PLANTA PROCESAMIENTO DE CONCENTRADO	24
2.6.1 Procesos necesarios para elaboración de concentrados	25
2.6.2 Secador solar	25
2.7 MANEJO DEL CULTIVO	25
2.8 ALIMENTACIÓN	26
2.9 ENSILADO DE RESIDUOS DE PESCADO	26

	pág.
2.9.1 El ensilaje biológico	28
2.9.2 Descripción del proceso de ensilaje biológico	28
2.10 ANTECEDENTES DEL USO DE ENSILAJE BIOLÓGICO EN LA ALIMENTACIÓN DE PECES	29
3. METODOLOGIA	32
3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	32
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	33
3.3 MATERIAL BIOLÓGICO	33
3.4 INSTALACIONES Y EQUIPO	33
3.4.1 Adecuación de jaulas	34
3.4.2 Adecuación de estanque en tierra	34
3.4.3 Diseño, construcción y acondicionamiento de planta de procesamiento	36
3.5 CONDICIONES EXPERIMENTALES	38
3.5.1 Traslado de las tilapias	38
3.5.2 Recepción y siembra de las cachamas	38
3.5.3 Mantenimiento y sistemas de cultivo	39
3.5.4 Muestreo	40
3.6 FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS DIETAS	41
3.7 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS	45
4. RESULTADOS	47
4.1 PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS EN TILAPIA ROJA ( <i>Oreochromis spp.</i> )	47
4.1.1 Ganancia de peso por tratamiento	47

	pág.
4.1.2 Producción neta	49
4.1.3 Ganancia en talla	50
4.1.4 Rata de sobrevivencia	51
4.1.5 Conversión alimenticia	52
4.2 PARÁMETROS ZOTÉCNICOS EN CACHAMA BLANCA ( <i>Piaractus brachypomus</i> )	54
4.2.1 Ganancia de peso por tratamiento	54
4.2.2 Producción neta	56
4.2.3 Ganancia en talla	57
4.2.4 Rata de sobrevivencia	59
4.2.5 Conversión alimenticia	59
4.3 ANÁLISIS ECONÓMICO	61
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFIA	66
ANEXOS	76



## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Caracterización de las etapas de cultivo de tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> ) en jaulas	21
Cuadro 2. Caracterización de las etapas de cultivo de cachama blanca ( <i>Piaractus brachypomus</i> ) en estanques	22
Cuadro 3. Requerimientos nutricionales de tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> ) y cachama blanca ( <i>Piaractus brachypomus</i> ) en la fase de engorde	26
Cuadro 4. Análisis proximal del ensilaje biológico de tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> ) en base seca (g/100g)	42
Cuadro 5. Cuadro nutricional comparativo de las dietas experimentales para tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> ) y cachama blanca ( <i>Piaractus brachypomus</i> ) en la fase de engorde	42
Cuadro 6. Resumen de parámetros zootécnicos obtenidos en tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> )	47
Cuadro 7. Resultados ANAVA para ganancia de peso	47
Cuadro 8. Resultados ANAVA para producción neta	49
Cuadro 9. Resultados ANAVA para ganancia en talla	50
Cuadro 10. Resultados ANAVA para conversión alimenticia	52
Cuadro 11. Resumen de parámetros zootécnicos obtenidos en cachama blanca ( <i>Piaractus brachypomus</i> )	54
Cuadro 12. Resultados ANAVA para ganancia de peso	54
Cuadro 13. Resultados ANAVA para producción neta	56
Cuadro 14. Resultados ANAVA para ganancia en talla	58
Cuadro 15. Resultados ANAVA para conversión alimenticia	60
Cuadro 16. Costo del concentrado, elaborado por kilogramo y por bulto para cada una de las dietas evaluadas	61
Cuadro 17. Costos para producir una tonelada de carne de tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> )	62

Cuadro 18. Costos para producir una tonelada de carne de cachama blanca  
(*Piaractus brachypomus*)

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> )	20
Figura 2. Diseño estructuras para cultivo intensivo de tilapia roja	21
Figura 3. Cachama blanca ( <i>Piaractus brachypomus</i> )	22
Figura 4. Ensilaje químico y ensilaje biológico	27
Figura 5. Ubicación geográfica embalse “La Salvajina”	32
Figura 6. Distribución espacial de los tratamientos y repeticiones	33
Figura 7. Adecuación de las jaulas para tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> )	34
Figura 8. Adecuación del estanque en tierra para siembra de alevines de cachama blanca ( <i>Piaractus brachypomus</i> )	35
Figura 9. Construcción de planta procesadora	36
Figura 10. Secador solar parabólico tipo túnel construido en la estación piscícola	37
Figura 11. Acondicionamiento planta de procesamiento	37
Figura 12. Traslado de las tilapias a jaulas para evaluación	38
Figura 13. Recepción y siembra de alevines de cachama blanca ( <i>Piaractus brachypomus</i> )	39
Figura 14. Biometría quincenal	40
Figura 15. Proceso elaboración del ensilaje	41
Figura 16. Esquema representativo para la elaboración de concentrado con la inclusión de ensilaje de vísceras de pescado	43
Figura 17. Alimentación de los peces	44
Figura 18. Aplicación de azul de metileno y sal marina, en cultivos de tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> ) y cachama blanca ( <i>Piaractus brachypomus</i> )	45
Figura 19. Promedios generales ganancia de peso por tratamiento	48
Figura 20. Ganancia de peso diaria	49

	pág.	
Figura 21	Producción neta	50
Figura 22.	Promedios de la ganancia en talla de cada tratamiento	51
Figura 23.	Rata de sobrevivencia	52
Figura 24.	Conversión alimenticia	53
Figura 25.	Promedios generales ganancia de peso por tratamiento	55
Figura 26.	Ganancia de peso diaria	56
Figura 27.	Producción neta	57
Figura 28.	Promedios de la ganancia en talla de cada tratamiento	58
Figura 29.	Rata de sobrevivencia	59
Figura 30.	Conversión alimenticia	60

## LISTA DE ANEXOS

		pág.
Anexo A	Diseño de infraestructura para procesamiento de materias primas	76
Anexo B	Cuadro resumen de cachama blanca ( <i>Piaractus brachypomus</i> ), etapa de cría y levante	77
Anexo C	Balance concentrado en base a inclusión de ensilaje de vísceras de pescado para tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> ) y cachama blanca ( <i>Piaractus brachypomus</i> ). Etapa engorde	78
Anexo D	Costos materias primas para producir un bulto de concentrado en base a ensilaje (40 Kg)	79

## GLOSARIO

**ALOMETRÍA:** fenómeno que implica que una estructura, parte del cuerpo, u otro aspecto cuantitativo del organismo cuya proporción, (sobre una medida de referencia tal como la talla corporal, peso, volumen, altura en la cruz, o cualquier otra) varía entre diferentes individuos.

**BIOMASA:** materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresado en peso por unidad de área o de volumen.

**BIOMETRÍA:** tecnología para medir y analizar las características físicas y del comportamiento animal, en este caso, es el trabajo que se realiza para conocer la talla y el peso para calcular la cantidad de alimento que se suministrará a los peces criados en un estanque o una jaula

**CONVERSIÓN ALIMENTICIA:** cantidad de alimento consumido (kg) y la cantidad de alimento producido por dicho alimento ya sea leche, huevo o carne, etc.

**INÓCULO:** Es una suspensión de microorganismos vivos que se han adaptado para reproducirse en un medio específico.

**PRODUCCIÓN NETA:** incremento de biomasa por unidad de tiempo que tiene lugar en un ecosistema y una superficie determinada, que puede ser por año en una hectárea.

**RATA DE SOBREVIVENCIA:** cantidad de individuos que logran mantenerse con vida en un determinado ciclo por medio de la adaptación, esta expresada en porcentaje (%).

## RESUMEN

En este trabajo se realizaron ensayos que se enmarcan en la búsqueda de nuevas fuentes proteicas alternativas posibles de ser incluidas en dietas para peces. Para ello, se evaluó el efecto de la inclusión de ensilaje biológico de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) durante la etapa de engorde en la alimentación de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y tilapia roja (*Oreochromis spp.*). Se trabajó con un diseño completamente al azar (DCA), cuatro tratamientos y cuatro réplicas por tratamiento, se utilizaron tres niveles de inclusión 10%, 20% y 30%, más una dieta control 0% de ensilaje biológico. Este proceso de investigación se realizó con el fin de medir parámetros zootécnicos como: ganancia de peso, ganancia en talla, conversión alimenticia, rata de sobrevivencia y producción neta. Para la evaluación se seleccionaron 6000 peces de tilapia roja (*Oreochromis spp.*), con peso promedio de 140g, distribuidos al azar en jaulas flotantes, en grupos de 500 peces/jaula y 2000 peces de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), con peso promedio de 90g, repartidos en corrales previamente adecuados en estanque en tierra, con un número de 50 peces/corral. La alimentación fue suministrada en tres raciones al día. Las variables de rendimiento (peso y talla) se evaluaron cada 15 días, y la conversión alimenticia al final del ensayo. La comparación de los resultados a través del ANAVA ( $p < 0.05$ ) y el test de comparación medias de Tukey, no encontraron diferencias significativas para las variables de ganancia peso, biomasa, talla y conversión alimenticia. Sin embargo, mostraron que el tratamiento que mejor comportamiento tuvo para tilapia roja (*Oreochromis spp.*) fue el T<sub>3</sub> (inclusión de 30%). con estos resultados, se infiere que la inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado no afecta el comportamiento productivo de los animales, además de reducir costos en alimentación.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo que ha tenido en las dos últimas décadas la industria de la piscicultura, está íntimamente ligado al desarrollo de la industria de los alimentos concentrados, siendo verdaderamente notable el progreso logrado por esta última. La amplia utilización de harina de pescado en la fabricación de los concentrados para peces está afectando directamente los costos de producción del piscicultor; a pesar de que el país cuenta con un recurso íctico suficiente para su fabricación, esta materia prima es importada en un 90% del Perú y el Ecuador. Esta situación liga al país a las vicisitudes del comercio internacional con los respectivos altos costos de una moneda nacional inestable frente al dólar (Sofía, 2009).

En algunos países latinoamericanos como Venezuela, Ecuador, Perú, Colombia entre otros, el nivel de inclusión de la harina de pescado en los alimentos balanceados para peces es de 15 a 20 %, después de la torta de soya, con casi el 50% de aporte, esta circunstancia hace que los alimentos sean costosos y lleguen a representar desde el 57% hasta el 70 % del costo final de producción de un kilo de carne de pescado. La anterior coyuntura ha hecho que el margen de rentabilidad de la industria piscícola se vea cada vez más exiguo, sobre los años 80's la rentabilidad del negocio estaba entre los índices del 35 al 40 % hectárea/año, en la actualidad esta rentabilidad se ubica en el 25 %; esto sumado a los costos de transporte de concentrados, indudablemente un problema por solucionar en lugares remotos, eleva notablemente los costos por alimentación (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). La inversión en estas condiciones afecta directamente el costo del producto, sin permitirle competitividad en los mercados regionales de Popayán y Cali.

Actualmente la producción piscícola en el embalse La Salvajina, se da con tecnología de módulos flotantes (Jaulas) a pequeña escala y se ha identificado como prioritario atender en forma preventiva el manejo de los residuos generados en el proceso productivo, específicamente lo relacionado con las vísceras, escamas, agua-sangre y la mortalidad; los cuales generan desequilibrios importantes en el ecosistema (Corpocauca, 2006).

Respecto a los residuos de la agroindustria piscícola en la región de La Salvajina, no se realiza ningún tipo de transformación distinta al eviscerado y por omisión los desperdicios generados son vertidos a los cuerpos de agua, pudiendo ser aprovechados en alguna actividad productiva, debido a que su valor proteico es similar al del filete (Padilla, 1995). En consecuencia, las necesidades de investigación que se vislumbran a corto plazo, son el aprovechamiento de esa proteína animal con la utilización de tecnologías simples y de baja inversión para obtener productos como el ensilado de pescado, lo que a su vez, minimiza los efectos de la contaminación ambiental.

El constante incremento de la actividad piscícola, la importancia económica y sociocultural que ha adquirido el cultivo de peces en "La Salvajina", orientan a la búsqueda de alternativas que ayuden al fortalecimiento y desarrollo de la producción sostenible



agropecuaria y agroindustrial del departamento del Cauca; es así como surge el proyecto “Valoración técnica económica de los subproductos obtenidos del proceso de transformación de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en la represa La Salvajina, mediante el proceso de ensilaje”, el cual es cofinanciado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, en convenio con la Universidad del Cauca, el Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca – CREPIC- y las asociaciones de producción piscícola de la represa La Salvajina: ASOPIM, ASPROINCA y APISMO (Garcés y Perea, 2008). Así, se deriva esta investigación, basada en la evaluación en campo de los parámetros zootécnicos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), al ser alimentadas con ensilaje de vísceras de pescado; la cual se plantea como una alternativa que permite disminuir los costos de alimentación y además implica realizar prácticas agropecuarias sostenibles.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar parámetros zootécnicos en tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), alimentadas con dietas en base a ensilaje de vísceras de pescado en el embalse “La Salvajina”, corregimiento de Mindalá, Municipio Suarez, departamento del Cauca.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Evaluar el efecto de la inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado en dietas para tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en etapa de engorde.

Realizar un análisis costo-beneficio de la inclusión de ensilaje de pescado en alimentación tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 PRODUCCIÓN DE PESCADO A NIVEL NACIONAL

En Colombia, la acuicultura se consolida como la actividad de mayor desarrollo dentro del sector pesquero, y su aporte a la producción pesquera nacional supera el 27% de la producción total; siendo los productos de acuicultura más importantes en su orden: la tilapia (*Oreochromis spp*) en un 95%, la cachama (*Piaractus brachypomus* y *Colossoma macropomun*), los camarones de cultivo (*Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*), y la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) (Sepúlveda, 2000).

La industria piscícola colombiana en el 2006 produjo 56.531 toneladas métricas de carne de pescado continental en estanques; de ése total, el 62% es producción de tilapia roja para abastecer fundamentalmente el mercado nacional. Los precios en el mercado interno fluctúan entre 1.6 y 1.8 dólares el kilo de pescado entero, es decir, sin vísceras, sin escamas y sin branquias (FAO, 1986). En la actualidad, el país cuenta con 88 plantas con una capacidad de 24.000 toneladas/año para su comercialización a nivel nacional. De éstas solo cinco cuentan con la certificación del INVIMA sobre implementación del plan HACCP<sup>1</sup>, requisitos imprescindibles para ingresar en los mercados internacionales. Estas últimas se encuentran localizadas en los departamentos del Huila, Tolima, Valle de Cauca, Cauca y una en el eje cafetero (Fedecauca, 2001).

### 2.2 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis spp*)

La tilapia roja es un híbrido resultado del cruce entre 2, 3 o 4 especies del género *Oreochromis* (figura 1), perteneciente a una gran familia de peces conocida como *Cichlidae* que son originarios de África y Cercano Oriente. Son la especie de mayor éxito en la piscicultura en el ámbito mundial, apoyado esto en el avance significativo de las técnicas para el cultivo intensivo y superintensivo (Merino y cols. 2006) presenta además otras ventajas en su cultivo, como son:

Coloración atractiva, por lo que es bien recibida en los mercados en presentación entera o en filetes, rápido crecimiento, alcanzando la talla comercial (350 g.) en seis meses desde alevino, con altas densidades de siembra, resistentes a medios adversos como bajas concentraciones de oxígeno, cambios de temperatura y salinidad, aceptan todo tipo de alimentos tanto naturales como artificiales, lo que las convierte en especies omnívoras. Conversión alimenticia: 2:1, resistencia media a enfermedades y altamente prolíficas, presentando desarrollo sexual a temprana edad (3 meses), con desoves de tipo periódico.

---

<sup>1</sup> HACCP = Hazard Analysis Critical Control Point System, o Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control

Figura 1. Tilapia roja (*Oreochromis spp.*)



Fuente: SENAGAIRA, 2008

**2.2.1 Sistema y etapas de cultivo.** Actualmente existen tres sistemas utilizados con tilapias: en estanques de tierra, en canales de cemento y en jaulas flotantes (Espejo, 2001). En el presente estudio, se hará énfasis en el sistema de jaulas flotantes, puesto que es el más utilizado en la región, por manejo y eficiencia.

**Producción en jaulas.** El cultivo intensivo de peces en jaulas de bajo volumen (1 a 8m<sup>3</sup>), a altas densidades (200 a 500 peces o 200 kg/ m<sup>3</sup>) en jaulas podría convertirse en el medio de expansión más importante y simple en la producción de tilapia. Se caracteriza por evitar la reproducción, por lo que puede utilizar machos y hembras en el cultivo, se puede realizar varios tipos de cultivo en un mismo cuerpo de agua, intensifica la producción de peces, facilita el control de depredadores y reduce el costo de inversión inicial. El cultivo de tilapia en jaulas puede desarrollarse en canales, lagunas, esteros, etc. Las características del medio en donde se instalarán las jaulas van a depender de la intensificación del cultivo y el tipo de jaula a utilizar. En jaulas con un alto recambio (15-25 cm<sup>3</sup>/ segundo) se pueden lograr producciones de 80 a 100 kg/m<sup>3</sup> y factores de conversión de 1.6 a 1.8 para peces de 700 - 800 gr. y crecimientos de hasta 4 g/día.

Las ventajas del cultivo en jaula son la baja inversión inicial debido a que la tecnología es relativamente económica y simple, es aplicable a la mayoría de cuerpos de agua con profundidades mayores a 2 metros. Es técnica y económicamente aplicable a cualquier escala. En el caso de jaulas se han observado frecuentemente pérdidas de alimento por corrientes pasivas como las que inducen los peces mientras se alimentan, por tal razón surge la necesidad de utilizar alimentos extruidos, con sistemas de alimentadores para cada uno de los casos (figura 2). En este modelo de producción se adquieren mejores ganancias diarias, del orden de hasta 4 g/día, esto se debe fundamentalmente a que ante el confinamiento del pez el gasto energético y de proteínas se hace menor lo que trae mejores rendimientos zootécnicos (ASS, 2001).

Figura 2. Diseño estructuras para cultivo intensivo de tilapia roja



Fuente: DINARA, 2000.

**Etapas del cultivo.** Este cultivo es realizado generalmente en tres fases, alevinaje, pre-engorde y engorde, pero algunos piscicultores lo hacen solo en dos, uniendo el alevinaje con el pre-engorde (cuadro 1).

Cuadro 1. Caracterización de las etapas de cultivos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en jaulas.

Etapa	Alevinaje	Pre-engorde	Engorde
Duración (meses)	1.8 a 2	3.5	2 a 3.5
Peso promedio pez (g)	1-3 hasta 15-20	20 hasta 150	150 hasta >350
Densidad pez/m <sup>3</sup>	70-80	60	40-50
% Proteína en alimento	40-45	30	20-24
Alimento diario (% alimentación)	8% al inicio 4% al final	4% al inicio 3.5% al final	3% al inicio 2% al final
Número comidas/día	6 a 8	4	2-3

Fuente: Rodríguez *et al.* 1995.

### 2.3 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE CACHAMA BLANCA (*Piaractus brachypomus*)

Son originarias de las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco. La cachama blanca, (*Piaractus brachypomus*) presenta coloración grisácea-azulada iridiscente en el dorso y en los flancos, el abdomen blanquecino con manchas anaranjadas o rojo intenso que alcanzan el abdomen y las aletas anal y caudal (figura 3).

Figura 3. Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)



Fuente: Sánchez, 2007

**2.3.1 Sistemas y etapas del cultivo.** Para la cachama se utiliza el sistema de cultivo en estanques de tierra, por ser una especie autóctona de baja explotación en cautiverio (Espejo, 2001).

