

# Efecto de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) sobre el desempeño productivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*)

## Effect of the Sacha Inchi cake (*Plukenetia volubilis*) on productive perform of red tilapia fry (*Oreochromis sp.*)

## Efeito da torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) sobre o desempenho produtivo de juvenis de tilapia vermelha (*Oreochromis sp.*)

Ricardo Alejandro Miranda-Gelvez<sup>1</sup>, Camilo Ernesto Guerrero-Alvarado<sup>2</sup>

**Forma de citar:** R. A. Miranda-Gelvez, C. E. Guerrero-Alvarado, “Efecto de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) sobre el desempeño productivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*)”, *Respuestas*, vol. 20, no. 2, pp. 82-92, 2015.

Recibido:  
Diciembre 12 de 2014

Aceptado:  
Junio 5 de 2015

### Resumen

**Antecedentes:** El cultivo de Sacha Inchi (*P. volubilis*) viene siendo desarrollado en la selva amazónica peruana y en Colombia se cultiva principalmente en el departamento del Putumayo. Hoy en día existen propuestas de su implementación en la región del Catatumbo Norte Santandereano. **Objetivo:** En este estudio se evaluó el efecto de la inclusión de Torta de Sacha Inchi (TSI) (*Plukenetia volubilis*), como fuente de proteína en dietas para juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). **Metodología:** Fueron preparadas cuatro dietas experimentales en las cuales se incluyó la TSI, como sustituto parcial de la harina de pescado en los siguientes porcentajes 0%, 5%, 10% y 20%. Fueron utilizados 144 juveniles de tilapia con peso inicial de  $5,8 \pm 0,9$  g, los cuales fueron alimentados con ocho raciones diarias durante 55 días para evaluar: ganancia de peso (GP), conversión alimenticia (CA), tasa específica de crecimiento (TEC), tasa de eficiencia proteica (TEP), índice hepatosomático (IHS) y porcentaje de sobrevivencia (%S). **Resultados:** Los resultados no evidenciaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en ninguna de las dietas para CA y %S. Sin embargo, los parámetros: GP, TEC, TEP y IHS presentaron valores significativamente elevados para inclusiones de 0, 5 y 10%, difiriendo estadísticamente ( $p < 0,01$ ) del nivel inclusión de 20%. **Conclusión:** Se concluye que *P. volubilis* puede sustituir la harina de pescado hasta en un nivel de 10% de inclusión.

**Palabras clave:** Harina de pescado, Índice hepatosomático, Nutrición de peces, Piscicultura, Sobrevivencia.

### Abstract

**Background:** The cultivation of Sacha Inchi (*P. volubilis*) has been developed in the Peruvian Amazon and in Colombia is grown mainly in the Department of Putumayo. There are proposals nowadays for implementation of this crop in the Catatumbo region (Norte de Santander). **Objective:** This study assessed the effect of Sacha Inchi cake (SIC) (*Plukenetia volubilis*) inclusion as a source of protein in diets for juveniles of red tilapia (*Oreochromis sp.*). **Methodology:** four experimental diets including SIC as a partial substitute of fishmeal were prepared in the following percentages: 0%, 5%, 10% and 20%. 144 juvenile tilapia with initial weight of  $5.8 \pm 0.9$  g were used, being fed with eight daily rations during 55 days to assess: weight gain (WG), feed conversion (FC), specific growth rate (SGR), protein efficiency ratio (PER), hepatosomatic index (HI) and survival rate

<sup>1</sup>Ingeniería Pecuaría  
ricardoalejandromg@gmail.com  
ORCID: 0000-0002-3934-878X  
Universidad Francisco de Paula  
Santander  
Cúcuta-Colombia

<sup>2</sup>Doctorado en Acuicultura  
camiloernestoga@ufps.edu.co  
ORCID: 0000-0003-0527-8020  
Universidad Francisco de Paula  
Santander  
Cúcuta-Colombia

(%S). **Results:** The results showed no significant differences ( $p > 0.05$ ) in any of the diets for FC and %S. However, the parameters: WG, SGR, PER and HI had significantly higher values for inclusions of 0,5 and 10%, being statistically different ( $p < 0.01$ ) from the 20% inclusion level. **Conclusion:** It is concluded that *P. volubilis* can replace fish meal up to a 10% level of inclusion.

**Keywords:** Fishmeal, Hepatosomatic Index, Pisciculture, Nutrition, Fish, Survival.

### Resumo

**Antecedentes:** O cultivo de Sacha Inchi (*P. volubilis*) vem sendo desenvolvido na floresta amazônica peruana e na Colômbia se cultiva principalmente no estado do Putumayo. Hoje em dia existem propostas de sua implementação na região do Catatumbo Norte Santandereano. **Objetivo:** Neste estudo se avaliou o efeito da inclusão de Torta de Sacha Inchi (TSI) (*Plukenetia volubilis*), como fonte de proteína em dietas para juvenis de tilapia vermelha (*Oreochromis sp.*). **Metodologia:** Foram preparadas quatro dietas experimentais nas quais se incluiu a TSI, como substituto parcial da farinha de peixe nas seguintes porcentagens 0%, 5%, 10% y 20%. Foram utilizados 144 juvenis de tilapia com peso inicial de  $5,8 \pm 0,9$  g, os quais foram alimentados com oito refeições diárias durante 55 dias para avaliar: ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA), taxa específica de crescimento (TEC), taxa de eficiência proteica (TEP), índice hepatossomático (IHS) e porcentagem de sobrevivência (%S). **Resultados:** Os resultados não evidenciaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) em nenhuma das dietas para CA e %S. Porém, os parâmetros: GP, TEC, TEP e IHS apresentaram valores significativamente elevados para inclusões de 0, 5 y 10%, diferindo estatisticamente ( $p < 0,01$ ) do nível inclusão de 20%. **Conclusão:** Conclui-se que *P. volubilis* pode substituir à farinha de peixe até num nível de 10% de inclusão.