**Semi-intensivo o de pequeña escala.** Estanques en tierra (entre 100 y 1000 m<sup>2</sup>) recambio permanente de agua y abono orgánico constante, uso de alimento concentrado comercial y alimentación complementaria con subproductos. Generalmente es realizado en una sola etapa (único estanque), y con frecuencia se maneja como policultivo. La densidad es de 2 a 4 peces/m<sup>2</sup>, durante 6 meses de cultivo.

**Intensivo o mediano.** Estanques en tierra (1000 a 3000 m<sup>2</sup>) con recambio permanente de agua. En dos etapas: levante (10 a 15 peces/m<sup>2</sup>) y engorde (2 a 4 peces/m<sup>2</sup>), alimentando únicamente con concentrado comercial (cuadro 2). Para aumentar la eficiencia de las instalaciones, se usan para la siembra estanques pequeños (entre 200 a 300 m<sup>2</sup>) con densidades entre 30 y 50 alevines/m<sup>2</sup>. Ya en la etapa de engorde se utilizan estanques iguales o mayores a 1000 m<sup>2</sup>, pues estos son más productivos. Cuando se trabaja con densidades de 5 peces/m<sup>2</sup> o más es necesario realizar un recambio total del agua en los estanques mínimo una vez por semana. La mortalidad normal presentada alcanza un 10% a 15%.

Cuadro 2. Caracterización de las etapas de cultivo de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en estanques

ETAPA	LEVANTE	ENGORDE
Duración (meses)	3 a 4	2.5 a 3
Peso promedio pez (g)	2 a 60	60 en adelante
Densidad pez/m <sup>2</sup>	5 a 10	1.5 a 5
% Proteína en alimento	45-38	32-24
Alimento diario (% alimentación)	8% al inicio - 3.6% al final	3.6% al inicio - 2 a 1.5% al final
Número comidas/día	3 a 4	2

Fuente: Argumedo y Rojas, 2005

## 2.4 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA PARA CULTIVO DE TILAPIA ROJA Y CACHAMA BLANCA

Para que una semilla pueda ser sembrada se deben cumplir ciertas exigencias en la calidad del agua. De acuerdo con Espejo y Torres (2001), se deben cumplir básicamente los siguientes parámetros:

- **Temperatura.** Entre 24 a 30°C, fuera de la cual decae la actividad metabólica de los peces.
- **Oxígeno disuelto.** Mayor a 4 ppm. Existe una estrecha relación entre la concentración de oxígeno y la temperatura. En las noches los niveles de oxígeno pueden descender a menos de 2 ppm razón por la cual los peces reducen el metabolismo. Este parámetro debe ser observado para determinar la densidad de siembra previendo así el recambio de agua necesario o la aireación suplementaria.
- **pH.** Debe estar entre 6.5 y 8.5 para que favorezca el desarrollo de la productividad natural del estanque; siendo ideal 7.5. Valores fuera de este rango ocasionan aletargamiento, disminución en la reproducción y el crecimiento. Para mantener el pH en este rango, es necesario encalar cuando esté ácido o hacer recambios fuertes de agua y fertilizar cuando este se toma alcalino.
- **Alcalinidad.** Mayor a 100 mg CaCO<sub>3</sub>/l de agua, aunque si es superior a 175 mg CaCO<sub>3</sub>/l, resulta perjudicial, debido a las formaciones calcáreas en las branquias, afectando también la productividad del estanque.
- **Dureza** > De 60 ppm (tilapia), > de 25 ppm (cachama).
- **CO<sub>2</sub>** < A 20 ppm
- **Dióxido de Carbono** < 20 mg/l.

## 2.5 PLANTA PROCESADORA DE CONCENTRADO

**2.5.1 Construcción.** Las principales tendencias actuales en la construcción se alejan del trabajo manual a pie de obra y se orientan hacia el montaje en el lugar de la obra. Otra característica de la construcción moderna relacionada con las mencionadas tendencias es la mayor coordinación de las dimensiones, lo que significa que las edificaciones se

diseñan, y los componentes se fabrican en una variedad de módulos estándar, lo que reduce mucho las operaciones de corte y ajuste a pie de obra.

**Cimientos.** Los tipos de sistemas de cimentación más comunes se clasifican en profundos y superficiales. Los sistemas superficiales se encuentran a poca distancia bajo la base de la construcción, como las losas continuas y las zapatas.

**Estructura.** Los elementos básicos de una estructura ordinaria son suelos y cubierta (incluidos los elementos de apoyo horizontal), pilares y muros (soportes verticales).

**Muros exteriores (fachadas) y cubierta.** Los muros de cortina o fachadas ligeras son el tipo más frecuente de muros no portantes, y se pueden montar a pie de obra o en origen. La capa exterior puede estar hecha de albañilería (hormigón, ladrillo, baldosa) o vidrio. Para las fachadas también se utiliza piedra caliza, mármol, granito y paneles de hormigón prefabricados.

**Separación de interiores.** Pueden consistir en muros de albañilería de 10 a 15 cm de espesor de hormigón, yeso o piedra pómez, pintados o encalados; también se han utilizado estructuras de madera o metal cubiertas con listones de madera enyesados.

**Eléctrico.** La electricidad es importante a causa de los equipos que se pretendan instalar.

**Suministros de agua y eliminación de residuos.** Debe contar con un sistema de tuberías de suministro de agua para beber, lavado, instalaciones sanitarias. La eliminación de los desperdicios secos y húmedos en los edificios se lleva a cabo por medio de una gran variedad de sistemas. Un método muy usual es verter los desperdicios líquidos a tuberías conectadas a la red de alcantarillado

## **2.6 ÁREAS Y EQUIPOS MÍNIMOS, REQUERIDOS PARA UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE CONCENTRADO**

**Zona para materias primas y/o producto final.** El área para almacenar las materias primas debe ser grande considerando que para estas se debe tener un espacio suficiente para almacenar materias primas locales y las que se compraran por fuera del lugar. El almacenamiento de algunas se hace sobre estibas las otras materias primas en piso. Se deben tener en cuenta otras materias primas como pre-mezclas, aminoácidos, aditivos, antibióticos y saborizantes de las que es necesario comprar en volúmenes mínimos y que se almacenan por separado.



**Zona de producción.** Según el diseño de la misma, el espacio requerido para el montaje se establece de acuerdo a la necesidad de producción, en el cual se instalarán las maquinas necesarias para el proceso de elaboración de los concentrados.

**Equipos.** La fabricación de concentrados a nivel casero, requiere de una tecnología mínima, constituida por elementos de almacenamiento como tanques, sistemas de pesaje de granos y harinas, molino para reducir el tamaño de las partículas a las adecuadas para peletizar. Se requieren además, una caldera para los tratamientos térmicos que se le da al alimento, una enfriadora para reducir la temperatura y disminuir la humedad del producto que sale de la peletizadora (Botero y Menéndez, 2002).

**2.6.1 Procesos necesarios para elaboración de concentrados.** La elaboración del alimento balanceado se realiza considerando los parámetros y requerimientos nutricionales de la especie y/o etapa productiva. Esto se realiza, teniendo en cuenta los puntos críticos en la selección de las materias primas, consecución, costo, formulación, mezcla y elaboración De acuerdo a ello se continua el proceso de la siguiente manera: el proceso de fabricación comienza con la formulación de las dietas, posteriormente se realiza la consecución de las materias primas, alimentación de la tolva de cargue que dirige las materias primas a la tolva de molino donde se dosifica la descarga de material al molino según su capacidad. Las materias primas ya molidas según especificaciones de cada especie pasan a las tolvas de mezcla donde son descargadas a la mezcladora en las proporciones indicadas en la formula; después de 7 minutos de mezcla se descarga a la tolva alimentadora de la peletizadora donde procede a realizar el acondicionamiento y producir los pellets (Estrada y Cols, 2006).

**2.6.2 Secador Solar.** Es una herramienta muy útil y puede utilizarse en procesos como: secado de cultivo, deshidratación de frutas y vegetales para uso comercial, secado de residuos de animales, deshidratación de productos lácteos como la leche, para secar las tintas de la industria textil y mucho más. Para el presente estudio se empleará un secador solar parabólico, que se caracteriza por tener una extensa cara de plástico o cristal translucido en la cara que da al sur y cubiertas aisladas en sus otras caras. El aire caliente sale a través de ductos de ventilación permitiendo así, un completo secado del producto.

## **2.7 MANEJO DEL CULTIVO**

En general el manejo se refiere a todas aquellas labores culturales, físicas o manuales que se deban de realizar por los peces, para obtener un adecuado desarrollo corporal de los mismos. También, podemos anotar, dentro del manejo de la piscicultura aquellas labores a realizar para el buen funcionamiento del estanque y la buena calidad de las aguas que se posean para la producción de los peces.

## 2.8 ALIMENTACIÓN

La proteína es uno de los componentes más costosos en la dieta de cualquier organismo vivo; el valor económico de este nutriente y los niveles de inclusión en la dieta, son limitantes y hacen que el costo de la alimentación represente entre el 50 -70% de la producción, que, si no son bien manejados, disminuyen la rentabilidad del negocio; es por eso que el manejo de las cantidades y los tipos de alimento a suministrar deben ser controlados y evaluados periódicamente para evitar los costos excesivos, es fundamental evaluar los requerimientos de cada especie y realizar estudios para tratar de encontrar substitutos proteicos más económicos en la alimentación de peces (Cho *et al.* 1985). En el cuadro 3 se citan los requerimientos nutricionales de las dos especies para la etapa de finalización.

Cuadro 3. Requerimientos nutricionales de tilapia roja (*Oreochromis spp*) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en la fase de engorde

REQUERIMIENTOS	CANTIDAD
Proteína cruda	20 - 24 %
Lípidos	6 %
Carbohidratos digeribles	25 %
Energía digestible	2500 – 3400 Kcal/kg
Fibra cruda	4 - 8 %
Fósforo	0,9 %
Calcio	1.2 – 2%
Magnesio	0,5 g/kg de peso vivo
Hierro	0,15 g/kg de peso vivo
Zinc	0,02 – 0,3 g/kg de peso vivo
Yodo	0,001 g/kg kg de peso vivo
Lisina	1.5%
Metionina	0,75%

Fuente: Gamboa, 2007.

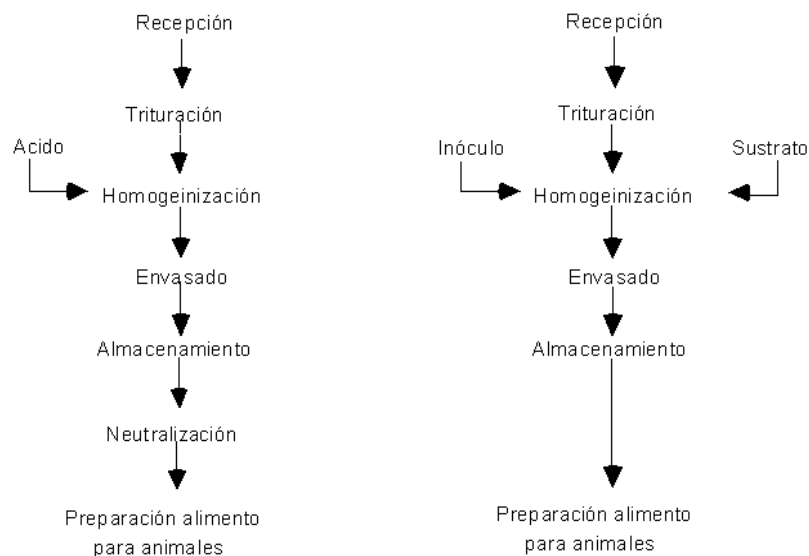
## 2.9 ENSILADO DE RESIDUOS DE PESCADO

El ensilado es un producto semi-líquido pastoso de fácil elaboración y de bajo costo, hecho a partir de pescado entero, partes o residuos, como alternativa del procesamiento de los desperdicios de plantas pesqueras y, puede ser componente de raciones alimenticias para animales o, abono en actividades agrícolas (FAO, 1990). La elaboración de este ensilado a partir de subproductos de pescado se puede realizar por dos métodos; por medio de una fermentación biológica usando bacterias ácido lácticas *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus*, *Cándida lipolítica*, etc., las cuales existen naturalmente en el material crudo o son introducidas como inoculo; ó por medio de una acidificación química usando ácidos orgánicos o inorgánicos (ácido fórmico, sulfúrico, clorhídrico, propiónico o mezclas) (CITEP, 1990).

La idea del ensilado de pescado comienza en Suecia alrededor de 1.930 y continuó desarrollándose en Dinamarca en años posteriores; destinada principalmente a la formulación de dietas para engorde de animales de granja, éste cumple en el alimento la misma función que la harina de pescado, con la particularidad que es un líquido más o menos pastoso: si se lo compara con la harina de pescado, la producción de ensilados es relativamente simple y barata. Se requiere equipamiento de bajo costo que se puede adaptar de otras industrias (picadoras, mezcladoras, etc.) y bajos costos de mano de obra. Además se adapta muy bien a distintas escalas de producción particularmente a escala artesanal (Manca, 1986).

El ensilaje de pescado se hace a base de la pesca acompañante y residuos de pescado, conservados con ácidos orgánicos o inorgánicos o mediante la fermentación láctica de un sustrato de carbohidratos que se le añade. Aunque en el ensilaje de pescado se produce cierta hidrólisis de las proteínas para formar péptidos y aminoácidos, el valor nutritivo de la materia prima se mantiene y se puede utilizar para sustituir fuentes tradicionales de proteínas en la alimentación de animales domésticos, en particular los monogástricos (figura 4) (Pérez *et al.* 1985).

Figura 4. Ensilaje químico y ensilaje biológico



Fuente: CITEP, 1990.

En la fabricación del ensilaje de pescado se utilizan principalmente desechos de la industria pesquera (cabezas, colas, huesos, piel, vísceras, etc.) y el pescado no apto para el consumo humano como por ejemplo la fauna acompañante de la pesca del camarón. Se han desarrollado dos procedimientos básicos para el ensilaje: uno químico y el otro biológico (Figuroa, 1999).

El resultado final en ambos casos es un descenso del pH, igualmente toda la proteína intacta ha sido hidrolizada a fragmentos solubles y aminoácidos libres (Zugarramurdi *et al.* 1993). El producto final del ensilaje líquido puede ser secado y mezclado con cereales u otras fuentes de carbohidratos. La mezcla seca es fácil de manejar en la preparación de dietas para la alimentación animal (Viana *et al.* 1993).

**2.9.1 El ensilaje biológico.** La composición del ensilado biológico consta básicamente de 3 componentes: fuente de proteína y nutrientes, inóculo o fermento, y sustrato o base energética. Esta mezcla está dispuesta en las siguientes proporciones:

Fuente de proteína.....	87%
Sustrato.....	10%
Inóculo.....	3%

La fuente de proteína y nutrientes es la materia orgánica, de la cual pueden hacer parte variedad de residuos, como vísceras, aletas, branquias, piel y huesos. Igualmente pueden utilizarse pescados de bajo valor comercial o comenzando su descomposición. Este componente es la base del ensilado. El inóculo o fermento es conocido como cultivo iniciador y consiste en un cultivo de bacterias ácido lácticas de tipo homofermentativas, es decir, productoras de ácido láctico a partir de glucosa (ITP, 1999). Debido a que el pescado y sus desechos carecen de carbohidratos, se hace necesario añadir al producto azúcares como fuente energética para las bacterias.

**2.9.2 Descripción del proceso del ensilaje biológico.** En la producción de ensilaje a partir de residuos de pescado, la fermentación anaeróbica es la esencia del proceso. Mediante la fermentación anaeróbica bien lograda, se obtiene un producto altamente estable con pérdidas mínimas de nutrientes y pocos cambios en su composición química. Este surge, como resultado de la acción de los microorganismos sobre los sustratos que se encuentran naturalmente en el material a ensilar o que se aplican de forma independiente (Padilla, 1995). Durante el ensilaje se lleva a cabo un proceso de autólisis y el pescado se licua gradualmente, de igual forma la matriz proteica soluble se hidroliza parcialmente (Raa y Gildberg, 1982). La actividad autolítica lleva a un incremento en la concentración de amonio, aminos, aminoácidos y péptidos (Haard y Hassan, 1985). El aumento en la acidez del ensilaje se debe a los ácidos orgánicos producidos por los microorganismos presentes, siendo el ácido láctico el más abundante. Este aumento en la acidez evita el desarrollo de otros microorganismos cuya acción es indeseable o que son patógenos.

Para lograr un buen proceso de fermentación del ensilaje de pescado mediante este método, es necesario realizar una serie de pasos esenciales. Esto incluye conocer la composición química del material a fermentarse, así como su microflora autóctona a temperatura controlada (22 °C). De no haber suficientes poblaciones de microorganismos

deseables para llevar a cabo una rápida fermentación, éstos pueden ser añadidos de forma artificial mediante inoculos microbiales. Como otro requisito para lograr una fermentación deseable, es necesario controlar la temperatura para propiciar el desarrollo de microorganismos beneficiosos, los cuales alcanzan poblaciones de hasta  $10^8$  UFC/g. Al transcurrir este proceso de fermentación, ocurren cambios en la composición bacteriológica del material original, llegando a dominar las bacterias productoras de ácido láctico mientras las poblaciones de microorganismos indeseables, responsables del deterioro del ensilaje, se reducen dramáticamente (Lindgren y Pleje, 1983).

## **2.10 ANTECEDENTES DE USO DE ENSILAJE DE PESCADO EN LA ALIMENTACIÓN DE PECES**

Es de gran importancia realizar investigaciones acerca del ensilado de pescado como fuente y alternativa alimenticia, ya que ha demostrado ser un producto de alto nivel energético y con proteínas de un elevado valor biológico, fácil elaboración y bajo costo. Como refieren los siguientes autores:

ABIMORAD *et al.* (2009), evaluaron el uso de residuos de alimentación basada en ensilaje de residuos de fileteado de embarcaciones de pescado en tilapia del Nilo, sin encontrar diferencias significativas entre raciones, para los parámetros de rendimiento.

BARRIOS (2010), evaluó el comportamiento hematológico de la cachama blanca (*P. brachypomus*), alimentada con ensilaje como sustituto parcial (40%) del concentrado comercial (60%) durante la etapa de ceba, comparadas con un grupo control que consumió alimento balanceado. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas a nivel de línea roja entre los tratamientos. Respecto a la línea blanca y en plaquetas no hubo diferencias altamente significativas.

BOTELLO (2005), alimentó alevines de pez gato africano (*Clarias gariepinus*) a través de ensilados químicos de pescado e incluidos en dietas semi-húmedas como única fuente de proteína de origen animal y sin afectar los indicadores de crecimiento, utilización de alimentos y supervivencia, con respecto a la dieta que contenía harina de pescado, lo que permitió reducir los costos por concepto de alimentación en el cultivo de esta especie.

CÓRDOBA *et al.* (1991), realizaron dos ensayos tendientes a evaluar el crecimiento y ganancia de biomasa en peces (*Piaractus brachypomus*). Para el ensayo en peces se compararon cuatro tipos de dieta, donde las dietas 1, 2 y 3, se producen a partir de ensilado biológico de pescado obtenido de los residuos, y la dieta 4 consiste en un concentrado comercial. Al culminar los ensayos, los datos del desempeño de los peces alimentados con las distintas raciones presentan diferencias significativas para los pesos corporales alcanzados, pero no para las longitudes finales ( $\mu = 0.0001$ ). En términos de la ganancia en peso, se encontró mayor incremento en el Tratamiento 3 frente a los otros,

siendo el T<sub>4</sub> el menos efectivo de todos. En términos prácticos se recomienda que la ración que incorpora 20% de ensilado biológico en su composición, sea utilizada para la alimentación de esta especie.