**Palavras-chave:** Farinha de peixe, Índice hepatossomático, Nutrição de peixes, Piscicultura, Sobrevivência.

## 1. Introducción

La piscicultura colombiana se ha desarrollado intensamente en las últimas décadas, debido en gran parte al potencial del recurso acuático que posee el país, a la tecnología empleada en la elaboración de las raciones y a las técnicas de cría utilizadas. La especie más cultivada es tilapia roja (*Oreochromis sp.*) por sus cualidades de producción y aceptación en el mercado [1]. El costo para mantener constante la producción de pescado es considerado todavía muy elevado por la mayoría de los piscicultores. El mayor rubro de los costos de producción en nuestro país está representado por el alimento balanceado, llegando a más del 50% de los costos totales [2], [3]. Ese menor o mayor costo del alimento concentrado depende del nivel de exigencia proteica de la especie y del nivel de inclusión en las dietas [4]. Actualmente, existe una tendencia mundial de los investigadores en la búsqueda

de alternativas para la sustitución de fuentes proteicas de alto costo en la ración (harina de pescado y harina de soya), por ingredientes o mezclas que resulten más baratas pero con el mismo perfil nutricional [3], [5], [6], [7].

Los ingredientes proteicos de origen vegetal son los que presentan menor costo por existir en mayor abundancia en Colombia, por eso, son atractivos para la industria de alimentos concentrados para peces. Sin embargo, uno de los obstáculos para la inclusión de estos ingredientes de origen vegetal en la alimentación de peces, es la calidad de la proteína y específicamente el perfil de aminoácidos [4]. La torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) es un ingrediente de uso potencial en la alimentación de las tilapias y otros peces. Es un subproducto de la industria alimentaria, obtenido a partir de la extracción de aceite de semillas de Sacha Inchi (*P. volubilis*), el cual posee un alto contenido

proteico y adecuado perfil de aminoácidos [8], [9].

El cultivo de Sacha Inchi (*P. volubilis*) se viene especialmente desarrollando en la selva amazónica peruana; en Colombia se cultiva en el departamento del Putumayo [10] y existen propuestas de implementación en la zona del Catatumbo Norte Santandereano [11]. La evaluación de fuentes alternativas de proteína provee a los tilapicultores y nutricionistas información acerca de la utilidad de dichas fuentes, así como de sus niveles de inclusión para la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) [3]. Por lo tanto, la presente investigación evaluó los parámetros de desempeño productivo y la tasa de sobrevivencia de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) alimentados con dietas en las que se incluyó la torta de Sacha Inchi (*P. volubilis*) en los niveles de (0, 5, 10 y 20%) como sustituto parcial de la harina de pescado.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Peces y condiciones experimentales

El experimento fue desarrollado en el laboratorio de Nutrición de Peces del Centro de Investigaciones Agrarias y Ambientales de la Universidad Francisco de Paula Santander, ubicado en el Municipio de Los Patios, Departamento de Norte de Santander, Colombia. Fueron seleccionados 144 juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con peso de promedio de  $5,8 \pm 0,9$  g, obtenidos a partir del levante de 400 juveniles masculinizados provenientes de un mismo desove con un peso promedio de  $170 \pm 30$  mg, adquiridos de una piscícola localizada en el Departamento del Meta. Antes del inicio del experimento, todos los peces fueron alimentados *Ad libitum* 8 veces al día con ración que contenía 47% de proteína bruta (PB) por un periodo de 40 días. Posteriormente, se suministró ración de 40% de PB por un periodo de 16 días. Al final de esta fase (56 días), los peces fueron contados y pesados; y luego clasificados en las siguientes categorías de peso: pequeños ( $3,24 \pm 0,51$  g), medianos ( $5,8 \pm 0,9$  g) y grandes ( $9,2 \pm 0,8$  g), los peces medianos fueron seleccionados

por su homogeneidad para el montaje final del experimento.

Fueron utilizados 16 acuarios de vidrio de 5 mm de grosor, cada uno con dimensiones de 45 cm de alto, 50 cm de ancho y 60 cm de largo, con capacidad total de 135 L. Los acuarios fueron mantenidos con volumen de 105 L de agua, con aireación continua y filtración con cartucho de guata y carbón activado (filtro Resun® HF-2001). Durante los 55 días de experimentación se mantuvo un fotoperiodo natural de (12 h luz: 12 h oscuridad). Los acuarios fueron sifonados diariamente para la limpieza, retirada de las heces y renovación del 20% del volumen total de agua (aprox. 21 L). El agua utilizada para los acuarios provenía del sistema de acueducto del Municipio de Los Patios, Norte de Santander. Durante el experimento, fueron monitoreados los siguientes parámetros fisicoquímicos del agua: diariamente la temperatura y pH mediante usando un pHmetro Hanna® y semanalmente el oxígeno disuelto ( $O_2$  mg/L), el amonio no ionizado ( $NH_3$  mg/L), la dureza total ( $CaCO_3$  mg/L), la alcalinidad ( $CaCO_3$  mg/L), el dióxido de carbono ( $CO_2$  mg/L) y el cloro (Cl mg/L), utilizando el kit de análisis de calidad de agua para acuicultura Hach® Modelo FF-1<sup>a</sup>. Los valores hallados de los parámetros fisicoquímicos del agua fueron homogéneos ( $p > 0,05$ ) entre los acuarios donde se mantuvieron los peces. Los valores promedio fueron: temperatura  $27,24 \pm 0,22^\circ C$ , pH  $7,56 \pm 0,07$ , oxígeno disuelto  $7,00 \pm 0,76$   $O_2$  mg/L, amonio no ionizado  $0,01 \pm 0,00$   $NH_3$  mg/L, dureza total  $152,93 \pm 12,94$   $CaCO_3$  mg/L, alcalinidad  $108,00 \pm 24,01$   $CaCO_3$  mg/L, dióxido de carbono  $11,67 \pm 2,89$   $CO_2$  mg/L y cloro  $277,50 \pm 73,05$  Cl mg/L. Estos valores permanecieron dentro de los rangos recomendados para el cultivo de las tilapias.

### 2.2 Dietas experimentales y alimentación de los peces

Los ingredientes usados en este experimento fueron obtenidos de proveedores comerciales

nacionales. Los análisis de composición proximal (Tabla I) fueron realizados para cada uno de los ingredientes y usados para la formulación de las dietas.

Tabla I. Composición proximal de los ingredientes incluidos en las dietas experimentales<sup>1</sup>

Ingrediente	Materia Seca (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Fibra cruda (%)	Ceniza (%)
Harina de avena	98,7	16,9	11,0	10,6	1,6
Harina de maíz amarillo	93,0	7,8	0,5	1,7	0,7
Harina de moringa	93,5	21,0	2,3	15,8	7,5
Harina de pescado	96,6	54,3	8,1	0,0	21,8
Torta de Sacha Inchi	91,7	36,4	11,4	2,3	4,8
Harina de soya	92,5	42,9	1,2	5,8	6,3
Harina de trigo	92,4	11,0	0,2	2,3	0,7
Salvado de trigo	92,0	15,6	3,0	10,4	5,7
Harina de yuca	92,8	2,4	0,1	5,4	0,2
Aceite de maíz	----	----	99,0	----	----

<sup>1</sup>Promedio de dos réplicas

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal y Análisis de Alimentos, 2014

Basados en la composición nutricional, fueron formuladas cuatro dietas experimentales: La dieta 1 (Dieta control), sin nivel de inclusión de torta de Sacha Inchi (TSI) y 30% de Harina de Pescado (HP); la dieta 2 con un nivel de 5% de TSI y 25% de (HP); la dieta 3, con un nivel de 10% de TSI y 20% de (HP) y la dieta 4 con un nivel de 20% de TSI y 10% de (HP). La formulación y composición proximal de las dietas experimentales, son presentadas en la Tabla II.

Los ingredientes de cada una de las dietas fueron pesados individualmente y molidos,

posteriormente, fueron mezclados en seco, continuando con la adición de aceite de maíz y un 40% de agua. Obtenida la mezcla homogénea, se elaboraron los pellets, mediante el uso de un molino para carne. Los pellets fueron extendidos en bandejas procediendo al secado en una estufa a 55°C durante 24 horas. Las cuatro dietas formuladas fueron almacenadas en el refrigerador a 5°C. Los pellets se fraccionaban en diferentes diámetros, ajustándose al tamaño de la boca de los peces.

Tabla II. Formulación y composición proximal de las dietas experimentales incluyendo niveles de inclusión de 0, 5, 10 y 20% de torta de Sacha Inchi (*P. volubilis*) como sustituto parcial de la harina de pescado en dietas para juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*)

Dietas	Porcentaje (%) de inclusión de torta de sachá inchi			
	0	5	10	20
<i>Ingrediente</i>				
Harina de avena	0,00	3,65	3,85	3,50
Harina de maíz amarillo	2,00	2,00	0,80	0,10
Harina de moringa	28,00	26,00	26,00	23,50
Harina de pescado	30,00	25,00	20,00	10,00
Torta de Sacha Inchi	0,00	5,00	10,00	20,00
Torta de soya	27,50	31,50	32,70	39,70
Harina de trigo	2,00	0,45	0,00	0,00
Salvado de trigo	3,00	0,00	0,00	0,00
Harina de yuca	1,40	0,00	0,00	0,00
Aceite de maíz	5,00	4,40	4,30	2,20
Premix Vitamínico-Mineral <sup>1</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00
Sal común	0,10	1,00	1,35	0,00
<i>Composición proximal (%)</i>				
Humedad	3,64	3,98	3,49	3,06
Proteína bruta	28,71	27,25	27,64	28,60
Extracto etéreo	9,15	9,37	8,99	9,23
Fibra bruta	7,19	6,59	7,87	7,43
Materia mineral	12,37	11,71	11,42	10,38
Extracto no nitrogenado	38,94	41,10	40,59	41,30
Carbohidratos <sup>2</sup>	46,13	47,69	48,46	48,73
Energía bruta <sup>3</sup> (Kcal/kg)	4.379	4.380	4.398	4.487
Relación Energía:Proteína (Kcal EB/g de PB)	438:29	438:27	440:28	449:29

<sup>1</sup>Premix Vitamínico mineral; <sup>2</sup>Carbohidratos = (fibra bruta + extracto no nitrogenado),

<sup>3</sup>Energía bruta = ponderada aritméticamente.

Fuente: Autores

Los peces fueron alimentados durante 55 días consecutivos, con una frecuencia de 8 veces/día, en los horarios de: 8:30, 9:30, 10:30, 11:30, 13:30, 14:30, 15:30 y 16:30. La

cantidad de alimento ofrecido diariamente se calculó con base en la biomasa del conjunto de peces, siguiendo la recomendación de la fábrica de alimento balanceado (Tabla III).