FLOR F. y VIVAS J. (2011), alimentaron con ensilaje biológico de vísceras de pescado a juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* spp), con 2 niveles de inclusión, 10 y 20%, además de la dieta testigo. Obteniendo un mejor comportamiento con el tratamiento T2 (Dieta con el 80% Dieta de referencia más 20% de inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado) según los análisis estadísticos para los parámetros: ganancia de peso, incremento de longitud y conversión alimenticia.

GARCES y PEREA (2010), evaluaron ensilaje biológico de residuos de pescado en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis* spp) con 3 niveles de inclusión, 10% (T1), 20% (T2), 30% (T3), más una dieta testigo 0% (T0) la cual no presenta inclusión de ensilaje. Los resultados permitieron deducir que, se presentaron diferencias significativas para los parámetros de rendimiento (ganancia de peso y talla) ( $p < 0.05$ ) entre las dietas evaluadas.

GONCALVES *et al.* (1989), incluyeron este alimento en dietas para anguilas (10-20%), con lo que lograron incrementar los indicadores de crecimiento, mejora en la eficiencia de la conversión alimentaria, eficiencia en la proporción proteica y cantidad de lípido incorporado al cuerpo.

LESSI (1994), alimentó alevines de tambaqui (*Colossoma macropomum*), con dietas a las que se les había incluido ensilados de pescado y no encontró diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre la ganancia media diaria, factor de conversión alimentario medio y la tasa de eficiencia proteica. Así demostró que puede ser una buena alternativa desde el punto de vista nutricional y económico.

LLANES, J. (2003), alimentó tilapia roja (*Oreochromis* sp.) a partir de ensilados (biológico y bioquímico) y obtuvo resultados nutricionales y económicos alentadores.

LLANES, J.; TOLEDO, J. y LAZO DE LA VEGA, J. (2008), evaluaron cinco dietas semihúmedas con diferentes niveles de inclusión de ensilado químico de pescado (40, 50, 60, 70 y 80 %), en la alimentación de alevines de *Clarias gariepinus*. evaluando parámetros productivos y demostrando así, que el empleo del ensilado químico de pescado disminuye considerablemente los costos de producción por concepto de alimentación.

PALMIRA, P.; PEREIRA, M. y PINEDO, L. (1996), evaluaron la influencia del ensilado biológico de pescado y pescado cocido en el crecimiento y la composición corporal de alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*). Se compararon los efectos de dos fuentes proteicas, ensilado biológico de pescado y pescado cocido, producidas con

residuos del fileteado de (*brachyplatystoma vaillanti*), a través del crecimiento y de la composición corporal de alevinos de (*Colossoma macropomum*). Se elaboraron cuatro raciones con tenores de proteína de 24,7 a 27,0% y energía bruta entre 438,9 y 445,4 Kcal /100g de materia seca. La composición corporal de los peces se determinó al inicio y al final del experimento, determinándose mediante análisis estadísticos que los tratamientos no presentaron influencia significativa ( $P>0,05$ ) en el peso final y en la composición corporal de los alevinos de gamitana.

TOLEDO, J.; BOTELLO, A. y LLANES, J. (2010), Evaluaron desechos de pescado frescos y ensilados en la alimentación de híbridos de (*Clarias gariepinus X C. macrocephalus*), comparadas con un alimento comercial (20% de harina de desechos de pescado) Los resultados mostraron que los mejores indicadores de crecimiento y utilización de la proteína fueron obtenidos con los desechos frescos, los que difirieron significativamente ( $P<0.05$ ) a los ensilados y la harina de pescado, sin embargo la conversión alimentaría (base seca) y supervivencia ( $>85\%$ ), fue similar entre las dietas.

VALENCIA, O.; DORADO, M.P. Y OTEGA, E. (1994), elaboraron ensilados de pescado a partir de la mojarra lora (*Oreochromis niloticus*) con ácidos (sulfúrico y propiónico) y los incluyeron en dietas para la cachama negra (*Colossoma macropomum*) con lo que lograron sustituir completamente la harina de pescado por ensilado.

VIANA, M., *et al.* (1996), obtuvieron resultados satisfactorios al incluir ensilados químicos de pescado a base de los ácidos fosfórico (2.6%), cítrico (2.6%) y benzoato de sodio (0.1%), en un 20-31.8% en dietas para la alimentación de alevinos de abalones (*Haliotis fulgens*).

WICKI, G.; WILTCHIENSKY, E. Y LUCHINI, L. (2002), alimentaron alevinos de pacú (*Piaractus mesopotamicus*) a partir de ensilaje de vísceras de pescado de río como fuente de proteína sin producir mermas en el crecimiento de los peces en las condiciones adoptadas. La utilización del ensilado químico permitió suplantar en su totalidad la harina de pescado, elaborándose un producto de calidad.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La investigación se llevó a cabo en la estación piscícola de Mindalá, perteneciente al embalse de “Salvajina”, dentro de la jurisdicción del municipio de Suarez, ubicado al norte del departamento del Cauca. La Salvajina se encuentra ubicada a 3 km río arriba de la cabecera municipal de Suarez y 76 km de la ciudad de Popayán (figura 5). El área de influencia La Salvajina se encuentra a una altura de 1.030 m.s.n.m. presentando temperaturas que fluctúan entre 23° y 28° C, el área de captación es de 3.960 Km<sup>2</sup>, longitud máxima de 32 km., anchura máxima de 1.2 km., línea de cota de 112 Km., profundidad máxima de 140 m, profundidad media de 36.4 m, área total de 2.124 hectáreas, volumen máximo 996 x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>, volumen promedio 370x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>, Recibe las aguas del río Cauca, Inguitó, Dinde y Piendamó entre otros (CORPOCAUCA, 2006).

Figura 5. Ubicación geográfica embalse “La Salvajina”



Fuente: CORPOCAUCA - POT SUAREZ, 2006.

El sitio donde se encuentran estas instalaciones (Mindalá) fue autorizado por la EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. E.S.P. –EPSA- a la Asociación de Autoridades Tradicionales Indígenas de la Zona Occidente ATIZO, para el montaje del módulo piscícola desde Febrero 07 de 2.002, además cuenta con acceso por vía fluvial y terrestre (CORPOCAUCA, 2006).



### 3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El ensayo se evaluó mediante un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos de tres réplicas cada uno, 500 animales por réplica para la evaluación de tilapia roja y 50 para cachama blanca. Se utilizaron 12 jaulas de 8m<sup>3</sup> cada una, para tilapia y 12 corrales en estanque en tierra de 13.2m<sup>2</sup> cada uno, para cachama. En la figura 6, se muestra la distribución espacial de los tratamientos y réplicas.

Figura 6. Distribución espacial de los tratamientos y repeticiones

T0R2	T2R1	T1R1
T2R2	T1R3	T3R2
T3R1	T0R3	T2R3
T1R2	T3R3	T0R1

Para determinar si los datos obtenidos eran significativamente diferentes, fueron sometidos a un análisis de varianza (ANAVA) al 5% de confiabilidad y las diferencias entre medias se compararon por el test de Duncan con un intervalo de confianza del 95%, para determinar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos asignados y así, poder estipular la viabilidad de la inclusión de las dietas evaluadas.

### 3.3 MATERIAL BIOLÓGICO

Se utilizaron 6000 peces de la especie tilapia roja (*Oreochromis spp.*) con un peso promedio de 140g y 2000 alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) con un peso promedio de 1g, los cuales se llevaron hasta un peso promedio de 90g, con lo que se dió inicio el ensayo.

### 3.4 INSTALACIONES Y EQUIPOS

Para el desarrollo de la investigación las instalaciones y equipos utilizados se presentan a continuación.

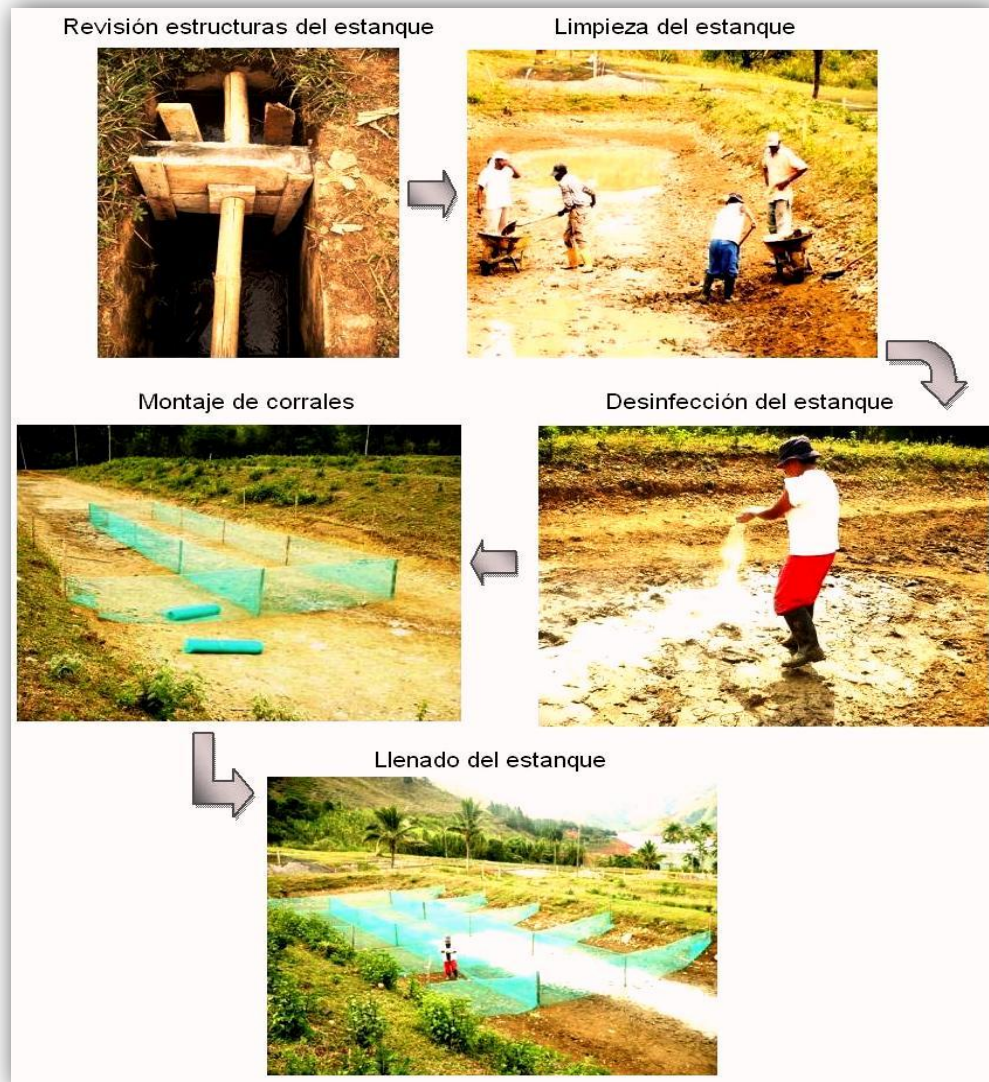
**3.4.1 Adecuación de jaulas.** Teniendo en cuenta que la estación piscícola de Mindalá cuenta con módulos flotantes para el cultivo de tilapia roja (*Oreochromis spp.*), se procedió a adecuar 12 jaulas acorde al diseño estadístico planteado para la etapa de engorde. Conforme a esto, cada jaula, albergó una densidad inicial de engorde de 60 peces/m<sup>3</sup>, con un peso promedio de 140 g/pez. Las medidas de las estructuras flotantes fueron de 2m de largo, por 2m de ancho y 2m de alto, lo que permitió obtener un volumen de 8m<sup>3</sup> por jaula, en la figura 7 se ilustra la adecuación de cada jaula.

Figura 7. Adecuación de las jaulas para tilapia roja (*Oreochromis spp.*)



**3.4.2 Adecuación de estanque en tierra.** Para el ensayo de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), se adecuó un estanque en tierra con un área aproximada de 1000 m<sup>2</sup>. Antes de comenzar con el nuevo ciclo de producción, se realizó una revisión de paredes y piso del estanque, se corrigieron aspectos como talud y taponamiento de grietas. Posteriormente se adecuaron canales de captura y desagüe del estanque, retirando vegetación existente. Además se construyó un pequeño dique en la caja de entrada de agua para asegurar flujo constante de agua en todo el ciclo de producción. Acto seguido, se inició la limpieza del estanque retirando piedras, palos, vegetación, materia orgánica, permitiendo que quedase completamente liso el terreno, además, considerando que el anterior ciclo de producción no suscitó problemas sanitarios severos, se dejó asolear por 8 días para permitir que se generarán procesos de mineralización del mismo (figura 8).

Figura 8. Adecuación del estanque en tierra para siembra de alevines de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)



A continuación se realizó el proceso de desinfección, para lo cual se usó cloro en proporciones de 5g por bomba de espalda, mezclado con 20 c.c. de formol, este proceso permitió evitar problemas de hongos, bacterias o larvas de libélula, entre otros (SENA Tolima 2008). Continuando con la desinfección del estanque se aplicó cal viva en relación de 100g/m<sup>2</sup>, puesto que la característica principal de los suelos de la zona es la acidez y la aplicación de este, permite neutralizarla. La cal se dejó actuar durante 6 días, posteriormente se procedió a llenar con agua el estanque hasta aproximadamente 30 cm, en estas condiciones se dejó actuar por 2 días más, luego se drenó y finalmente, se llenó para poderlo utilizar a los cinco días siguientes, fecha en que se llevó a cabo la siembra de los peces.

Posteriormente, se preparó el perímetro de los estanques, se realizaron los encierros con malla antipájaros, además se elaboraron ganchos con varilla metálica y guadua para asegurar la malla al piso y restringir el paso de depredadores que pudieran afectar el cultivo.

De acuerdo al diseño estadístico planteado, se determinó la construcción de 12 divisiones (corrales), de 3.3m x 4m, utilizando posteadura en guadua, malla plástica, alambre No 10, hilo, entre otros. Inicialmente, los 2000 alevinos de cachama se sembraron en un solo corral con peso promedio de un 1g, una vez alcanzaron el peso aproximado de 90g y la talla adecuada para el bioensayo, se procedió a trasladarlos a los respectivos corrales, con una densidad de 4 peces/m<sup>2</sup> en la etapa de engorde. En la figura 7 se ilustra el diseño final en campo.

**3.4.3 Diseño, construcción y acondicionamiento de planta de procesamiento.** El diseño de la infraestructura: planta de procesamiento de vísceras, residuos de cosecha y equipos de acondicionamiento, se determinó, teniendo en cuenta la proyección productiva de las asociaciones (1.1 ton de vísceras en tres años). El diseño se realizó en autocad versión AutoCAD Map 3D 2009, indicando dimensiones generales como; distribución de la sala de ensilaje, acondicionamiento del mismo, área de lavado y almacenamiento de reactivos. También contó con distribución e instalación hidráulica, sanitaria y eléctrica necesaria para la utilización de equipos de acondicionamiento (anexo A). Una vez establecido el diseño y los costos de la planta de procesamiento para el manejo de residuos (vísceras), se definió el sitio apropiado para la ubicación y posterior construcción de la sala de ensilaje y procesamiento de concentrado con la ayuda del personal encargado de la estación piscícola. En el marco de estas actividades se incluyó; nivelación del terreno, demarcación, inicio de la construcción y distribución de las áreas, consecutivamente se instalaron pisos, paredes y techo. Por último, se colocaron redes eléctricas e hidráulicas con distribuciones para salida de aguas (figura 9).

Figura 9. Construcción de planta procesadora



También, se elaboró un secador solar, dimensiones de 5m largo x 2 de ancho con capacidad de secado para 50 Kg, situado a 8m de la planta de procesamiento y orientado de sur a norte para que los rayos del sol entraran de manera perpendicular a la infraestructura y por tanto, se permitiera aprovechar la mayor cantidad de horas/luz/día. Se tomó como modelo, el secador de café tipo túnel (figura 10). La consecución de materiales requeridos para la construcción, tales como; guadua, puntillas, alambre dulce, plástico, entre otros, se realizó en la misma zona de trabajo.

Figura 10. Secador solar parabólico tipo túnel construido en estación piscícola



**Acondicionamiento de la planta de procesamiento.** Esta labor se ejecutó, teniendo en cuenta los equipos utilizados en los procesos de elaboración de concentrado, que comprenden; molino para procesamiento de vísceras de pescado JAVAR (referencia Adoos: 3873475), bandejas plásticas, balanza analítica (GA.MA BGE-506K), recipientes varios (almacenamiento, medición, ollas, entre otros), estufa, pipa de gas propano (40 lb), además de las materias primas necesarias para los procesos que se describirán más adelante (figura 11).

Figura 11. Acondicionamiento de la planta de procesamiento



### 3.5 CONDICIONES EXPERIMENTALES

Previo al inicio de la evaluación se realizaron actividades propias de los cultivos, como:

**3.5.1 Traslado de las tilapias.** Para el inicio de la presente evaluación, se procedió a trasladar los peces desde las jaulas de levante, con un volumen de 16m<sup>3</sup>, a unas más pequeñas con un volumen de 8m<sup>3</sup> destinadas para cada uno de los tratamientos en su fase de engorde. Esta labor se realizó en horas de la mañana para evitar el estrés por calor (figura 12).

Figura 12. Traslado tilapias a jaulas para evaluación.



**3.5.2 Recepción y siembra de las cachamas.** La consecución de los alevinos, por cercanía se realizó en el municipio de Santander de Quilichao, evitando así que los alevinos tuvieran un recorrido mayor a seis horas. Para su recibimiento se tuvieron en cuenta parámetros como: color uniforme, de cuerpo brillante, vivacidad, sin manchas ni malformaciones, bajos niveles de estrés, de difícil captura y con peso aproximado de 1 gramo para facilitar su manejo posterior. Su recibimiento se realizó en horas de la mañana para poder observarlos durante el día y de ser necesario atender cualquier anomalía que se presentase con los peces. Seguidamente, sin abrir las bolsas, estas se depositaron en el estanque por 30 minutos con el propósito de regular la temperatura del agua y por tanto, aclimatar los peces a las condiciones del estanque. Después regulada la temperatura del agua en las bolsas, se procedió a abrirlas, al cabo de 15 minutos, se les agregó agua del estanque en una proporción casi igual a la cantidad de agua que había en la bolsa. Dejando pasar otros 15 minutos se depositaron los peces en el estanque, permitiendo que los peces salieran nadando por sus propios medios, de tal forma que sufran el mínimo de estrés que causa todo el proceso de recibimiento y siembra (figura 13).

Figura 13. Recepción y siembra de alevines de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)



Como medida profiláctica, mientras se realizó el proceso de aclimatación, los alevinos se bañaron con azul de metileno y sal para prevenir cualquier enfermedad proveniente de la estación productora de semilla, con cuidado debido a que estas sustancias son depresoras de oxígeno. Se tomó una muestra representativa (20%) del total de peces, para realizar el primer muestreo y determinar la cantidad de alimento a suministrar. Posteriormente se inició el proceso de precría y levante de los animales hasta completar el peso promedio esperado para el inicio del ensayo.

**3.5.3 Mantenimiento sistemas de cultivo.** Para cualquier producción sea agrícola o pecuaria se deben tener en cuenta funciones básicas diarias, semanales o mensuales que aseguran el éxito del cultivo en cuestión, por ello, una vez dispuestos los peces en cada sistema de cultivo se elaboró un cronograma de actividades, donde se tuvo en cuenta labores diarias, semanales, quincenales, mensuales, expuestas a continuación:

**Manejo de jaulas en módulos flotantes.** Respecto a la alimentación, el número de raciones se manejo de acuerdo con peso y tamaño de los peces, estas se ajustaron quincenalmente, se realizó control estricto de la alimentación para ser anotado en los registros. De otra parte, se hizo limpieza continua de jaulas, revisión de mallas antipájaros y registro de mortalidad por día.