Tabla III. Descripción de las biometrías realizadas, peso promedio (g) y tasa de alimenticia (%)

Biometría (N°)	Semana (N°)	Peso promedio (g) <sup>1</sup>	Tasa alimenticia (%) <sup>2,3</sup>
1	1	5,79 ± 0,89	4,3
2	4	9,54 ± 2,16	3,9
3	5	11,94 ± 3,58	3,6
4	6	14,78 ± 6,34	3,6
5	7	17,4 ± 5,95	3,6
6	8	21,0 ± 6,15	3,0
7	9	22,7 ± 8,36	-

<sup>1</sup> Balanza analítica Boeco® 0.0001 g de sensibilidad

<sup>2</sup> Tasa de alimentación acorde a recomendación de la fábrica de alimento balanceado

<sup>3</sup> Ración distribuida en una frecuencia de 8 veces / día

Fuente: Autores

### 2.3 Análisis bromatológicos

Los análisis químicos de los ingredientes y de las dietas experimentales fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición y Análisis de Alimentos, adscrito al Departamento de Ciencias Pecuarias de la Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente – UFPS. Los análisis de % de materia seca (MS), % de proteína bruta (PB), % de extracto etéreo (EE) y % materia mineral (MM) se determinaron según [12], [13]. El contenido de materia seca (MS) fue determinado sometiendo las muestras en estufa a 105°C por 16 horas. El contenido de proteína bruta (PB) fue calculado por el contenido de nitrógeno total, determinado por el método de Kjeldahl y multiplicado por el factor 6,25. El extracto etéreo (EE) fue analizado después de extracción en (Soxhlet), teniendo como solvente el éter de petróleo (punto de ebullición 30 – 60 °C), con reflujo continuo a través de la muestra, durante 5 horas. La concentración de materia mineral (MM) fue determinada carbonizando las muestras en mufla a 500°C por 3 horas. La energía bruta (EB) fue ponderada aritméticamente, usando la metodología utilizada por [4].

### 2.4 Análisis económico

Teniendo en cuenta que el costo de las dietas dependió del contenido de torta de

Sacha Inchi (*P. volubilis*), se calculó el costo requerido para producir 1 Kg de biomasa. La Tasa de Conversión Económica (TCE) fue calculada con la siguiente ecuación: TCE = Costo del alimento x Conversión Alimenticia. El costo de cada dieta fue determinado al multiplicar las respectivas contribuciones de cada ingrediente alimenticio por su respectivo costo por Kg y sumando los valores obtenidos de todos los ingredientes en cada una de las dietas formuladas [14].

### 2.5 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 4 dietas experimentales y 4 repeticiones. Cada unidad experimental consistió en 9 peces/acuario (11,66 L/pez). Los resultados fueron expresados como promedios ± desviación estándar. Los valores expresados en porcentaje fueron previamente transformados en  $\sqrt{x}$ . Todos los datos fueron sometidos a Análisis de Varianza ANOVA. Cuando ocurrieron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ), los grupos de promedios fueron comparados con la prueba de Tukey. Todos los análisis estadísticos fueron desarrollados usando SPSS 19,0.

**3. Resultados y análisis**

**3.1 Desempeño productivo y tasa de sobrevivencia**

La conversión alimenticia (CA) y la tasa de sobrevivencia (TS), no mostraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre tratamientos. Las dietas con niveles de inclusión de 0, 10 y 20% de torta de Sacha Inchi (*P. volubilis*) (tratamientos 1, 3 y 4), presentaron 100% de sobrevivencia, mientras que la inclusión del 5% de torta de Sacha Inchi presentó un valor de  $94,44 \pm 6,4\%$ . Las variables peso final (PF), ganancia de peso (GP), tasa específica de

crecimiento (TEC), tasa de eficiencia proteica (TEP) e índice hepatosomático (IHS) para las dietas con niveles de inclusión de 0, 5 y 10% de torta de Sacha Inchi, no presentaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre sí; aunque, fueron superiores ( $p < 0,01$ ) a la dieta con nivel de inclusión del 20% de TSI. En la Tabla IV pueden observarse los valores promedios con desviación estándar de los índices de desempeño productivo observados durante la cría de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) alimentados con dietas conteniendo niveles de inclusión de 0, 5, 10 y 20% de torta de Sacha Inchi (*P. volubilis*).

Tabla IV. Índices de desempeño productivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) alimentados con dietas conteniendo cuatro niveles de inclusión de torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*)

Índices <sup>1</sup>	Inclusión de torta de Sacha Inchi (%)			
	0	5	10	20
Peso inicial (PI) (g)	5,79 ± 0,89 <sup>a</sup>	5,79 ± 0,89 <sup>a</sup>	5,79 ± 0,89 <sup>a</sup>	5,79 ± 0,89 <sup>a</sup>
Peso final (PF) (g)	24,44 ± 0,75 <sup>a</sup>	23,56 ± 1,38 <sup>a</sup>	23,57 ± 0,75 <sup>a</sup>	19,88 ± 1,33 <sup>b</sup>
Ganancia de peso (GP) (g) <sup>2</sup>	18,65 ± 0,75 <sup>a</sup>	17,77 ± 1,38 <sup>a</sup>	17,78 ± 0,75 <sup>a</sup>	14,09 ± 1,33 <sup>b</sup>
Ganancia de peso (GP%) <sup>3</sup>	322,01 ± 13,04 <sup>a</sup>	306,84 ± 23,87 <sup>a</sup>	307,07 ± 12,91 <sup>a</sup>	243,25 ± 22,93 <sup>b</sup>
Ganancia de peso diaria (mg día <sup>-1</sup> pez <sup>-1</sup> ) <sup>4</sup>	339,02 ± 13,73 <sup>a</sup>	323,05 ± 25,13 <sup>a</sup>	323,30 ± 13,59 <sup>a</sup>	256,10 ± 24,14 <sup>b</sup>
Consumo de alimento individual (g pez <sup>-1</sup> ) <sup>5</sup>	23,20 ± 0,03 <sup>a</sup>	23,20 ± 0,03 <sup>a</sup>	23,20 ± 0,03 <sup>a</sup>	23,20 ± 0,03 <sup>a</sup>
Consumo alimento día ind. (mg pez <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> ) <sup>5</sup>	421,86 ± 0,7 <sup>a</sup>	421,86 ± 0,7 <sup>a</sup>	421,86 ± 0,7 <sup>a</sup>	421,86 ± 0,7 <sup>a</sup>
Conversión alimenticia (g / g) <sup>6</sup>	1,66 ± 0,24 <sup>a</sup>	1,84 ± 0,24 <sup>a</sup>	1,93 ± 0,60 <sup>a</sup>	2,39 ± 0,51 <sup>a</sup>
Tasa específica de crecimiento (% día <sup>-1</sup> ) <sup>7</sup>	2,50 ± 0,70 <sup>a</sup>	2,43 ± 0,10 <sup>a</sup>	2,42 ± 0,06 <sup>a</sup>	2,11 ± 0,14 <sup>a</sup>
Tasa de eficiencia proteica (g/g) <sup>8</sup>	2,51 ± 0,10 <sup>a</sup>	2,39 ± 0,18 <sup>a</sup>	2,40 ± 0,10 <sup>a</sup>	1,90 ± 0,18 <sup>a</sup>
Índice hepatosomático (IHS) <sup>9</sup>	1,51 ± 0,12 <sup>b</sup>	1,63 ± 0,12 <sup>b</sup>	1,63 ± 0,13 <sup>b</sup>	2,09 ± 0,24 <sup>a</sup>
Sobrevivencia (%) <sup>10</sup>	100,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	94,44 ± 6,42 <sup>a</sup>	100,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	100,00 ± 0,00 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Valores promedio (± desviación estándar) de cuatro réplicas (9 peces por réplica); valores promedio en la misma fila con igual superíndice no presentan diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).  
<sup>2</sup> GP (g) = Peso final (g) - Peso inicial (g)  
<sup>3</sup> GP (%) =  $100 \left[ \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Peso inicial}} \right]$   
<sup>4</sup> GPD (mg/día) =  $1000 * \left[ \frac{\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}}{\text{tiempo (días)}} \right]$   
<sup>5</sup> CAD (mg/día) =  $1000 * \left( \frac{\text{consumo de alimento individual (g)}}{\text{tiempo (días)}} \right)$   
<sup>6</sup> CA (g / g) =  $\frac{\text{Consumo de alimento individual (g pez}^{-1})}{\text{Peso final (g) - Peso inicial (g)}}$   
<sup>7</sup> TEC (%/día) =  $100 \left( \frac{\ln \text{Peso final} - \ln \text{Peso inicial}}{\text{Periodo de alimentación (días)}} \right)$  donde: ln = Logaritmo natural  
<sup>8</sup> TEP (g / g) =  $\frac{\text{GP (g)}}{\text{Proteína Bruta Consumida (g)}}$   
<sup>9</sup> IHS (%) =  $100 \left[ \frac{\text{Peso del hígado (g)}}{\text{Peso del pez (g)}} \right]$   
<sup>10</sup> Tasa de Sobrevivencia (%) =  $100 - \left( \frac{N^{\circ} \text{ de peces inicio} - N^{\circ} \text{ de peces final}}{N^{\circ} \text{ de peces inicio}} \right) * 100$

Fuente: Autores

**3.2 Análisis económico**

Los costos del alimento decrecen significativamente con el incremento del nivel de TSI en las dietas. Hubo una variación de COP \$ 241 entre las dietas de alto costo (0% TSI) y la de bajo costo (20% TSI) (Tabla

V), sin embargo, la TCE reveló tendencia al aumento en los costos de alimentación, porque al incluir en la dieta la TSI, el costo de producción de 1 Kg de pez (TCE) se incrementa comparada con el grupo de peces alimentados con la dieta control (0% TSI).

Tabla V. Costo promedio por Kg de dieta y tasa de conversión económica (TCE) del cultivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) alimentados con las dietas incluyendo niveles de 0, 5, 10 y 20% de torta de Sacha Inchi (*P. volubilis*)

Inclusión Sacha Inchi ( <i>P. volubilis</i> ) (%)	Costo del alimento (Pesos/Kg)	Conversión Alimenticia	Tasa de Conversión Económica (TCE) <sup>1</sup>
0	1713	1,66	2844
5	1588	1,84	2922
10	1543	1,93	2978
20	1462	2,39	3494

<sup>1</sup>TCE (Pesos) = Costo del alimento x Conversión Alimenticia.

Fuente: Autores

### 3.3 Discusión

Las dietas para juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en las cuales se utilizó 10% de torta de Sacha Inchi (*P. volubilis*) como sustituto del 10% de la harina de pescado, no afectó el desempeño productivo de la especie, evidenciado por el resultado de las variables: ganancia de peso (GP), tasa específica de crecimiento (TEC), tasa de eficiencia proteica (TEP) e índice hepatosomático (IHS), las cuales fueron homogéneas ( $p > 0,01$ ) entre los tratamientos de inclusión de 0, 5 y 10% de torta de Sacha Inchi (*P. volubilis*). Sin embargo, los resultados observados en los juveniles que consumieron raciones con inclusión del 20% de TSI fueron menores ( $p < 0,01$ ) a los demás tratamientos, afectando negativamente el desempeño productivo de las tilapias. Durante el desarrollo del experimento se observó que los juveniles de tilapia alimentados con la dieta del 20% TSI, presentaron un comportamiento alimenticio diferente, ingiriendo con menos voracidad el alimento suministrado, hecho atribuido a la posible baja palatabilidad de esta dieta. A pesar de no haber diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para el consumo aparente entre las dietas evaluadas, pudieron verse mayores residuos de alimento en el fondo de los acuarios de la dieta que contenía 20% TSI, provocados posiblemente por el rechazo del pellet.