**Manejo diario del estanque.** Hubo control estricto de la alimentación, anotando todo el manejo en los registros. Respecto a las instalaciones e infraestructura, se realizaron continuas prácticas de limpieza en anegales, mallas, filtros, en el estanque se revisaron: diques, fondo, estructuras de entrada y salida de agua, canales de conducción, turbidez del agua. Con relación a los peces, se hicieron inspecciones al momento de comer para evaluar: apetito, anoxia, piqueo, textura y palatabilidad del alimento. Por otra parte, se realizó, detección y eliminación de predadores aéreos y terrestres. La mortalidad se evaluó y registro diariamente, observando la sintomatología expuesta y recogiendo muestras para la evaluación del problema y tomando así; medidas correctivas.

**3.5.4 Muestreo.** El proceso de preparación de los elementos para el desarrollo del ejercicio biométrico, se ejecutó en horas de la mañana, sin alimentar los peces, de la siguiente manera: suministro de sal marina, azul de metileno, consecución de baldes, balanza, chinchorro, cinta métrica o ictiometro, nasa, entre otros. Además de consignar los datos obtenidos en planillas para proceder a tomar decisiones que sean acordes a la producción esperada. Los muestreos se cumplieron quincenalmente para las 2 especies icticas en investigación (figura 14).

En el anexo B, se presenta el cuadro resumen de muestreos realizados en cachama blanca (*Piaractus brachipomus*), en la etapa de cría y levante.

Figura 14. Biometría quincenal





### 3.6 FOMULACION Y PREPARACION DE LAS DIETAS

Para la fabricación del ensilaje biológico de vísceras de pescado, se basó en la utilización de una cepa (*Lactobacillus plantarum* A6), evaluada por Agudelo y Ortega (2010), obteniendo un inóculo en un medio de cultivo líquido alternativo, cuya característica primordial, es obtener una fermentación más rápida en un tiempo menor. Los residuos de pescado utilizados, provienen del cultivo de tilapia roja en jaulas flotantes de la región. Una vez obtenidos fueron trasladados a la planta de procesamiento de la estación piscícola donde se procedió al cortado manual, triturado y pesaje para ser depositados en recipientes con capacidad de 100 Litros. De acuerdo al peso obtenido, se formuló y acondiciono el inóculo a emplear. Una vez listo todo el material, se procedió a mezclar las materias primas: el pescado molido (85%), melaza (15%), inóculo (20 lts), sorbato de potasio (0,25% del peso total), antioxidante (1% del peso total) y harina de yuca (25% del peso total), hasta obtener una pasta homogénea. Por último se sellaron los recipientes y se rotularon, generando un ambiente propicio de fermentación anaerobia. Al cabo de 21 días se obtuvo el ensilaje listo para el proceso de elaboración de concentrado. En la figura 15 se ilustra el proceso de elaboración del ensilaje biológico.

Figura 15. Proceso de elaboración de ensilaje



Para el ensayo, se determinó el proceso de investigación en la etapa de finalización del cultivo, donde se evaluaron 4 tipos de dietas alimenticias, de las cuales 3 estuvieron compuestas por ensilado biológico de vísceras de pescado con niveles de inclusión 10%, 20% y 30% respectivamente, mezclado con concentrado comercial Mojarra 24, finalmente la dieta T<sub>0</sub>, consistió en el suministro de concentrado comercial (testigo). Basándose en la composición nutricional de las materias primas convencionales NRC National Research Council (2001), de la composición química proximal del ensilaje biológico de tilapia roja (cuadro 4), además de los requerimientos nutricionales de ambas especies; se formuló el balance dietario cuyo análisis proximal tuviera similares características a las ofrecidas por el concentrado comercial para etapa de engorde (mojarra 24). A continuación se puede apreciar en el cuadro 5 las similitudes entre las 2 materias primas.

En el anexo C, se cita el balance de la etapa de engorde en tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus.*), para la dieta a evaluar.

Cuadro 4. Análisis proximal del ensilaje biológico de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en base seca (g/100g)

Muestra	PC	EM Mcal/kg	Ca	P	FC
Ensilaje biológico de pescado	20,14	4,6	2,3	2	2.42

Fuente: Hoyos. 2009

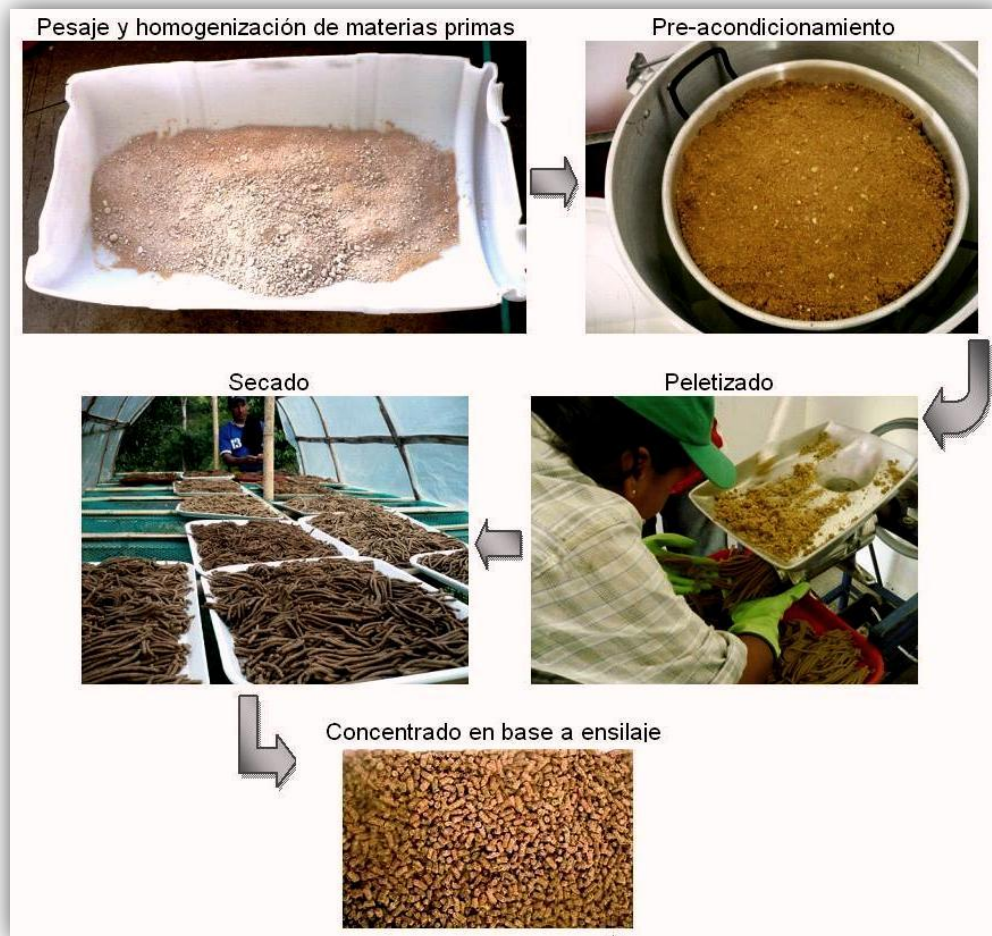
Cuadro 5. Cuadro nutricional comparativo de las dietas experimentales para tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en la fase de engorde

NUTRIENTES	PORCENTAJE	
	Concentrado a partir de ensilaje	Concentrado Comercial
Proteína (Min)	24.38	24
Fibra (Max)	2.64	8
Grasa (Min)	5.93	6
Humedad (Max)	10-13	12

Para la elaboración del concentrado se tuvo en cuenta la obtención de un pellet cuyas características se asemejaran en composición y estructura a la de cualquier concentrado comercial para la etapa engorde de las especies a evaluar. Se realizó un balance nutricional para la respectiva elaboración del concentrado utilizando las materias primas: torta de soya, harina de yuca, núcleo de vitaminas y minerales, melaza, carbonato de calcio, bentonita, ensilaje de residuos de pescado, obtenidas en su mayoría en Santander de Quilichao y Popayán. Previo al proceso de elaboración del concentrado, se realizó la limpieza y desinfección de equipos, así como de la planta de procesos. Seguidamente, se efectuó el pesaje de materias primas, procediendo a mezclar, primero los ingredientes secos, segundo el ensilaje hasta homogenizar completamente y adicionar, por último la melaza diluida en agua a razón de 1500 ml, hasta obtener una mezcla con humedad que

permitiera su fácil manipulación. Una vez mezclados y homogenizados los productos, se realizó un pre-acondicionamiento a baño maría durante 30 minutos e inmediatamente el material obtenido se depositó en el molino, obteniendo así las tiras de pellets con un grosor de 2,5 mm, humedad aproximada de 36%, que posteriormente fueron llevadas al secador solar por un espacio de 2 días. En el proceso de secado, estas fueron rotadas constantemente para hacer más eficiente la acción de secado, llegando a una humedad promedio entre 10 a 13%. Por último se tomaron las tiras de concentrado y se cortaron a razón del tamaño del pellet a utilizar. Por último se almacenaron en estopas en condiciones ambientales normales. En la figura 16 se ilustra el protocolo empleado para la producción de concentrado con la inclusión de ensilaje de vísceras de pescado.

Figura 16. Esquema representativo para la elaboración del concentrado con la inclusión de ensilaje de vísceras de pescado



**Alimentación.** Los animales fueron alimentados con la dieta elaborada para cada uno de los tratamientos, según la asignación realizada al azar tanto en los módulos flotantes para la evaluación de tilapia roja como para las divisiones de cachama blanca. La alimentación

se monitoreo durante 45 días para tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y 60 días para cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), tiempo equivalente a la etapa de engorde y se apoyó en las recomendaciones sugeridas por tablas de alimentación. A continuación en la figura 17, se ilustra el pesaje y alimentación diaria de los peces.

Figura 17. Alimentación de los peces



**Ración diaria.** La alimentación diaria en concentrado se suministró según la biomasa o peso total calculado de carne de pescado en las jaulas o en el estanque. Esta práctica cambió, de acuerdo a los resultados obtenidos en los muestreos quincenales. Para ello, fue necesario hacer el muestreo pesando el 20% de los peces, obteniendo muestras en varios puntos del estanque (entrada de agua, mitad del estanque y salida de agua) para que fuese lo más representativo posible y obtener un cálculo más exacto de la biomasa en el sistema.

**Horarios de alimentación.** Debido a que los niveles de secreciones digestivas y la acidez en el tracto intestinal aumentan con el incremento en la temperatura, los picos máximos de asimilación se obtienen a las doce del día y declinan en las horas de la tarde. Por lo tanto, se establecieron 3 raciones con un horario 9:00 a.m., 12 p.m. y 3:00 p.m., debido a que en este periodo la temperatura ambiental alcanza un valor óptimo para su asimilación.

**Sanidad.** Dentro del cultivo de peces en La Salvajina, la sanidad acuícola ocupa un lugar de interés, debido a la acción constante ejercida por grupos de hongos que causan saprolegnia, por tal motivo, se adoptó el tratamiento profiláctico ya establecido para la estación piscícola de la zona (solución de azul de metileno y sal marina), con el fin de obtener bajos índices de afecciones (mortalidad) que perturbaran el desarrollo normal de la evaluación. El tratamiento se realizó preparando una mezcla de azul de metileno a una concentración de 1 g/20 litros de agua, necesidad que existe de prevenir y controlar enfermedades que potencialmente limitan la producción. (figura 18).

Figura 18. Aplicación de azul de metileno y sal marina, en cultivos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)



### 3.7 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS

Simultáneamente a los muestreos de biomasa que se efectuaron quincenalmente, se registraron datos para evaluar parámetros zootécnicos como: ganancia de peso promedio total, incremento de peso promedio día, sobrevivencia de animales, conversión alimenticia y producción neta, (Teng *et al*, 1979); Están definidos como:

A. Ganancia de peso promedio total (gramos)=  $W_f - W_o$

Donde;

$W_f$  : Peso promedio peces al tiempo final de la evaluación  
 $W_o$  : Peso promedio inicial de los peces

B. Incremento de peso promedio día (g/d)=  $(f - i) / t$

Donde;

$f$  : Peso promedio final de los peces  
 $i$  : Peso promedio inicial de los peces  
 $t$  : Tiempo de evaluación en días

C. Rata de sobrevivencia (%)=  $(N_t / N_o) \times 100$

Donde;

$N_t$  : Número de peces sobrevivientes al tiempo  
 $N_o$  : Número inicial de peces

D. Conversión alimenticia =  $Ac / Wg$

Donde;

Ac : Peso del alimento consumido  
Wg : Peso ganado por los peces

E. Producción Neta ( $Kg/ m^3$ ) =  $(wf - wo) / v$

Donde;

wf : Peso total de los peces que sobreviven al tiempo  
wo : Peso total inicial de los peces  
v : Volumen de la jaula.

## 4. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el periodo de muestreo para la inclusión de concentrado en base a ensilaje de vísceras de pescado, fase de engorde de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*):

### 4.1 PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS EN TILAPIA ROJA (*Oreochromis spp.*)

En el cuadro 6, se puede observar el promedio de datos evaluados respecto a los parámetros zootécnicos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en jaulas flotantes, con inclusión de ensilaje de vísceras en la dieta.

Cuadro 6. Resumen de parámetros zootécnicos obtenidos en tilapia roja (*Oreochromis spp.*)

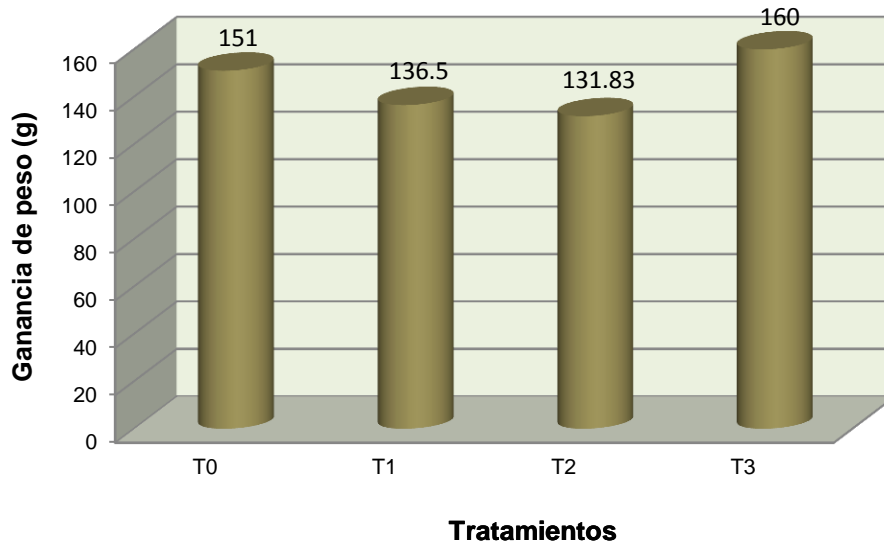
PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS	DIETAS			
	T0 - 0% ensilaje	T1 - 10% ensilaje	T2 - 20% ensilaje	T3 - 30% ensilaje
Ganancia de peso (g)	151	136.5	131.83	160
Ganancia en talla (cm)	5.21	5.22	5.27	5.32
Incremento peso promedio día (g/día)	3.4	3.0	2.9	3.6
Rata de sobrevivencia (%)	99.53	99.67	99.73	99.67
Conversión alimenticia	2.09	2.31	2.39	1.97
Producción neta (Kg/m <sup>3</sup> )	9.35	8.50	8.19	9.93

**4.1.1 Ganancia de peso por tratamiento.** El análisis de varianza (ANAVA) realizado, reveló que no se presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Resultados ANAVA para ganancia de peso

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT (0.05)
Total	11	13482,67			
Tratamiento	3	1519,50	506,50	0,34	4,07
Error	8	11963,17	1495,40		

Figura 19. Promedios generales ganancia de peso por tratamiento



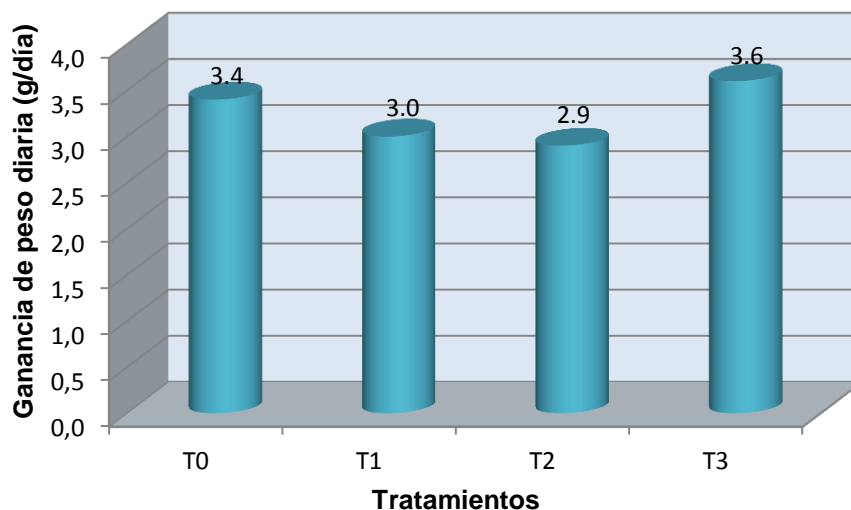
Pese a no presentarse diferencias significativas en los tratamientos, como se puede apreciar en la figura 19, los mejores resultados para ganancia de peso se obtuvieron con el tratamiento T<sub>3</sub> (inclusión 30% de concentrado en base a ensilaje), esto debido a que hay autores como Webster y Lim (2002); Toledo y Llanes (2002), coinciden en que existen factores que afectan la ganancia de peso y talla de los peces, entre ellos están; requerimientos proteicos, tasa de alimentación y temperatura del agua, entre otros. En tal sentido, los autores, plantean que cuando de requerimientos proteicos se trata, es necesario considerar la calidad de las proteínas, contenido de energía y digestibilidad de los ingredientes, sin dejar por fuera los lípidos que tienen como funciones principales el aporte de energía metabólica y ácidos grasos esenciales, que constituyen el mayor recurso energético (hasta 2.25 veces más que la proteína) y está muy ligado al nivel de proteína en la dieta. De acuerdo con Webster y Lim (2002) para niveles de 25 a 30% de proteína se recomienda incluir de 3 - 3.5% de grasa. El ensilado biológico de residuos de pescado es una fuente inmediata de energía y ácidos grasos los cuales la tilapia puede aprovechar fácilmente incurriendo en un gasto menor de energía en los procesos metabólicos por lo que se generaría mayor ganancia de masa muscular (Granado, 2004).

Granado (2004) expone que el ensilaje de pescado, puede ser incorporado con éxito entre el 30 a 75%, en el alimento para tilapias; estudio que apoya los resultados obtenidos en el presente ensayo, en el que las mejores ganancias de peso se obtuvieron con el tratamiento T<sub>3</sub>. Wicki y cols. (2002), lograron resultados similares al incluir ensilado de vísceras de pescado de río como fuente de proteína para sustituir total o parcialmente la harina de pescado en el engorde final de Pacú (*Piaractus mesopotamicus*); tampoco encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $p > 0,05$ ) para la variable ganancia de peso.



El tratamiento T<sub>3</sub> presentó un valor superior con 3.6 g/día, seguido por T<sub>0</sub> (3.4g), T<sub>1</sub> (3.0g) y T<sub>2</sub> (2.9g) (figura 20).