Fue realizada una comparación de cada uno de los índices de producción con los de otros investigadores, los cuales realizaron pruebas de sustitución alimenticia para tilapia y cachama blanca en similares condiciones experimentales.

La ganancia de peso observada fue de  $17,8 \pm 0,8$  g en la inclusión de 10% de TSI. Este dato es superior comparado con autores como: [15] 14,6 g en la inclusión de 25% de Lemna obscura en tilapias rojas (*Oreochromis sp.*); [16] quien obtuvo 8.25g al incluir 24% de harina de subproductos de yuca (*Manihot sculenta*) en tilapia nilotica; [17] 7,9g al

incluir pulpa de café en un nivel de 20%; [18]  $10,4 \pm 0,3$  g con la inclusión de 40% de soya en la dieta de tilapias genéticamente mejoradas (GIFT). Sin embargo, [19] ha hallado ganancias de peso superiores a las del presente estudio en juveniles en cachama blanca (*P. brachipomus*) de  $24,3 \pm 4,9$ g al incluir 20% de Torta de Sacha Inchi (TSI). La ganancia de peso expresada en porcentaje de peso inicial (%GP) en nivel de inclusión del 10% para este estudio fue de  $307,07 \pm 12,9$  % GP. Valor inferior a los reportados por [18] de  $466 \pm 8,1$  % GP en GIFT; [19]  $707,6 \pm 188,4$  %GP en Cachama Blanca y [20]  $1.013,5 \pm 99,0$  %GP en (*O. niloticus* x *O. aureus*). La ganancia de peso expresada en miligramos diarios por pez para esta investigación fue de  $323,3 \pm 13,6$  mg/día/pez ( $0,32$  g/día/pez) para la inclusión de 10% de TSI en juveniles de tilapia roja. Valor inferior ha sido reportado por [21],  $0,31$ g/día/pez al incluir 50% de granos secos de destilería con solvente (DDGS) suplementados con fitasa ( $0,15$ g/Kg) en dietas para tilapia negra (TN). No obstante, [16] ha hallado valor superior de  $0,42 \pm 0,03$  g/día/pez.

La tasa específica de crecimiento (%/día) determinada para las tilapias donde se incluyó 10% de TSI fue de  $2,4 \pm 0,06$ . Valores de mejor rendimiento fueron reportados: 3,5 por [21];  $2,53 \pm 0,09$  [14];  $2,76 \pm 0,17$  [18]; 5,36 por [22];  $3,53 \pm 0,29$  [19]; 2,86 [23]; 3,97  $\pm 0,14$  [20]. [24] reporta 2,12 siendo inferior al hallado.

Se determinó la tasa de eficiencia proteica para la inclusión del 10% de TSI en  $2,40 \pm 0,1$ . Valores superiores fueron reportados: 3,5 por [21]; 2,87 [24] con inclusión de hojas de yuca en juveniles de TN; 3,14 [22] con 40% de proteína concentrada de caupí (*Vigna unguiculata*) en juveniles de TN,  $2,46 \pm 0,14$  [20] con 60% de semillas de algodón libres de gopipol y 2,82 [19] 20% de inclusión de TSI en Cachama blanca. Valores menores: 1,94 [21], 1,31 [15] 1,87 [23] y 2,24 [4] en la dieta de soya suplementada con aminoácidos esenciales y fosfato dicálcico para *O. niloticus*.

Se halló que el Índice Hepatosomático (IHS) fue de  $1,63 \pm 0,13$  para la inclusión del 10% de TSI en dietas para juveniles de tilapia roja. Valores de Índice Hepatosomático superiores fueron: 1,94 [21]; 1,95 [16]; 2,63 [23] y 2,22 [20]. Índices Hepatosomáticos inferiores: 1,57 [4] en dieta a base de soya suplementada con aminoácidos esenciales y fosfato dicálcico en TN y 1,4 por [19] en cachama blanca con 20% de inclusión de TSI en la dieta. La inclusión de TSI en todas las dietas investigadas no afectó los índices de conversión alimenticia (CA) ni las tasas de sobrevivencia; todo esto evidenciado por la homogeneidad ( $p > 0,01$ ) entre los tratamientos.

La conversión alimenticia determinada en esta prueba al utilizar 20% de TSI fue de  $2,39 \pm 0,51$ , sin presentar diferencias estadísticas ( $p > 0,01$ ) con  $1,66 \pm 0,39$  logrado con solo harina de pescado (HP). Conversiones de menor rendimiento han sido reportadas por [4] 3,36 al suministrar una dieta en la que se tenía solo harina de soya como fuente proteica a juveniles de tilapia negra; [25]  $3,4 \pm 0,5$  en la inclusión de 20% de Moringa oleífera en híbridos de tilapias (*Oreochromis mossambicus x O. niloticus*). Mejores conversiones han sido reportadas por: [19]  $0,92 \pm 0,19$  en cachama blanca alimentadas con TSI al 20% de inclusión; [22] 0,8 concentrado de proteína de caupí (*V. unguiculata*) suministrado al 40% de inclusión en dietas para tilapia negra; [4] 1,26 en dieta de soya con harina de pescado (10%) y 1,36 en dieta de soya suplementada con aminoácidos esenciales y fosfato dicálcico en tilapia negra; [24] 1,29 para dietas con mezquite y hojas de yuca en tilapia negra; [20]  $1,36 \pm 0,08$  en el reemplazo de semillas de algodón libres de gossypol al 60% por HP en híbridos (*O. niloticus x O. aureus*); [21] 1,505; [16] 1,6; [17] 1,8; [18]  $1,49 \pm 0,04$ ; [13] 2,26 al incluir 25% de Lemna obscura en tilapia roja. [23] 1,78 al reemplazar el 50% de harina de soya por harina de pescado en híbridos (*O. niloticus x O. aureus*).