Figura 20. Ganancia de peso diaria



Estos valores se encuentran dentro de los rangos establecidos (2 a 3g/día), para el cultivo en condiciones normales. Resultados similares, presentan los reportes obtenidos por Garcés y Perea (2010) y Flor y Vivas (2011) que al evaluar ensilaje biológico preparado con los desechos orgánicos de pescado para sustituir la harina de pescado como fuente de proteína en tilapia roja (*Oreochromis spp.*), en la etapa de engorde, determinaron que el tratamiento con mayor inclusión de ensilaje, generó los mejores resultados. Estudios adicionales realizados por Santos, Segura y Tordecilla, (1985) en la formulación de dietas para camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*) afirman que utilizando ensilado de pescado no encontraron diferencias significativas con respecto al desarrollo y crecimiento de los camarones alimentados con la dieta comercial.

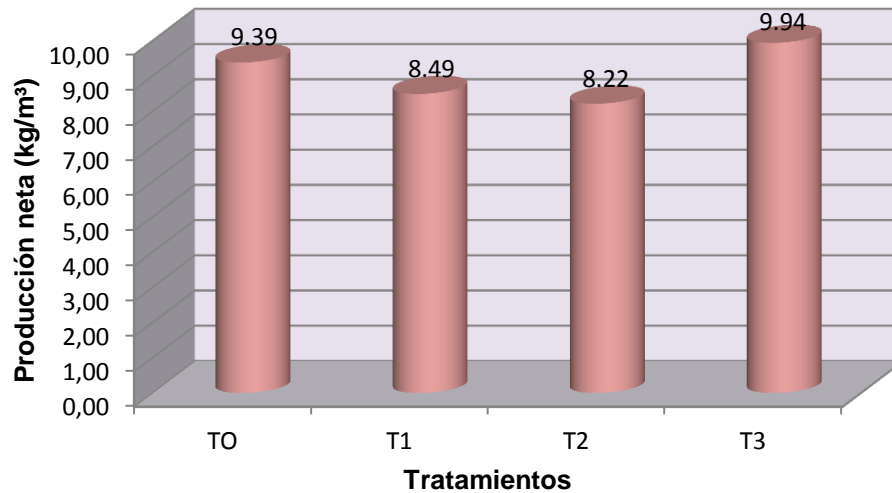
**4.1.2 Producción neta.** Los datos correspondientes a la producción neta mostraron un incremento ascendente en cada uno de los días evaluados, sin diferencias significativas (cuadro 8).

Cuadro 8. Resultados ANAVA para producción neta

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT (0.05)
Total	11	52,18			
Tratamiento	3	5,73	1,91	0,33	4,07
Error	8	46,45	5,81		

En la figura 21, se observa que el tratamiento T<sub>3</sub> con 9.94kg/m<sup>3</sup>, obtuvo una producción neta ligeramente superior a los demás tratamientos; en orden de respuesta encontramos a T<sub>0</sub> con 9.39 kg/m<sup>3</sup>, T<sub>1</sub> con 8.49kg/m<sup>3</sup> y T<sub>2</sub> con 8.22 kg/m<sup>3</sup> respectivamente.

Figura 21. Producción neta



Este comportamiento puede deberse según Attos *et al.* (2003), a que el ensilaje biológico de residuos de pescado proporciona ácidos grasos de cadenas largas, principalmente poli-insaturados y altos valores de proteína de óptima calidad y digestibilidad, cuya buena utilización y eficiencia se debe al buen perfil de los aminoácidos y a su formación de configuración L (Levógiros) los cuales los hacen más absorbibles, Espejo (2001) reportó una producción neta con inclusión de harina de yuca en tilapia roja (*Oreochromis spp.*) de 9.66 kg/m<sup>3</sup> en un periodo de 91 días, este valor es similar al obtenido en el presente ensayo, con valores que oscilan entre 9.94 y 9.36 kg/m<sup>3</sup>, sin embargo estos fueron obtenidos en un periodo de tiempo menor (42 días).

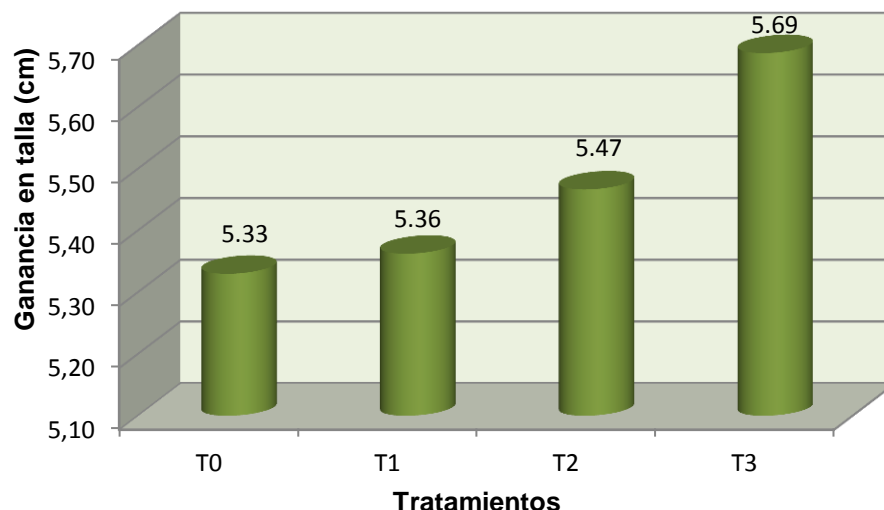
**4.1.3 Ganancia en talla.** El análisis de varianza (ANAVA) realizado, reveló que no se presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados. Los resultados obtenidos se muestran a continuación en el cuadro 9.

Cuadro 9. Resultados ANAVA para ganancia de talla

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT (0.05)
Total	11	7,42			
Tratamiento	3	0,23	0,08	0,09	4,07
Error	8	7,19	0,90		

Aunque estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, se observa que T<sub>3</sub> generó una mejor ganancia promedio de talla con 5.69 cm, comparada con los demás, según se muestra en la figura 22. En orden de respuesta le siguen T<sub>2</sub> con 5.47 cm, T<sub>1</sub> con 5.36 cm y T<sub>0</sub> con 5.33 cm.

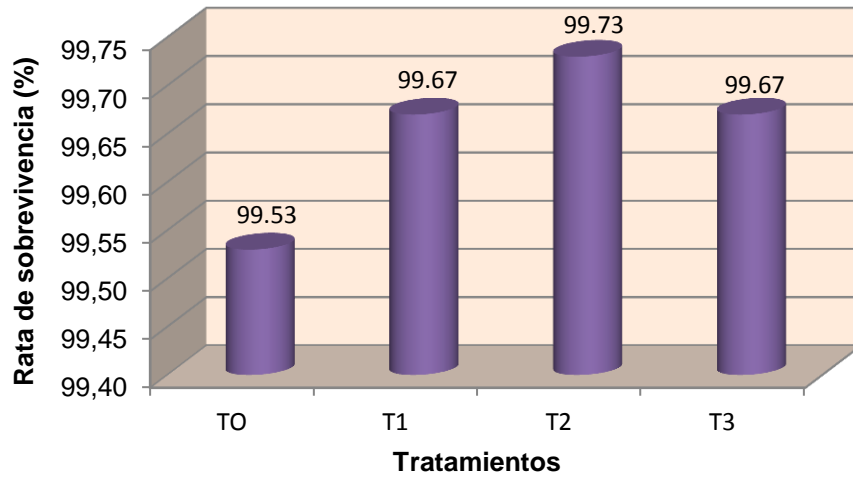
Figura 22. Promedios de ganancia en talla de cada tratamiento



Los resultados obtenidos en el parámetro ganancia en talla, concuerdan con los obtenidos por Santos y cols. (1985); Arthur (1991) quienes al evaluar el rendimiento de barbul (*Pimelodus clarias*) y post larvas de camarón de agua dulce respectivamente con dietas basadas en ensilaje biológico no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Igualmente, Moraes *et al*, (2006) evaluaron en alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) la inclusión de dietas con diferentes contenidos de ensilaje ácido de pescado y observaron que no había diferencias significativas respecto a la longitud logrando valores que se encuentran entre 2,50 y 2,60 cm. Estudios adicionales reportados por Flor y Vivas, (2010); Garcés y Perea (2010) en la alimentación con ensilaje biológico para tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en jaulas metabólicas encontraron que los valores más altos para la variable ganancia en talla se lograron con los tratamientos con mayor inclusión, aseverando los resultados obtenidos en la presente investigación.

**4.1.4 Rata de sobrevivencia.** Con relación a la rata de sobrevivencia se pudo apreciar que durante la etapa de evaluación, la mortalidad fue baja con valores entre 99.53% (T<sub>0</sub>), 99.67% (T<sub>3</sub>), 99.68% (T<sub>1</sub>) y 99.73% (T<sub>2</sub>), en los diferentes tratamientos; a pesar de la manipulación ocasionada quincenalmente al realizar las biometrías, o al incremento y descenso del nivel de aguas del embalse, ocasionando arrastre de materiales y sustancias que inciden directamente en el bienestar de los organismos acuáticos como: descenso de pH y niveles de oxígeno, disminución de resistencia a enfermedades, entre otros. En la figura 23 se aprecian los datos obtenidos en la evaluación.

Figura 23. Rata de sobrevivencia



Estos resultados coinciden con los obtenidos por Boscolo (2005) al evaluar la utilización de residuos de la industria de fileteado de tilapias en forma de harina y ensilaje ácido en la alimentación de Lambari (*Astianax bimaculatus*) no encontró diferencias significativas en la tasa de sobrevivencia, presentando valores entre el 95 y 100%, datos similares a los obtenidos en la presente evaluación. Otro estudio que reporta datos similares sobre la rata de sobrevivencia es el realizado por Toledo y cols. (Burchell, 1822), al evaluar tres ensilados químicos de pescado en la alimentación de (*Clarias gariepinus*), en el cual no hubo diferencias significativas en el indicador de sobrevivencia presentando valores que oscilaron entre 93.3 y 96.7%, valores que se encuentran por debajo de los obtenidos en el presente estudio.

**4.1.5 Conversión alimenticia.** Mediante un análisis de varianza, los tratamientos evaluados no presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para la variable conversión alimenticia. Los datos obtenidos se muestran en el cuadro 10.

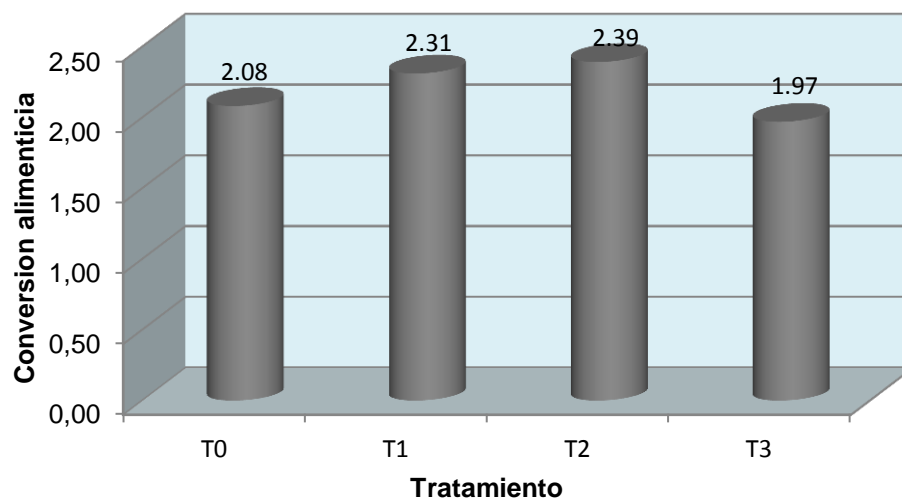
Cuadro 10. Resultados ANAVA para Conversión alimenticia

Fuente de variación	gL	SC	CM	FC	FT (0.05)
Total	11	6,65			
Tratamiento	3	0,34	0,11	0,14	4,07
Error	8	6,32	0,79		

Los resultados favorables de crecimiento absoluto y conversión alimenticia obtenidos en esta investigación pueden ser atribuidos, además de la calidad y cantidad de alimento utilizado, a la densidad de siembra empleada (60 peces/m<sup>3</sup>) comparado con el trabajo realizado por Mueses y Ospitia (2010) quienes evaluaron la eficiencia en tres densidades

de siembra evidenciando que el tratamiento que mejor desempeño presentó en todos los parámetros de producción fue el de más baja densidad (50 peces/m<sup>3</sup>). Resultados que podrían corroborarse por estudios realizados por Hardy (1997); Jobling (1993) y Schmittou (1994), quienes han señalado que las altas densidades de siembra de peces son un factor limitante produciéndose el deterioro de la calidad del agua y aglomeraciones de los peces, lo cual reduce la accesibilidad al alimento y/o pérdida del apetito. En ensayos reportados por Llanes (1994) con tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) se obtuvieron factores de conversión alimenticia de las dietas con ensilaje de pescado de 3.64 y 3.66. Estos resultados pueden ser considerados desfavorables con respecto a los reportados en el presente estudio en el cual se obtuvieron valores de conversión alimenticia de 1.97 a 2.39. Aunque no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. En la figura 24 puede observarse que el T<sub>3</sub> obtuvo una mejor conversión alimenticia comparada con los demás, en orden de respuesta le sigue el tratamiento T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>.

Figura 24. Conversión alimenticia



De la figura 24, se puede deducir que el tratamiento T<sub>3</sub> con 1.97 de conversión alimenticia, fué significativamente mejor que los demás; T<sub>0</sub> con 2.08 no fue superior ni igual a T<sub>3</sub>, pero si presentó un comportamiento ligeramente superior a T<sub>1</sub> (2.31) y T<sub>2</sub> (2.39). Los resultados obtenidos en esta evaluación también coinciden con los reportados por Fagbenro y cols. (1994) donde no encontraron diferencias significativas en la conversión de las tilapias (*Oreochromis niloticus*) que recibieron dietas con ensilaje de pescado comparada a una ración comercial.

A su vez, los reportes obtenidos por Garcés y Perea (2010), y Flor y Vivas (2011) alimentando tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en la fase de engorde alojados en jaulas metabólicas, obtuvieron respuestas favorables de acuerdo a la dieta con mayor inclusión

de ensilaje biológico de pescado respectivamente con T<sub>3</sub> (1.54) y T<sub>2</sub> (1.60), valores cercanos a los reportados para el presente ensayo, destacando que los resultados obtenidos, fueron en condiciones de campo, mientras que los citados anteriormente fueron obtenidos en laboratorio y bajo un ambiente controlado.

#### 4.2 PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS EN CACHAMA BLANCA (*Piaractus brachypomus*)

En el cuadro 11, se puede observar los resultados obtenidos, respecto a los parámetros zootécnicos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en estanque en tierra, con inclusión de ensilaje de vísceras en la dieta.

Cuadro 11. Resumen de parámetros zootécnicos obtenidos en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS	DIETAS			
	T0 - 0% ensilaje	T1 - 10% ensilaje	T2 - 20% ensilaje	T3 - 30% ensilaje
Ganancia de peso (g)	105.83	102.75	103.25	104.75
Ganancia en talla (cm)	5.00	5.08	5.12	5.44
Incremento peso promedio día (gr/día)	1.76	1.71	1.72	1.75
Rata de sobrevivencia (%)	95.6	97.8	98.7	99.1
Conversión alimenticia	2.83	2.92	2.91	2.86
Producción neta (Kg/m <sup>3</sup> )	1.15	1.21	1.18	1.20

**4.2.1 Ganancia de peso por tratamiento.** Durante los 60 días de evaluación, con muestreos quincenales, se pudo determinar el incremento gradual del peso en cada uno de los tratamientos utilizados en el ensayo. Mediante el análisis de varianza (ANAVA), no se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados (cuadro 12).

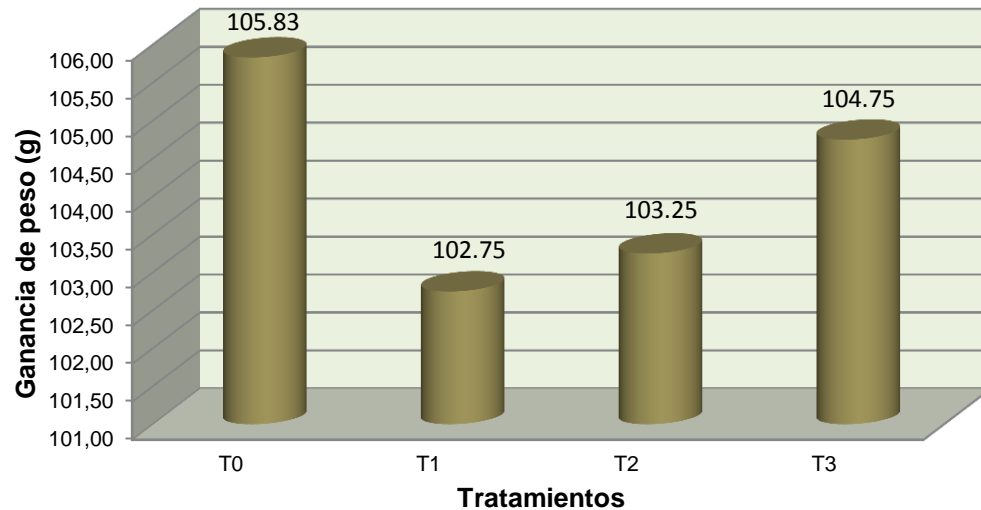
Cuadro 12. Resultados ANAVA para ganancia de peso

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT (0.05)
Total	11	158,06			
Tratamiento	3	17,89	5,96	0,34	4,07
Error	8	140,17	17,52		

Los datos generados en el estudio, presentan una ganancia de peso ligeramente superior de T<sub>0</sub> con 105.83g, con respecto a los demás tratamientos; en orden de respuesta le

siguen los tratamientos: T<sub>3</sub> con 104.75g; T<sub>2</sub> con 103.25g, por último T<sub>1</sub> con 102.75g. (figura 25).

Figura 25. Promedios generales ganancia de peso por tratamiento

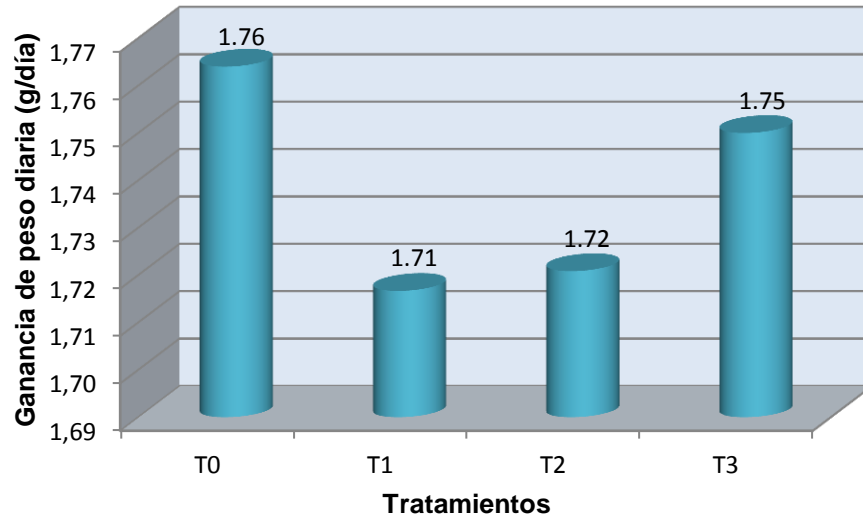


Los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con los alcanzados por Lessi, (1994) quien evaluó ensilaje de pescado para sustituir la harina de pescado como fuente de proteína en alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*), encontrando, que el aumento en el peso corporal de alevinos fue gradual, sin obtener diferencias significativas entre tratamientos.

Los resultados obtenidos se pueden soportar con los informes suministrados por Gutiérrez, Mojica y Quintero, (2003) los cuales alimentaron cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) con una densidad de 10 peces/m<sup>3</sup>, con el mismo suministro de proteína del presente estudio (24%), cantidad de alimento diario 8% de la biomasa, aplicando como pro-biótico (*Bacillus laterosporus*), obteniendo resultados alentadores en peso, talla y ganancia de peso; sin obtener diferencias significativas. Por otra parte Palmira y cols. (1996), en su estudio sobre gamitana (*Colossoma macropomum*), con inclusión en las dietas de ensilaje biológico de (36, 24, 12 y 0%), concluyeron que el mejor tratamiento efectuado, fue, el realizado con la mayor inclusión de ensilaje de pescado seguido de la dieta testigo. Esta similitud de resultados entre las dietas sugiere que todos los peces alimentados con las dietas a base de ensilaje de residuos de pescado, en cualquier nivel de inclusión, tuvieron buena eficiencia, debido a que la cantidad de nutrientes proporcionadas estuvieron disponibles en la cantidad adecuada.

En el presente estudio, el mejor índice de ganancia de peso diaria para la etapa de engorde lo presentó la dieta T<sub>0</sub> o dieta testigo con 1.76g seguido de T<sub>3</sub> (1.75g), T<sub>2</sub> (1.72g) y T<sub>1</sub> (1.71g) (figura 26).

Figura 26. Ganancia de peso diaria



Los resultados alcanzados presentan gran similitud con los obtenidos por Murillo *et al.* (1996), con *Piaractus brachypomus* en etapa de levante utilizando materias primas de la región del Ariari, evaluando 2 tratamientos (30 y 34% proteína bruta) con dietas elaboradas a partir de soya tostada como fuente de proteínas, además de otras materias primas, levantando alevinos desde 3 hasta 190gr, reportando datos de ganancia de peso de 2,1gr/día, lo cual determina un parámetro no tan alejado de los resultados obtenidos en la presente investigación. Así mismo, al comparar los datos conseguidos, con los estudios realizados por Trujillo y cols. (1989), en estanques en tierra bajo condiciones de cultivo normales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), obtuvieron ganancias diarias de peso entre 2.47 y 3.52g/día, y Dañino *et al.* (1997), en el crecimiento de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), cultivados en estanques con y sin revestimiento de geomembranas en la Amazonía peruana, presentando un incremento diario de peso de 2.6gr/día, deducimos ganancias diarias de peso inferiores obtenidas en el ensayo actual.

**4.2.2 Producción neta.** De acuerdo a los resultados obtenidos en el parámetro productivo ganancia de peso en la fase de engorde, se determinó la producción neta sin encontrarse diferencias significativas en las dietas evaluadas (cuadro 13).

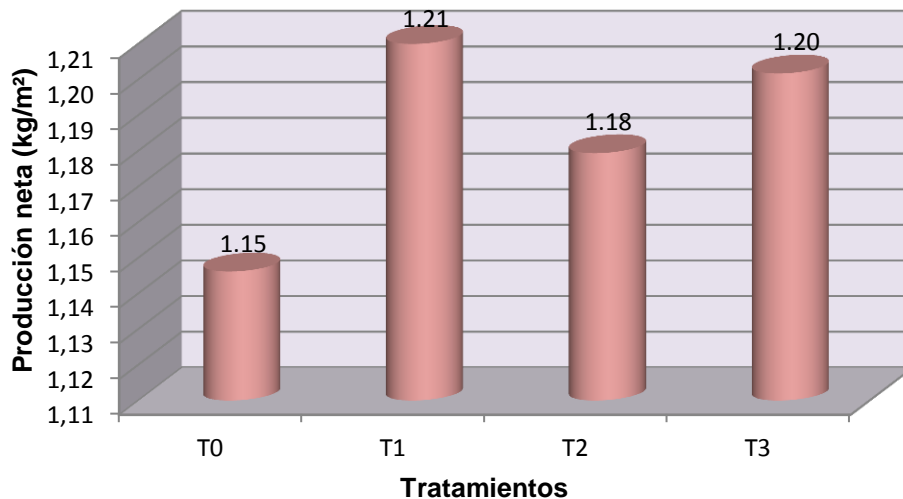
Cuadro 13. Resultados ANAVA para producción neta

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT (0.05)
Total	11	0,00254			
Tratamiento	3	0,00033	0,00011	0,39	4,07
Error	8	0,00221	0,00028		



En la figura 27 se puede observar la leve diferencia de datos obtenidos entre tratamientos del presente ensayo, con producciones netas de 1.21, 1.20, 1.18 y 1.15 kg/m<sup>2</sup> respectivamente, para los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>0</sub>.

Figura 27. Producción neta



Resultados similares reporta Ortiz (2003), en el cual, las densidades de siembra utilizadas fueron similares, oscilando entre 1 y 4 peces por m<sup>2</sup>, alcanzando una producción neta de 0.5 a 2 kg/m<sup>2</sup>. La producción total esperada para el presente ensayo con el mejor tratamiento (T<sub>1</sub> o T<sub>3</sub>), sería aproximadamente de 12 ton/ha/año. Valencia y Puentes (1989), reportan similares producciones netas a nivel nacional, con densidad de 3-4 peces/m<sup>2</sup> y 2 ciclos al año. De otra parte, la FAO (1994), reporta índices de producción neta de 13.5 ton/ha/año en producción en estanques en tierra bajo densidad de 1 animal/m<sup>2</sup>.

Al confrontar valores de producción obtenidos en el presente estudio, frente a datos resumidos por Martínez (1984) y Hernández *et al.* (1992), puede considerarse que se mantienen dentro del rango esperado a los reportados para el cultivo de *Colossoma* y *Piaractus*, destacándose valores comparables entre 8 y 13.5 ton/ha/año, todos en condiciones de cultivo similares a las de este ensayo. Estos resultados demuestran la factibilidad de alcanzar de forma comercial, los valores de producción obtenidos en este cultivo experimental.

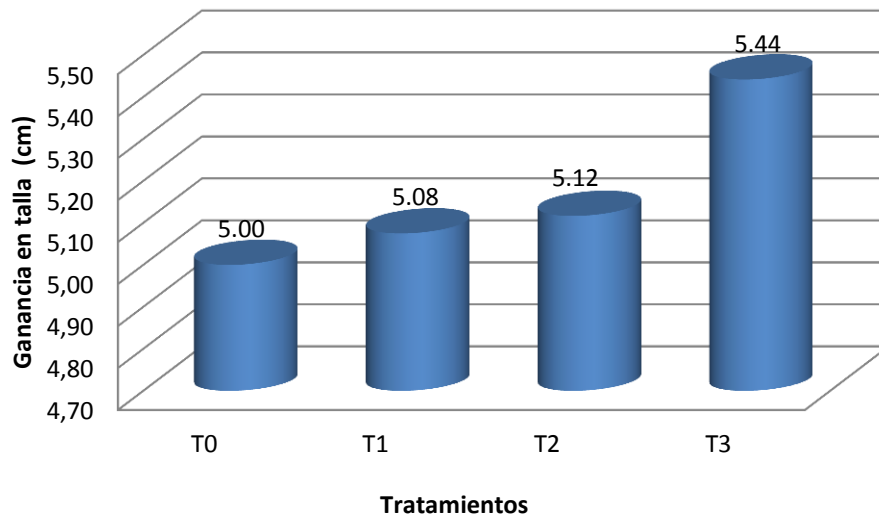
**4.2.3 Ganancia en talla.** Mediante el análisis de varianza (ANOVA), los tratamientos asignados no presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para la variable (cuadro 14).

Cuadro 14. Resultados ANAVA para ganancia de talla

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT (0.05)
Total	11	1,14			
Tratamiento	3	0,34	0,11	1,14	4,07
Error	8	0,80	0,10		

No obstante, en los datos obtenidos se observó que T<sub>3</sub> obtuvo una mejor ganancia promedio de talla con 5.44 cm, comparada con los demás. En orden de respuesta le siguen T<sub>2</sub> con 5.12 cm, T<sub>1</sub> con 5.08 cm y por último T<sub>0</sub> con 5.00 cm (figura 28).

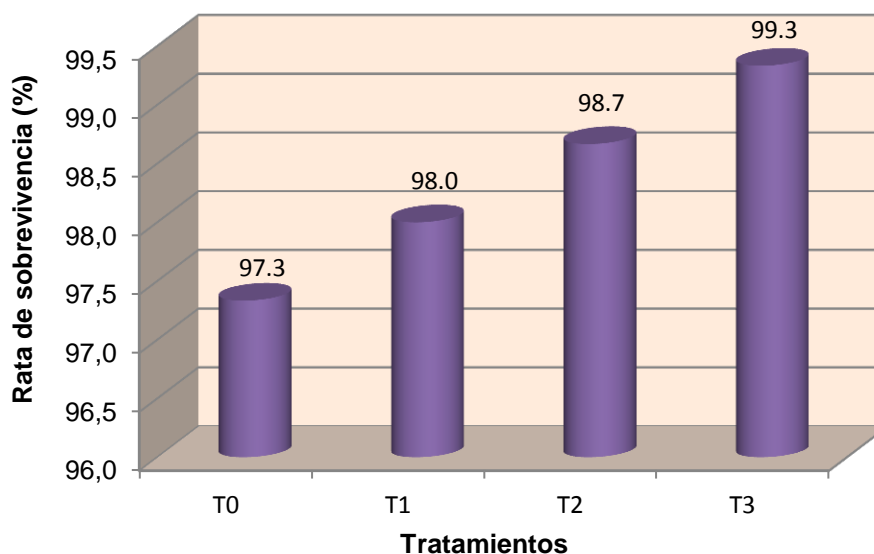
Figura 28. Promedios de la ganancia en talla de cada tratamiento



Estudios realizados por Córdoba *et al.* (1991), en alimentación de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en etapa de levante, no encontraron diferencias significativas para este parámetro, sin embargo, sus resultados difieren con la presente investigación, al concluir que las mejores ganancias en longitud fueron conseguidas por el tratamiento con la inclusión del 10% de ensilaje de pescado, seguido por margen mínimo de la dieta testigo. Dado a que no se evidenciaron diferencias significativas en ganancia de peso y talla, podría apreciarse un crecimiento alométrico minorante, indicando que los híbridos bajo las condiciones de cultivo utilizadas en esta investigación crecieron más en peso que en talla. De otro modo, Balsinde y cols. (2004); Prada (1982); Darmont y Salaya (1984) indican también que la cachama al igual que sus híbridos, pueden presentar crecimientos alométricos mayores en algunas etapas del crecimiento, dependiendo del sistema de cultivo utilizado.

**4.2.4 Rata de sobrevivencia.** Durante el experimento la tasa de sobrevivencia de los peces fué de 99.3%(T<sub>3</sub>), 98.7%(T<sub>2</sub>), 98%(T<sub>1</sub>) y 97.3%(T<sub>0</sub>) (figura 29).

Figura 29. Rata de sobrevivencia



Como se puede apreciar en los resultados, las cifras de sobrevivencia se mantuvieron cercanas al 100% en todos los tratamientos, ya que se realizó un buen acondicionamiento de los peces desde el inicio del experimento hasta el final, ejecutando chequeos diarios al sistema productivo, además de la aplicación preventiva de técnicas sanitarias adecuadas. Las pequeñas diferencias en los valores no fueron estadísticamente significativas, por tanto, la densidad y el ensilaje biológico, no influyeron en las cifras de supervivencia. Eufrazio *et al.* (2004), ofrece un referente para la fase de engorde de gamitana (*Piaractus brachypomus*) en estanques en tierra, obteniendo tasas de sobrevivencia de 97% y mortalidad de 3%; lo que demuestra que son peces muy resistentes a las condiciones de cultivo intensivo.

A su vez, Córdoba *et al.* (1996) y Wicky y cols. (1991), dan validez al presente estudio al evaluar similares concentraciones de ensilado de pescado en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y cachama negra (*Colossoma macropomum*), reportando una tasa de sobrevivencia de los peces de 100 y 88%, respectivamente, en todos los tratamientos evaluados.

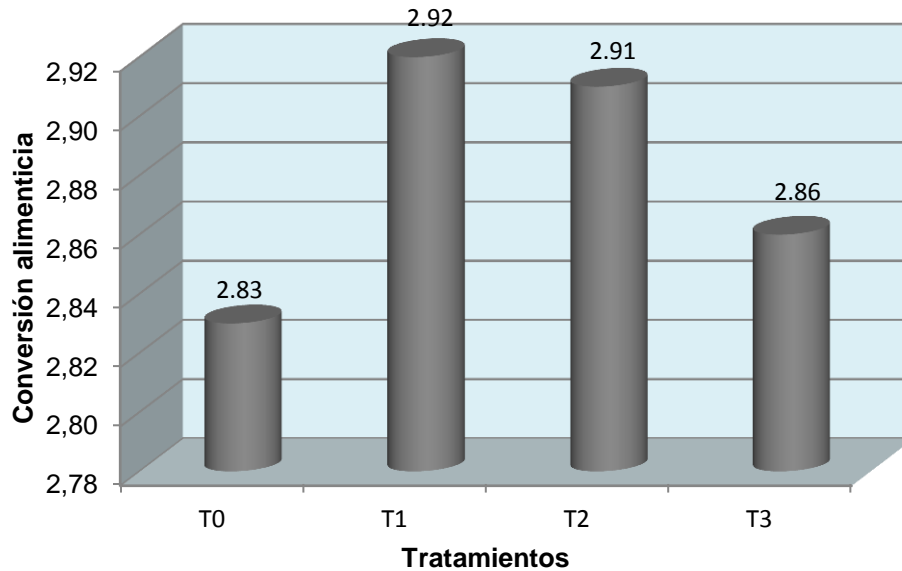
**4.2.5 Conversión alimenticia.** La tasa de conversión alimenticia presentó homogeneidad desde el inicio del ensayo hasta su culminación, sin presentarse diferencias estadísticamente significativas en las dietas evaluadas (cuadro 15).

Cuadro 15. Resultados ANAVA para conversión alimenticia

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT (0.05)
Total	11	0,12			
Tratamiento	3	0,01	0,00	0,34	4,07
Error	8	0,11	0,01		

Según la figura 30, podría indicarse que los tratamientos T<sub>0</sub> (2.83) y T<sub>3</sub> (2.86), presentaron resultados ligeramente superiores, con respecto a los tratamientos T<sub>2</sub> (2.91) y T<sub>1</sub> (2.92) respectivamente.

Figura 30. Conversión alimenticia



Los resultados obtenidos en este ensayo son más bajos a los obtenidos por Mora, (1994), quien al evaluar híbridos de cachama (*Colossoma x Piaractus*) obtuvo un factor de conversión alimenticia de 2,2. Los regulares datos obtenidos, pueden estar ínfimamente ligados a factores como: calidad de la semilla, calidad del agua, plancton, densidad de siembra, etapa de crecimiento, entre otros. Lo que puede promover, según Fagbenro y cols. (1994) que esta especie omnívora presente retrasos en crecimiento, además de inapetencia ya sea por saciedad, por turbidez del agua, entre otros.

### 4.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

Teniendo en cuenta aspectos como la dificultad para adquirir el alimento, especialmente por ser una región alejada de la zona urbana, así como el alto precio del concentrado para peces, se efectuó un análisis de materias primas que fueron objeto de estudio en el presente ensayo (anexo D), tanto para cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) como para tilapia roja (*Oreochromis spp.*). Para ello, se realizó un estudio en diferentes centros agropecuarios que permitieran comparar: el valor del concentrado comercial mojarra 24 para la etapa de engorde frente al elaborado en planta. En el cuadro 16, se presentan los costos entre un concentrado y el otro.

Cuadro 16. Costo del concentrado elaborado, por Kilogramo y por bulto para cada una de las dietas evaluadas

DIETA	COSTO/Kg	COSTO/BULTO	AHORRO/BULTO	AHORRO/BULTO (%)
T0 (Mojarra 24)	\$1.360	\$54.400	-	-
T1	\$1.337	\$53.480	\$920	1.69
T2	\$1.314	\$52.260	\$2.140	3.93
T3	\$1.291	\$51.640	\$2.760	5.07

Al comparar el costo por bulto de la dieta T<sub>0</sub> con T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>, del cuadro podemos deducir que: si se incluye un 10, 20 y 30% de ensilaje biológico de residuos de pescado en dietas para alimentación de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y cachama blanca, (*Piaractus brachypomus*) representaría una disminución en los costos significativamente por alimentación de \$920, \$2.140 y \$2.760 por bulto respetivamente, lo que significa un 1.69%, 3.93% y 5.07% de ahorro.

Se infiere que en la elaboración del concentrado con la inclusión de ensilaje a partir de vísceras de pescado, se puntualizó en todos los aspectos posibles desde: adquisición y transporte de materias primas, servicios, mano de obra, entre otras. De acuerdo a esto y teniendo como base el estudio realizado en Mindala - Suarez (Hoyos, 2009), en el cual se requiere de aproximadamente 43 bultos de concentrado comercial para obtener peces con un peso comercial promedio (300 g/individuo) con una conversión alimenticia de (1,72; 1), y así, obtener una tonelada de carne por ciclo productivo se planteó el análisis.

En cuanto a la mano de obra, las necesidades pueden estimarse a partir del diagrama de flujo del proceso, a pequeña escala, la producción de concentrado en base a ensilado de residuos de cosecha, se puede realizar con mano de obra mínima y no especializada, dado que las operaciones son relativamente sencillas.

Cabe aclarar que para el análisis económico, se trabajó con las conversiones alimenticias obtenidas durante la etapa de evaluación en cada uno de los tratamientos, tanto en tilapia roja (*Oreochromis spp*) como en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) para obtener los bultos requeridos por dieta para producir una tonelada de carne (cuadro 17).

Cuadro 17. Costos para producir 1 tonelada de carne de tilapia roja (*Oreochromis spp.*)

<b>DIETAS</b>				
<b>ITEM</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
Bultos Producir 1 Ton/Carne	52	58	60	49
Bultos Concentrado con Ensilaje	0	5.8	12	14.7
Costo Bulto	54.400	53.480	52.260	51.640
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>310.184</b>	<b>627.120</b>	<b>759.108</b>
Bultos Concentrado Comercial	52	52.2	48	34.3
Costo Bulto	54.400	54.400	54.400	54.400
<b>Subtotal</b>	<b>2'828.800</b>	<b>2'839.680</b>	<b>2'611.200</b>	<b>1'865.920</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>2'828.800</b>	<b>3'149.864</b>	<b>3'238.320</b>	<b>2'625.028</b>

Según el análisis obtenido en tilapia roja, bajo una conversión de 1.97:1, que correspondió al tratamiento T<sub>3</sub> en etapa de engorde, el ahorro generado para la producción de una tonelada de carne de tilapia roja en la Salvajina con este tratamiento es de \$203.772, lo que implica una reducción aproximada del 9% de los costos sobre el concentrado. Se sabe que en la actividad piscícola y en otras actividades pecuarias, la mayor inversión esta generada por la adquisición de concentrados, por ello, el margen de ahorro aquí expuesto es muy bueno.

Respecto a los demás tratamientos, se presenta un incremento en los costos de producción en comparación al tratamiento testigo, con resultados de \$321.064 para T<sub>1</sub> y de \$409.520 para T<sub>2</sub>, probablemente debido al aumento en la conversión alimenticia, ya que hubo necesidad de utilizar mayor número de bultos de concentrado en estas dietas para obtener una tonelada de carne.