La sobrevivencia promedio de este estudio

fue de 98,61%, lo cual indica que la torta de sachá inchi (*P. volubilis*) (TSI) puede ser usada sin generar algún perjuicio para los juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Las condiciones ambientales y el manejo animal fueron adecuados durante el periodo experimental. En pruebas desarrolladas en tilapias por otros autores puede observarse altas tasas de sobrevivencia ([21]; [4]; [18]; [24]; [25]; Lin, 2002 y [20]. [19], al alimentar cachama blanca (*P. brachypomus*), con dietas que incluían torta de sachá inchi (*P. volubilis*) reportó una tasa de sobrevivencia del 96%.

En este estudio, la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) mostró menor desempeño productivo en términos de crecimiento al sustituir hasta un 20% de la harina de pescado por torta de Sachá Inchi, por el contrario [19] con este mismo nivel de inclusión, encontró que los juveniles de cachama blanca (*P. brachypomus*), presentan buen desempeño productivo, indicando que incluso podrían evaluarse niveles superiores. De la misma forma, [26] evaluando diferentes niveles de inclusión de harina de chachafruto (*Erythrina edulis*), en dietas para juveniles de cachama blanca (*P. brachypomus*), observó que inclusiones hasta del 20% no afectaron el desempeño productivo, ni la sobrevivencia en esta especie, evidenciando que es posible sustituir la harina de pescado y disminuir los costos del alimento balanceado.

La cachama blanca (*P. brachypomus*) es una especie perteneciente a la familia de los Characidos Amazónicos [27]; los cuales son peces omnívoros con tendencia frugívora y que tienen la capacidad de asimilar los nutrientes contenidos en frutos y semillas [28]. En nuestro caso las tilapias son de la familia de los cíclidos, con hábitos alimenticios generalmente herbívoros/omnívoros. Poseen versatilidad en cuanto a las fuentes alimenticias que consumen, pueden ser micrófagas al ingerir su alimento por medio de filtración, consumiendo plancton, algas y detritos; o macrófitas al alimentarse de plantas, pequeños insectos y crustáceos, larvas, huevos de vertebrados, detritos entre

otros recursos [3]. Es conocido que las tilapias pueden aprovechar dietas artificiales e inertes desde temprana edad.

En cuanto a los costos de producción por kilogramo de dieta, se puede observar que la inclusión de TSI en los niveles analizados reduce el costo, siendo la dieta con 20% TSI la más económica. No obstante, teniendo en cuenta los costos de alimento por Kg de carne producida (TCE); sucede lo contrario, constituyéndose la dieta control sin inclusión de TSI, como la de menor costo; hecho atribuido a la mejor conversión alimenticia (CA) presentada por los peces a los cuales se les suministró esta dieta; aunque debe considerarse que las demás dietas fueron estadísticamente homogéneas para este índice.

#### 4. Conclusiones

Esta investigación muestra que dietas para juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en las cuales se utilice hasta un 10% de torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) como sustituto de hasta el 10% de la harina de pescado, no afecta el desempeño productivo, en términos de: ganancia de peso, tasa específica de crecimiento, tasa de eficiencia proteica e índice hepatosomático.

Las dietas en las que se incluya hasta el nivel del 20% de torta de Sacha Inchi (*P. volubilis*) como sustituto de harina de pescado afectan negativamente la ganancia de peso, pero no afectan la tasa de sobrevivencia ni la conversión alimenticia en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*).

El kilogramo de alimento elaborado con la inclusión del 20% de la torta de Sacha Inchi (*P. volubilis*) presenta el menor costo de producción.

La dieta con la mejor Tasa de Conversión Económica es aquella en la que se incluye solo harina de pescado como fuente proteica (0% de inclusión de torta de Sacha Inchi).

#### 5. Agradecimientos

Al Fondo Rotatorio de Investigación y Extensión (FRIE) de la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS), por facilitar los recursos económicos (Proyecto FINU contrato No. 030-2011) para ejecución de esta investigación.

Al Grupo de Investigación en Ciencias Agronómicas y Pecuarias (GICAP), por facilitar los recursos físicos y tecnológicos para realizar este trabajo científico.

A la Tecnóloga Química, Diana Natali Galvis Mogollon auxiliar del Laboratorio de Nutrición Animal y Análisis de Alimentos, por su valiosa colaboración durante los análisis bromatológicos.

A Vincent Pierre Rey, ciudadano francés y gran conocedor del cultivo de la Sacha Inchi en Colombia y quien tuvo la idea de utilizar este ingrediente en dietas para peces.

#### 6. Referencias

- [1] L.F. Castillo. La importancia de la tilapia roja en desarrollo de la piscicultura en Colombia. Cali: Asociación red cauca Alevinos del Valle, 2006. p. 20.
- [2] G. Agudelo González. Fundamentos de nutrición animal aplicada. Medellín: Universidad de Antioquia, 2008. p. 348.
- [3] A-F. M. El Sayed. Tilapia culture. Cambridge: Cabi Publishing, 2006. p. 277.
- [4] W. M. Furuya, L. E. Pezzato, M. M. Barros, A. C. Pezzato, V. R. B. Furuya y E. C. Miranda, "Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.)", *Aquaculture Research*, vol. 35. no.12, pp. 1110-1116, 2004.