Cuadro 18. Costos para producir 1 tonelada de carne de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

DIETAS				
ITEM	T0	T1	T2	T3
Bultos Producir 1 Ton/Carne	71	73	73	71
Bultos Concentrado con Ensilaje	0	7.3	14.6	21.3
Costo Bulto	54.400	53.480	52.260	51.640
<b>Subtotal</b>	<b>0</b>	<b>390.404</b>	<b>762.996</b>	<b>1'099.932</b>
Bultos Comercial Concentrado	71	65.7	58.4	49.7
Costo Bulto	54.400	54.400	54.400	54.400
<b>Subtotal</b>	<b>3'862.400</b>	<b>3'574.080</b>	<b>3'176.960</b>	<b>2'703.680</b>
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>3'862.400</b>	<b>3'964.484</b>	<b>3'939.956</b>	<b>3'803.612</b>

La dieta T<sub>3</sub> obtuvo resultados similares al tratamiento testigo (T<sub>0</sub>), por tal motivo se seleccionó como posible sustituta para producciones de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en estanques en tierra. Según el análisis obtenido en Cachama blanca, bajo una conversión de 2,8; 1, que correspondió al tratamiento T<sub>3</sub> en la etapa de engorde, el ahorro generado para la producción de una tonelada de carne de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en la Salvajina fue es de \$58.780, implicando aproximadamente reducción del 1.52% de los costos sobre el concentrado. Con respecto a los demás tratamientos se presenta un incremento en los costos de producción en comparación al tratamiento testigo que fueron respectivamente de \$102.084 para T<sub>1</sub> y de \$77.556 para T<sub>2</sub>, esto debido al aumento de la conversión alimenticia, que ocasiono la necesidad de un mayor número de bultos de concentrado en estas dietas para obtener una tonelada de carne.

## CONCLUSIONES

La dieta con 30% inclusión de concentrado en base a ensilaje biológico de vísceras de pescado, realizada en tilapia roja (*Oreochromis spp.*), presentó un rendimiento mayor en comparación con las dietas del 20, 10 y 0% de inclusión, para las variables: ganancia de peso, biomasa, incremento de longitud, tasa de sobrevivencia, producción neta y conversión alimenticia; permitiendo concluir que es posible su utilización en dietas para esta especie, obteniendo buenos resultados y de gran alcance para la producción acuícola nacional.

En el ensayo propuesto para la especie Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), con inclusiones del 10, 20 y 30% de concentrado elaborado a partir de ensilaje biológico de vísceras de pescado, no se encontraron diferencias significativas, siendo el tratamiento T<sub>0</sub> (100% de concentrado comercial), el cual, obtuvo rendimientos superiores en la mayoría de las variables productivas evaluadas, con respecto a los otros tres tratamientos, seguido por un mínimo margen del tratamiento T<sub>3</sub> (30% concentrado ensilaje biológico y 70% concentrado comercial). Por esto, es permisible afirmar que esta última dieta, podría utilizarse durante la etapa de engorde de la especie.

El aprovechamiento de los residuos de la actividad piscícola en técnicas como ensilaje biológico permite la disminución del impacto ambiental generado por el vertimiento de estos desechos directamente a las fuentes de agua, además se convierte en una fuente alimenticia de gran valor nutricional y de bajo costo, porque permite suplir parcialmente materias primas ricas en proteína, obteniendo un alimento de igual valor nutritivo, buena palatabilidad y de alta calidad.

La inclusión del 30 % de ensilaje biológico de pescado en la elaboración de dietas para alimentación de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), incrementó la rentabilidad del sistema productivo, obteniéndose una disminución de los costos de producción entre 9 y 1.52% respecto al concentrado comercial.



## RECOMENDACIONES

En vista del desarrollo de proyectos pesqueros en la región, el incremento de subproductos de cosecha es mayor, esto obliga a coordinar procesos de colecta y acondicionamiento del material obtenido para ser transformado en materia prima final, por lo tanto, se recomienda una producción semi – industrial del ensilado, que permita reducir costos, mantener producción constante y considerable, además, generar desarrollo social y económico en la comunidad.

Los resultados alcanzados por el proyecto, dejan como tareas el control a mediano y largo plazo de la utilización de nuevas materias primas que lleven a suprimir o disminuir el uso de la harina de pescado, como alternativas de alimentación en peces, que sigan promoviendo y realizando trabajos de investigación en la creación y/o adopción de tecnologías en el proceso de post-cosecha para la región.

Se podría plantear experiencias investigativas futuras, teniendo en cuenta la utilización de densidades de siembra para los sistemas de cultivo, acordes a las últimas publicaciones realizadas, con las cuales, se pueden obtener rendimientos sustentables para una producción comercial a pequeña escala.

Se recomienda la realización de análisis histopatológicos para destacar si la inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado, en dietas para alimentación de Tilapia, infiere en alteraciones en el tracto digestivo del pez.

## BIBLIOGRAFÍA

ABIMORAD, E.; ESTRADA, W.; CANELO, S.; GARCÍA, F.; CASTELLANI, D. y DA ROCHA, M. 2009. Silagem de peixe em ração artesanal para tilápia-do-nilo. [En línea]. Agencia Paulista de Tecnología dos Agro-negocios. [Citado en 24 de enero de 2011]. Disponible en Internet: <http://worldwidescience.org/topicpages/multi/PT/m/m+conversion.html>

ACUICULTURA SENAGAIRA. Producción de semilla de tilapia roja por método de la incubación artificial. [En línea]. 2008. Disponible en: <http://acuiculturasenagaira.blogspot.com/2008/09/proyecto-tilapia-roja.html>

AGUDELO, C. y ORTEGA, R. 2010. Determinación de parámetros cinéticos de dos inóculos lácticos: *Lactobacillus plantarum* A6 y bacterias ácido lácticas de yogurt. Trabajo de grado. Publicado Rev.Bio.Agro vol.8 no.2 Popayán [Visitado agosto 2011] Disponible en Internet: <http://www.scielo.unal.edu.co>

ARGUMEDO, E. y ROJAS, H. Manual de Piscicultura con especies nativas. [En línea]. Florencia (Caquetá): ACUICA, 2000. p. 4-6. [Citado el 25 septiembre de 2010]. Disponible en Internet: <http://www.ibcperu.org/doc/isis/13475.pdf>.

ARTHUR, L.M. 1991. Utilização de Ensilado Biológico de Pescado na Elaboração de uma Ração para Desenvolvimento de Pós-Larvas de Camarão de Agua Doce *Macrobrachium rosenbergii*, M. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos da U.F.R.R.J. Itaguaí, R.J., dezembro de 1991, 138 p. [Visitado abril 2011]. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/APH134/cap3.htm>

ATTOS Jessika. CHAUCA H, SAN MARTIN Felipe. CARCELEN C, ARBAIZA, Teresa. Uso del ensilaje biológico de pescado en la alimentación de cuyes mejorados. Revista de Investigación Veterinaria del Perú. Perú. 2003. [Visitado abril 2011]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609)

BALSINDE RUANO M, FRAGA CASTRO I, GALINDO LÓPEZ J. Inclusión del ensilado de pescado: Alternativa en la elaboración de un alimento extruido para el camarón de cultivo. Rev. Panorama Acuícola. [En línea] [Visitado enero de 2011] Disponible en: <http://www.panoramaacuicola.com>. 2004.

BARRIOS R. (2010). Efecto sobre el cuadro hemático al suplementar la alimentación con ensilaje a base de vísceras de pescado en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) durante la etapa de ceba. REVISTA CITECSA Vol. 1 Número1 disponible en: <http://mvz.unipaz.edu.co/citecsa/web/>

BOTELLO. A. L. (2005): Utilización de diferentes ensilados químicos de pescado en la alimentación de alevines del pez gato africano (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822). Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Biología Marina con mención en Acuicultura. Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana.

BOTERO M. y MENÉNDEZ O. 2002. Estabilización anaeróbica de desechos de comida para la elaboración de suplementos alimenticios para cerdos. Universidad Earth. Guácimo, Costa Rica, Trabajo de Grado. Documento PDF disponible en [http://www.em-la.com/archivos.../suplementos\\_alimenticios\\_cerdos.pdf](http://www.em-la.com/archivos.../suplementos_alimenticios_cerdos.pdf)

BOSCOLO, R.; FEIDEN Arcângelo, SIDNEI Klein; BITTENCOURT Fábio. Farinha de Resíduos da Filetagem de Tilápias e silagem ácida na alimentação de Lambari (*Astianax bimaculatus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.1807-1812, 2005. Visitado septiembre 2011 disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid)

CHO, C. Y., COWEY, C. B. Y WATANABE, T. (1985). Finfish Nutrition in Asia. Methodological Approach to Research and Development. IDRC, Ottawa. 233-e. 154 [Citado el 05 diciembre de 2010]. Disponible en Internet: [http://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/19208/1/63269\\_p130-135.pdf](http://idl-bnc.idrc.ca/dspace/bitstream/10625/19208/1/63269_p130-135.pdf)

CITEP. CENTRO DE INVESTIGACIONES DE TECNOLOGÍA PESQUERA Y ALIMENTOS REGIONALES. Mar del Plata, Argentina 1990. [Citado 25 septiembre de 2010]. Disponible en: <http://www.fao.org/técnica del ensilado FAO.htm>

CORDOBA, Edwin, *et al.* 1991. Proyecto cuantificación y aprovechamiento de los subproductos pesqueros en el trapezio amazónico colombiano. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, PDF: [Citado en 20 de enero de 2011]. Disponible en: [http://www.agronet.gov.co/.../2006112712137\\_Subproductos%20pequenos%20en%20el%20trapezio%20amazoni](http://www.agronet.gov.co/.../2006112712137_Subproductos%20pequenos%20en%20el%20trapezio%20amazoni)

CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL CAUCA, CORPOCAUCA, (2006) "Proyecto Alianza Piscícola para la Reactivación Económica del Embalse de la Salvajina, Municipio de Morales", Morales, Cauca, Página Web versión HTML disponible on line <<http://www.alcaldíademorales/EOT20022010,componentebiofisico.htm>>

DAÑINO, Astrid, NASH Omar, CHU Fred, MORI Luis.1997. Crecimiento, conversión alimenticia y sobrevivencia de pacú (*Piaractus brachypomus*) cultivado en estanques con y sin revestimiento de geomembranas en la Amazonía peruana. 1 Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – UNAP. [En línea], [Visitado abril 2011]. Disponible en: [http://www.riiaamazonia.org/PUBS/RIIA2\\_PREV.PDF](http://www.riiaamazonia.org/PUBS/RIIA2_PREV.PDF)

DARMONT M. Y SALAYA J. 1984. Ensayo de cultivo de la cachama, *Colossoma macropomum*, Cuvier 1818, en jaulas flotantes rígidas. Memorias de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura, 5:465-479. [Visitado mayo 2011]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172009000200005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172009000200005&script=sci_arttext)

DINARA, Dirección Nacional de Recursos Acuáticos. Ministerio de ganadería, agricultura y pesca. Uruguay. Criterios básicos para la producción piscícola. [En línea] [Consultado junio de 2010] Publicación disponible en [http://www.dinara.gub.uy/web\\_dinara/index.php.acuicultura](http://www.dinara.gub.uy/web_dinara/index.php.acuicultura)

ESPEJO, C. y Torres, 2001. Manejo industrial de las tilapias. [En línea]. Monterrey (México D.F): Asociación Americana de Soya,. [Citado el 05 septiembre de 2010]. Disponible en Internet: <http://www.carlosespejo.com.co>

ESPEJO, Carlos. 2001. Evaluación de torta de soya, Soya integral y harina de yuca en la alimentación de tilapia en jaulas, Colombia. [En línea]. Monterrey (México D.F): Asociación Americana de Soya, [Citado el 05 septiembre de 2010]. Disponible en Internet: <http://www.carlosespejo.com.co>

ESTRADA H. y COLS. 2006. "Piscicultura, una alternativa para el productor rural" En: Colombia 2008. Producción bibliográfica. Ediciones Universidad Simón Bolívar. v. 500 pág. 40

EUFRACIO, V. PEDRO; PALOMINO, R. ALFREDO. Manual del cultivo de gamitana, sub-proyecto "Programa de transferencia de tecnología en acuicultura para pescadores artesanales y comunidades campesinas" Págs. 56-67 Documento [PDF], [Visitado enero 2011]. Disponible en: <http://www.aquahoy.com/index.php.cultivo-de-gamitana>

FAGBENRO, O., JAUNCEY K. y HAYLOR G. (1994). Nutritive value of diets containing dried lactic acid fermented fish silage and soybean meal for juvenile *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus*. Aquaculture Living Resour, (7):79-85

FAO, (Roma 1986) Piscicultura en jaulas y corrales. [En línea] Documento técnico de pesca 255 [Consultado 22 Diciembre. 2009]. Disponible en: <<http://www.zoetecnocampo.com/foro/Forum17/HTML/000252.html>>

FAO, 1994. Entre la acuicultura de los "MÁS POBRES" Y LA DE LOS "MENOS POBRES" Una Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Acuicultura Rural Tipo II. Documento de campo N°21 Disponible en <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB478S/AB478S00.htm>

FAO. 1990. Productos pesqueros fermentados (Preparado por Mackie I.M., Hardy R. y Hobbs G., FAO Informe de Pesca Nro.100, 62p. [Citado 19 septiembre de 2010]. Disponible en Internet: <http://www.fao.org/ag/AGa/AGAP/FRG/APH134/cap2.htm>

FEDERACIÓN COLOMBIANA DE ACUICULTORES, FEDEACUA, (2001). Diagnóstico Sectorial para el cultivo de la Tilapia y Cachama. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Documento PDF [En línea] [Consultado 12 Junio 2011]. Disponible en: [http://www.agrocadenas.gov.co/\\_caracterizacion\\_piscicultura.pdf](http://www.agrocadenas.gov.co/_caracterizacion_piscicultura.pdf)

FIGUEROA M. 1999. Crecimiento en ejemplares híbridos provenientes de hembras *Colossoma macropomum* con machos de *Piaractus brachypomus* sometidos a tres dietas diferentes. Trabajo de Grado. Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela 39 pp.

FLOR F. y VIVAS J. 2011. Evaluación de la inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado en alimentación de tilapia roja (*Oreochromis spp.*). Trabajo de grado Ingenieros Agropecuarios. Popayán: Universidad del Cauca. Facultad de ciencias Agropecuarias

GAMBOA, Simón. Dieta suplementaria para la producción de tilapia roja en etapa de engorde. Agosto 2007. [Consultado 24 de mayo de 2009]. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos60/dieta-suplementaria-tilapia-roja/dieta-suplementaria-tilapia-roja2.shtml>

GARCÉS, Y., y PEREA, C. Desarrollo de alternativas agroindustriales para el cultivo en jaulas flotantes de tilapia roja *Oreochromis spp.*, en la represa de “La Salvajina”, Municipio de Suárez, departamento del Cauca, 2008. Trabajo de grado Ingenieros Agropecuarios. Popayán: Universidad del Cauca. Facultad de ciencias Agropecuarias.

GARCÉS, Y. y PEREA, C. 2010. Evaluación de ensilaje biológico de residuos de pescado en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis spp.*). Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Popayán-Cauca. Trabajo de grado. Documento [PDF].

GONCALVES, J. F.; SANTOS, S.; SOUSA, V.P.; BATISTA, I. Y COIMBRA, J. (1989): The use of fish silage as an ingredient for eel fingerling nutrition. *Aquaculture*. 80: 135-146. [Citado en 24 de enero de 2011]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos39/alimentacion-peces/alimentacion>

GRANADO A. 2004. Crecimiento de la cachama mantenida en jaulas flotantes, en una laguna de inundación del Río Orinoco. III Encuentro Nacional de Acuicultura. Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal. 15-18/2. Venezuela. (Memorias). 104 pp [Visitado abril 2011]. Disponible en:

[http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bitstream/123456789/570/1/EFECTO\\_DE\\_LA\\_DENSIDAD-12-2.pdf](http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bitstream/123456789/570/1/EFECTO_DE_LA_DENSIDAD-12-2.pdf)

GUTIERREZ J., MOJICA H., QUINTERO L. 2003. Evaluación del crecimiento de alevinos de cachama blanca *Piaractus brachypomus* con el uso de un probiótico. Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos Facultad de Veterinaria y Zootecnia Informe de campo, Villavicencio – Meta. Documento PDF. p 7-10 [Visitado mayo 2011]. Disponible en:  
<http://200.75.42.3/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/Anexo16.ResumenesENICIP2009p487-548.pdf>

HAARD y J.L. HASSAN T.E 1985. Biological fermentation of fish waste for potential use in animal and poultry feeds. *Agricultural wastes*, 15:1-15. . [Citado 03 febrero de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.fao.org/ag/AGa/AGAP/FRG/APH134/cap2.htm>

HARDY, R. Understanding and using apparent digestibility coefficients in fish nutrition. *Aquaculture Magazine* May/June. 1997; Jobling M. *Fish Bioenergetics*. Chapman & Hall, London; 1993 [Visitado abril 2011]. Disponible en: <http://www.freepatentsonline.com/article/Canadian-Journal-Fisheries-Aquatic-Sciences/167778035.html>

HERNANDEZ A. *et al.* 1992. Estado actual del cultivo de *Colossoma* y *Piaractus* en Brasil, Colombia, Panamá, Perú, y Venezuela. *Biol. Red de Acuicultura*, 6(3-4):3-28. [Visitado enero 2011]. Disponible en: <http://www.siamazonia.org.pe/archivos/publicaciones/amazonia/libros/47/texto06>.

HOYOS, J. L. 2009. Valoración técnica económica de los subproductos obtenidos del proceso de transformación de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en la represa "La Salvajina", mediante el proceso de ensilaje, incluyéndolos en un programa de aprovechamiento de residuos sólidos para la disminución de los costos de producción. Documento de trabajo. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

ITP (1999). Fundamento de la Tecnología del Ensilado. I Curso Nacional de Procesamiento de Ensilado de Pescado. UE-VECEP/ITP. Callao. Presentación power point. (Visitado 2010, Diciembre 3). Disponible en Internet: <http://www.ingpesquera.com/Flash/tecnologia.pdf>

JOBLING M. 1993. Salmon aquaculture In: Nutrition, diet formulation and feeding practices. In Heen K, Monahan R y Utter F. (Eds). Published in the United States and Canada by Halsted Press, an Imprint of John Wiley & Sons, New York. pp. 83-126. [Visitado mayo 2011]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2002/fad224s/doc/fad224s.pdf>

LESSI, E. (1994): Ensilaje de pescado en Brasil para la alimentación animal. Tratamiento y utilización de los residuos de origen animal, pesquero y alimentario en la alimentación animal. Memorias del Taller Regional organizado por el Instituto de Investigaciones Porcinas y la FAO. Habana, Cuba. 29-39 pp.

LIBRO BLANCO DE LA ACUICULTURA EN ESPAÑA. .Publicado por la Secretaría General de Pesca Marítima. Ministerio de Pesca, Agricultura y Alimentación (AAS). Año 2001. (Visitado 2010, julio 23). [En línea] [Documento PDF].URL Disponible en: <http://www.ingenierosnavales.com/docurevista>

LINDGREN, S. y PLEJE, M. 1983. Silage fermentation of fish or fish waste product with lactic acid bacteria. Journal of the Sc. of Food Agric. 34:1057-1067. [Citado en 24 de noviembre de 2010]. Disponible en Internet: <http://www.fao.org/ag/AGa/AGAP/FRG/APH134/cap2.htm>

LLANES, José E, BORQUEZ, Aliro, TOLEDO, José *et al.* Digestibilidad aparente de los ensilajes de residuos pesqueros en tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). Zootecnia Trop. [On line]. dic. 2010, vol.28, no.4 [citado 06 Septiembre 2011], p.499-506. Disponible en la World Wide Web: <[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692010000400006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692010000400006&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0798-7269.

LLANES, J. (2003): Producción y utilización de ensilado de pescado en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis spp.*). Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Biología Marina con mención en Acuicultura. Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana. [Citado 2011-02-07]. Disponible en: <http://www.plusformacion.com/Recursos/r/Utilizacion-ensilados-quimicos-alimentacion-los-peces>

LLANES, J.; TOLEDO, J. y LAZO DE LA VEGA, J.. Comportamiento del bagre africano (*Clarias gariepinus*) alimentado con dieta semi-húmeda, basada en ensilado biológico de pescado. Revista Cubana de Ciencia Agrícola [en línea] 2008, vol. 42 [citado 2011-04-07]. Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=193015504008>.

MANCA. Emilio.1986. Elaboración de ensilados de origen biológico. Posibilidades de desarrollo en la Argentina. Disponible en: [http://www.Adeformosa.org.ar/templates/media/Pdf/elaboración %20de%20 ensilados %20de %20 origen %20 biológico.pdf](http://www.Adeformosa.org.ar/templates/media/Pdf/elaboración%20de%20ensilados%20de%20origen%20biológico.pdf)

MARTINEZ M. 1984. Cultivo de la especie del género *Colossoma* en América Latina. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Venezuela FAO–VOL. 20, NUM. 4, 2002, PP.

449-459. [Visitado mayo 2011]. Disponible en:  
<http://WWW.TSPACE.LIBRARY.UTORONTO.CA/HTML/1807/21395/ZT02028.HTML>

MERINO, M, GOMEZ D, SALAZAR G, 2006. Guía Práctica de Piscicultura en Colombia, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural –INCODER, Bogotá D.C. P. 43-48.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. [En línea] Página Web versión HTML [Consultado marzo de 2010] Disponible en:  
<[http://www.agrocadenas.gov.co/inteligencia/documentos/em\\_tilapia\\_trucha/](http://www.agrocadenas.gov.co/inteligencia/documentos/em_tilapia_trucha/)>

MORA, J. A. 1994. Cultivo de *Colossoma macropomum* en jaulas flotantes en el embalse El Pao-La Balsa, estado Cojedes. Tesis de maestría. Universidad Simón Bolívar. Sartenejas, Edo, Miranda. 266 p. documento PDF. [Visitado junio 2011]. Disponible en:  
<http://www.ucla.edu.ve/dagronom/piscicultura/textoref7.pdf>

MORAES *et al.*, Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS. Brasil. 2006 [Visitado abril 2011]. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v30n6/a24v30n6.pdf>

MUESES J.J, OSPITIA R.A 2010. Evaluación de la eficiencia en tres densidades de siembra de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en jaulas flotantes durante la etapa inicial en el embalse de la Salvajina - municipio de Suarez. Publicación Trabajo de grado. Universidad del Cauca, Popayán

MURILLO, P, R, G- Lozano Sandra Esmeralda, Ortiz-González Arwin René.1996. Alimentación de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en fase de levante, utilizando ingredientes de la región del Ariari. Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos, Villavicencio – Meta, Documento PDF [en línea], disponible en:  
[http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS\\_VALIDAS/pdfs/Murillo](http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/pdfs/Murillo).

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2001. (Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos). Tablas de alimentación animal. Rev. 7. Ed. Natl. Acad. Ciencia., Washington, DC. Disponible en: [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=9825](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=9825)

OJUNJI J.O. y WIRTH M. (2001). Alternative protein sources as substitutes for fishmeal in the diet of Young Tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn). J. Aqua-Bamidgeh, 53(1):34-4

ORTIZ M. Mejoramiento de la producción piscícola en la finca campesina. Documento [PDF], [En línea], [Visitado junio 2011]. Disponible en:



[http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_si2/20061127164831\\_Mejoramiento%20produccion%20piscicola%20tilapia.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061127164831_Mejoramiento%20produccion%20piscicola%20tilapia.pdf)

PADILLA, P. (1995) Técnica del ensilado biológico de residuos de pescado para ración animal. [En línea]. s.l. Zoetecnocampo, Página Web versión HTML [citado en 5 septiembre de 2010]. Disponible en Internet: en <<http://www.zoetecnocampo.com/jump/publicaciones/folias/folia208.pdf/>

PALMIRA PÉREZ; PEREIRA Manoel; MORI Luis. Influencia del ensilado biológico de pescado y pescado cocido en el crecimiento y la composición corporal de alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*). Folia amazónica vol. 8(2)-1996 Iiap 91 Página Web versión HTML [citado en 25 septiembre de 2010]. Disponible en Internet: [http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CD/documentos/Folia8\\_2.pdf](http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CD/documentos/Folia8_2.pdf)

PEREZ J. et al.1985. Tecnología de producción de alimento semi-húmedo a base de ensilados de residuos pesqueros en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). (Visitado 2011, febrero 3). [Documento PDF]. URL. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

PRADA C. 1982. Densidades y niveles de suministro de alimento en el cultivo de cachama (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) Bioagro, (2): 7-25. Extraído de Evaluación de dos dietas comerciales sobre el crecimiento del híbrido de *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*. Disponible en: <https://tspace.library.utoronto.ca/html/1807/21395/zt02028.html>

RAA, J. y GILDBERG, A. 1982. Fish silage. A review. Food Sc. and Nutrition 16(4):383-419. [Citado 03 febrero de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.fao.org/ag/AGa/AGAP/FRG/APH134/cap2.htm>.

RODRÍGUEZ H, POLO G, SALAZAR G. Calidad del agua en acuicultura continental. In: Fundamentos de Acuicultura Continental. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Documento PDF. Bogotá D.C. 1995; 85-107

SANCHEZ, Carlos. 2007. Cultivo de cachama. Acacias (Meta): Acuagrosan E.U, [En línea] [Citado el 3 septiembre de 2010]. Disponible en Internet: <http://www.acuagrosan.com>

SANTOS I, OLAYA C, SEGURA F, BRÚ S, TORDECILLA G. Relaciones talla-peso del barbul (*Pimelodus clarias* f.c. Bloch, 1785) en la cuenca del río Sinú, Colombia. Rev. MVZ Córdoba 2006; 11:62-70. [Visitado abril 2011]. Disponible en: <http://www.unicordoba.edu.co/revistas/revistamvz/MVZ-111s/111s-7.pdf>

SCHMITTOU, H. R., 1994. High density fish culture in low volume cages. Akiyama, D. (Editor). Publicado por Asociación Americana de la Soya M.I.T.A (p) No.- 518/12/92. Vol. AQ411993/7., 78 páginas. [Visitado mayo 2011]. Disponible en: <https://pisces.bpa.gov/release/documents/documentviewer.aspx?pub=A02836-1.pdf>

SENA Tolima, 2008, Manejo de peces en estanque. Piscicultura La granja. Publicado por peces La Granja Tolima, [En línea] [Citado el 24 agosto de 2011. Disponible en Internet: <http://peceslagranjatolima.blogspot.com/2008/09/g.html>

SEPULVEDA, Sofía, "Siglo XXI, Colombia: ¿Potencia en acuicultura?" En: México. 2000. Panorama Acuícola. ISSN: 0 p.12 - 13 v. Producción bibliográfica textos en publicaciones no científicas \_ Revista (magazín)

SOFIA, FAO. Roma. (2009) El estado mundial de la Pesca y la Acuicultura. [En línea] Página Web versión HTML [Consultado marzo de 2010] Disponible en: URL: [<http://www.fao.org./>](http://www.fao.org/)

TENG, S. K., CHUA, T. E., LIM, P. E., 1979. Preliminary observation on dietary protein requirement of estuary grouper *Epinephelus salmoides* (Maxwell) cultured in floating net cages. Aquaculture 15, 257–271. Metodología de parámetros productivos en especies acuícolas. Visitado el 10 febrero del 2011. Documento PDF. Disponible en: [http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion\\_acuicola/VI/archivos/A24.pdf](http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/VI/archivos/A24.pdf)

TOLEDO, J. BOTELLO, A. y LLANES, J E. 2010. Evaluación del ensilado químico de pescado en la alimentación de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) Documento PDF. Vol. 12, N° 6 Junio/2011. Visitado el 10 febrero del 2011. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

TRUJILLO J., VALENCIA O. & PUENTES R. 1989. El cultivo de la cachama en Colombia. In: Hernández A., Cultivo de *Colossoma*, primera reunión grupo de trabajo técnico. SUPEDE, COLCIENCIAS, CIID. Bogotá, p: 117–143. [Visitado mayo 2011].

VALENCIA O. & R. Puentes, 1989. El cultivo de la cachama en Colombia. y Cultivo de *Colossoma*, primera reunión grupo de trabajo técnico. SUPEDE, COLCIENCIAS, CIID. Bogotá, p: 117–143. Boletín científico. [Visitado mayo 2011].

VALENCIA, O.; DORADO, M.P. Y OTEGA, E. (1994): Ensayo sobre la alimentación de la cachama negra (*Colossoma macropomum*) con pescado almacenado y preservado en ácidos orgánicos e inorgánicos (Fish silage). Boletín científico. INPA (2).

VIANA, M.T.; LUS, M.L.; ZAUL, G.E. Y MENDEZ, E. (1996): The use of silage made from fish and abalone viscera as an ingredient in abalone feed. *Aquaculture*. 140: 87-98. [Citado diciembre de 2010]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos39/alimentacion-peces/alimentacion-.shtml>

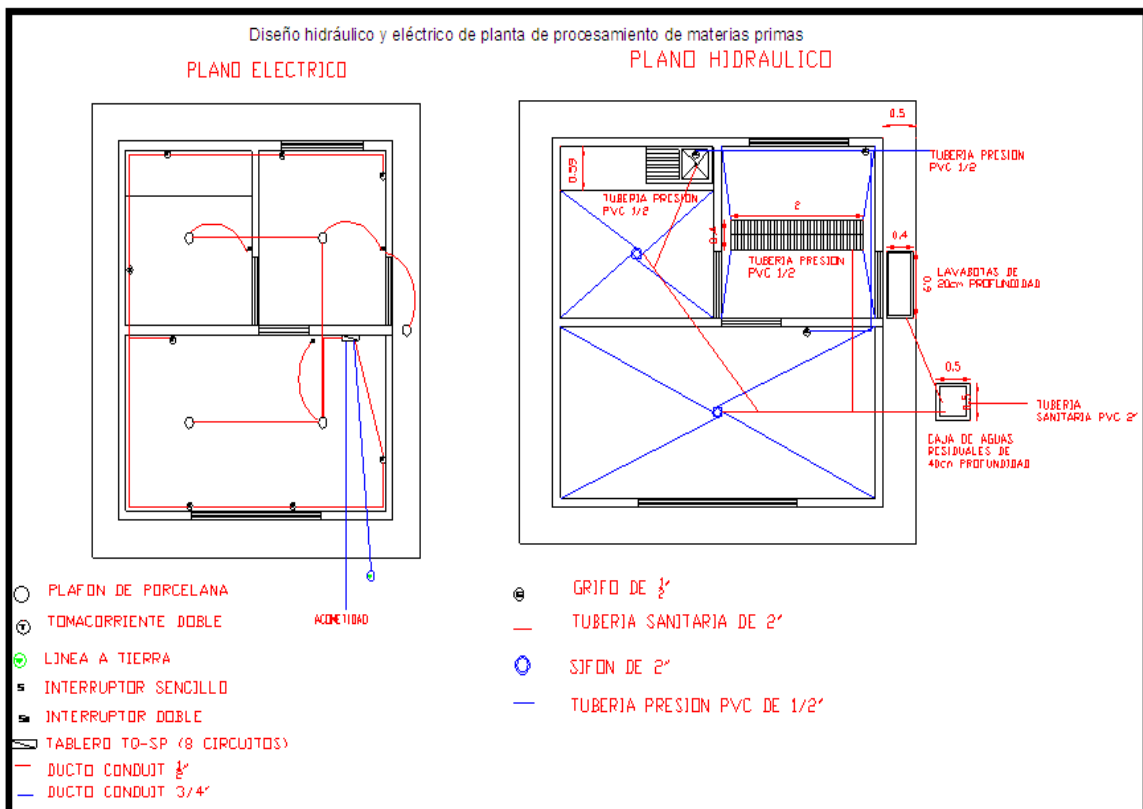
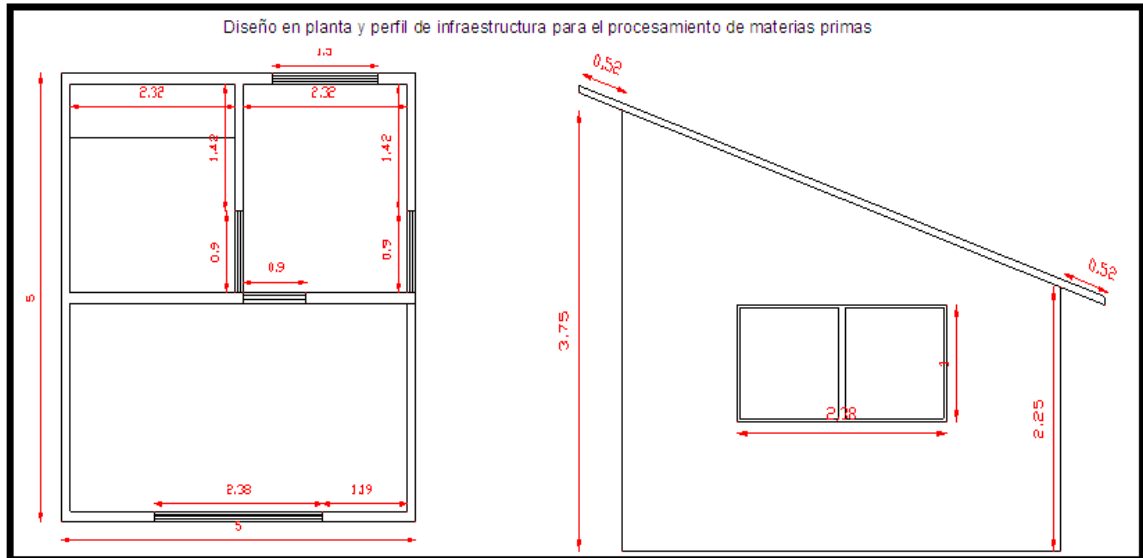
VIANA, M.T., NOVA, C. y SOLANA-SANSORES, A. 1993. Acid fish silage. Effect of preheating and addition of phosphoric and citric acid on the biochemical quality of fish silage. *Ciencias del Mar*, 19:415-433. (Visitado 2010, Diciembre 3). [Documento PDF]. URL. Disponible en: <http://www.pigtrop.cirad.fr>

WEBSTER, C.D. Y LIM C. (2002). Introduction to fish nutrition. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing. 27 p. (Visitado 2011, Enero 3). [Documento PDF]. Disponible en: <http://www.amazon.com/Nutrient-Requirements-Feeding-Finfish-Aquaculture/dp/0851995195>

WICKI G., WILTCHIENSKY E. Y LUCHINI L. 2002. Ensilados de vísceras de pescado de río como fuente de proteína y formulas alimentarias a base de harina de soja, o de algodón, o de pluma; como sustituto total o parcial de la harina de pescado en el engorde final de pacú, en el noreste argentino. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. (Visitado 2011, Enero 3). [Documento PDF]. URL. Disponible en: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar>

ZUGARRAMURDI, A. PARIN M.A. and LUPIN H.M., 1993. Manual on Economic Engineering Applied to the Fish Industry, FAO/ government of denmark cooperative programme, Roma, p 1-276. . [Citado 03 febrero de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.fao.org/ag/AGa/AGAP/FRG/APH134/cap2.htm>

## Anexo A. Diseño de infraestructura para procesamiento de materias primas



Anexo B. Cuadro resumen de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), etapa de cría y levante

NOMBRE DE LA ESTACIÓN PISCÍCOLA     MINDALA    

JAULA No.     ESTANQUE EN TIERRA    

Fecha de Siembra:     ENERO 2 DE 2011     Cantidad de Animales Sembrados:     2000    

MUESTREO		INVENTARIO	MORTALIDAD (%)	No. PECES DE LA MUESTRA	PESO DE LA MUESTRA (gr)	PESO PROM (gr)	BIOMASA Gr/pez/día	% DE LA BIOMASA (*)	CANTIDAD ALIMENTO DÍA (gr)	NÚMERO COMIDAS	CANTIDAD POR COMIDA (gr)	C.A (**)
Nº	Fecha											
1	Ene. - 2	2000	0	200	60	0.3	0.033	13.87	66	8	8.25	X
2	Ene. - 17	1994	0.3	200	940	4.7	0.40	8.24	798	6	133	0.99
3	Feb. - 1	1990	0.5	200	2020	10.1	0.72	7.19	1433	6	239	1.11
4	Feb. - 16	1990	0.5	200	6240	31.2	1.58	5.45	3144	4	786	1.04
5	Mar. - 1	1990	0.5	200	9320	46.6	1.97	4.25	3920	4	980	1.79
6	Mar. - 17	1990	0.5	200	12060	60.3	2.33	3.88	4637	4	1160	2.38
7	Abr. - 2	1990	0.5	200	17880	82.5	4.82	5.85	9591	3	3197	1.57

(\*) Solla. Tabla Alimentación para Cachama a 28°C. Manual del Productor Especies de Aguas Cálidas.

(\*\*) C. A. = Conversión alimenticia

Anexo C. Balance concentrado en base a inclusión de ensilaje de vísceras de pescado para tilapia roja (*Oreochromis sp*) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Etapa engorde

Materias Primas	Q	PC		ENERGÍA Mcal/Kg.		Ca		P		GRASA		FIBRA	
		%	Q	%	Q	%	Q	%	Q	%	Q	%	Q
Ensilaje Vísceras	60	20.14	12.08	4.6	2.76	2.3	1.38	2.03	1.22	8	4.80	2.42	1.45
Torta de Soya	25	48	12.0	3.36	0.84	0.3	0.08	0.58	0.15	4	1.00	4	1.00
Harina de Yuca	10	3	0.30	3.35	0.34	0.15	0.02	0.12	0.01	1.3	0.13	1.8	0.18
Melaza	2	0.02	0.00	2.54	0.05	0.6	0.01	0.02	0.00	0.2	0.00	0.4	0.01
CaCO <sub>3</sub>	1					35	0.35						
Bentonita	1												
Pre mezcla	1												
<b>TOTAL</b>	100		24.38		3.99		1.83		1.38		5.93		2.64
<b>Requerimientos</b>	100		24		2.98		1.20		0.90		6.00		3.50
<b>Balance</b>	0		+ 0.38		+ 1.01		+ 0.63		+ 0.48		- 0.07		- 0.86

Anexo D. Costos materias primas para producir un bulto de concentrado en base a ensilaje (40 Kg)

<b>MATERIAS PRIMAS</b>	<b>kg</b>	<b>%</b>	<b>kg/bulto</b>	<b>Costo (\$/kg)</b>	<b>Subtotales (\$)</b>
Torta de soya	40	25	10	1.617	16.170
Harina de yuca	40	10	4	630	2.520
Núcleo (Vitaminas + minerales + aminoácidos)	40	1	0,4	27.000	10.800
Melaza	40	2	0,8	567	453,6
CaCo <sub>3</sub>	40	1	0,4	1.000	400
Bentonita	40	1	0,4	1.000	400
Ensilaje	40	60	24	600	14.400
				<b>TOTAL (\$)</b>	<b>45.143,6</b>
				<b>COSTO (\$/kg)</b>	<b>1.129</b>

Presupuesto Abril de 2011.