- [5] Food And Agriculture Organization (FAO). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012. Roma: Departamento de pesca y acuicultura de la FAO, 2012.
- [6] W. M. Furuya. Tabelas brasileiras para a nutrição de tilapias. Capítulo 9. Toledo: GFM, 2010. p. 100.
- [7] A. G. Tacon y M. Metian, “Global overview on the use of fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects”, *Aquaculture*, vol. 285, pp. 146-158, 2008.
- [8] G. Pascual y M. Mejia, “Extracción y caracterización de aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.)”, *Anales Científicos*, vol. 52, pp. 146-160, 2000.
- [9] B. R. Hamaker, C. Valles, R. Gilman, R. M. Hardmeier, D. Clark, H. H. García, A. E. Gonzales, I. Kohlstad, M. Castro, R. Valdivia, T. Rodríguez y M. Lescano, “Amino acid and acid fatty profiles of the inca peanut (*Plukenetia volubilis*)”, *Note. Cereal Chemistry*, vol. 69, no 4. p. 461-463, 1992.
- [10] L. F. Gutiérrez, L. M. Rosada Y A. Jiménez, “Chemical composition of Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seed and characteristics of their lipid fraction”, *Grasas y aceites*, vol. 62, no. 1, p. 76-83, 2011.
- [11] P. O. Pulido (Comunicación personal). Ex-director de programas y proyectos Instituto de Desarrollo Rural INCODER. San José de Cúcuta: Secretaria de Desarrollo Económico Norte de Santander, 2012.
- [12] J. Silva. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Terceira Edição. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (UFV), 2006, p. 35.
- [13] Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the AOAC International, 16 ed. Washington: AOAC, 1998.
- [14] M. S. Azaza, K. Wassim, F. Mensi, A. Abdelmouleh, B. Brini, M.M. Kraïem, “Evaluation of faba beans (*Vicia faba* L. var. *minuta*) as replacement for soybean meal in practical diets of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus*”, *Aquaculture*, vol. 287. p. 174-179, 2009.
- [15] R. R. Peters, E. D. Morales, N. M. Morales y J. L. Hernández, “Evaluación de la calidad alimentaria de la harina de Lemna obscura como ingrediente en la elaboración de alimento para tilapia roja (*Oreochromis* sp.)”, *Revista científica, FCV-LUZ*, vol. 19, no. 3, pp. 303-310, 2009.
- [16] W. R. Boscolo, C. Hayashi y F. Meurer, “Farinha de varredura de Mandioca (*Manihot esculenta*) na alimentação de alevinos de tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.)”, *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol.31, no. 2, p. 546-551, 2002.
- [17] E. Castillo Corella, Y. Acosta, N. N. Betancourt, E. L. Castellanos, A. M. Matos, V. Cobos y M. Jover, “Utilización de pulpa de café en la alimentación de alevines de tilapia roja”, *Revista AcuaTIC*, no. 16. 2002.
- [18] Yatawar y Hettiarachchi, “Effect of dietary fishmeal replacement in the formulated food by processed soybean meal on growth, survival and crude protein level of fingerlings of Genetically Improved Farm Tilapia (GIFT)”, *Sri Lanka Journal Aquaculture Science*, vol. 11, pp. 63-72, 2006.
- [19] J. Otálora, “Efecto de la torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*)

- sobre el desempeño productivo de juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachipomus*)”, Trabajo de grado, Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, Colombia, p. 65, 2013.
- [20] Y-R. Yue y O-C. Zhou, “Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization and hematological indexes for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*”, *Aquaculture*, vol. 284, pp. 185-189, 2008.
- [21] H. A. Abo-State, A. M. Tahoun y Y. A. Hamouda, “Effect of replacement of soybean meal by Destiler’s Dried Grains with soluble (DDGS) combined with commercial phytase on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings grow performance and feed utilization”, *American Eurasian Journal Agriculture & Environment Science*, vol. 5, no. 4, p. 473-479, 2009.
- [22] M. A. Olvera, F. Pereira, L. Olivera, V. Pérez, L. Navarro y J. C. Sámano, “Cowpea (*Vigna unguiculata*) protein concentrate as replacement for fish meal in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry”, *Aquaculture*, vol. 158, pp. 107-116, 1997.
- [23] S. Lin y L. Luo, “Effects of different levels of soybean meal inclusion in replacement for fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practicals diets for juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*”, *Animal Feed Science and Technology*, vol. 168, pp. 80-87, 2011.
- [24] J. S. Oliveira, R. Azevedo, A. P. Ramos y L. G. Braga, “Agroindustrial by products in diets for Nile tilapia juveniles”, *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 41, no. 3. pp. 479 – 484, 2012.
- [25] M. E. Rivas, J. L. López, A. Miranda y M. I. Sandoval, “Sustitución parcial de harina de sardina con Moringa oleífera en alimentos para juveniles de tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivadas en agua de mar”, *Revista de Ciencias Biológicas y de la salud Biotecnia*, vol. 14, no. 2, pp. 3-10, 2012.
- [26] H. R. González-Contreras, “Efecto diferentes niveles de inclusión de harina de chachafruto (*Erythrina edulis*), sobre el desempeño productivo y la sobrevivencia de juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachipomus*)”, Trabajo de grado modalidad investigación, Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta, Colombia, mayo 2015, p. 77. Sin publicar.
- [27] Vásquez-Torres, W. Principios de Nutrición Aplicada al Cultivo de Peces. Colección Unillanos 30 años. Editorial Universidad de los Llanos. 101 pág., 2004.
- [28] Zaniboni-Filho, E. Piscicultura das espécies nativas de água doce. In Poli, C. R., Poli, A. T. B., Andreatta, E. R. & Beltrame, E. (eds). Aqüicultura: experiências brasileiras. Multitarefa Editora, Florianópolis. 456 pág. 2004.