

Valoración económica del uso de ensilaje de residuos piscícolas en la alimentación de *oreochromis* spp

Economic valuation of silage with fish farming residues in *oreochromis* spp food

Valoração econômica do uso ensilagem de recursos piscícolas na alimentação de *oreochromis* spp

CRÍSPULO PEREA-ROMÁN¹, YENY JUDITH GARCÉS-CAICEDO²,
LUZ STELLA MUÑOZ-ARBOLEDA³, JOSÉ LUÍS HOYOS-CONCHA⁴,
JOSÉ ADER GÓMEZ-PEÑARANDA⁵

Recibido para evaluación: 4 de Julio de 2017.

Aprobado para publicación: 18 de Septiembre de 2017.

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación ASUBAGROIN. Ph.D. en Ciencias Agrarias – Producción Animal Tropical. Popayán, Colombia.
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación ASUBAGROIN. M.Sc. en Ciencias Agrarias – Producción Animal Tropical. Popayán, Colombia.
- 3 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ciencia Animal, Grupo de investigación *Nutrición Animal*. Ph.D. en Agronomía. Palmira, Colombia.
- 4 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Agroindustrial, Grupo de investigación ASUBAGROIN. M.Sc. en Ingeniería de Alimentos. Popayán, Colombia.
- 5 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ciencia Animal, Grupo de investigación en Recursos Zoogenéticos. Ph.D. en Ciencia Animal. Palmira, Colombia.

Correspondencia: e-mail: cproman@unicauca.edu.co; cperear@unal.edu.co

RESUMEN

La alimentación en los sistemas piscícolas representa entre el 50 al 70% de los costos de producción, en donde la harina de pescado es la fuente común de proteína animal utilizada; por consiguiente, se deben buscar alternativas proteicas de menor costo para mejorar la utilidad de las unidades productivas. El objetivo fue valorar económicamente la utilización de ensilaje químico de vísceras de trucha (EQVT) en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*); para lo cual, se prepararon cuatro dietas balanceadas con inclusión de EQVT: T1 (control), T2 (10% de inclusión), T3 (20% de inclusión) y T4 (30% de inclusión); las cuales fueron suministradas a 128 juveniles de Tilapia roja con un peso promedio de $142,14 \pm 4,74$ g; y se evaluaron los índices de conversión y de rentabilidad económica, al igual que análisis de presupuestos parciales. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) para el índice de conversión económico, índice de rentabilidad económica, beneficio neto, incremento del beneficio neto y la tasa de retorno marginal de acuerdo al nivel de inclusión de EQVT. Se evidenció que al incluir 20% de ensilaje en la dieta, se logra mayor retribución económica asociada al costo de la alimentación por kilogramo de carne de pescado producido.

ABSTRACT

Feeding in fish farming systems accounts for between 50% and 70% of production costs, with fishmeal being the most widely used animal protein source; therefore, lower-cost protein alternatives should be sought to improve profitability. The objective was to economically evaluate the use of chemical silage of trout viscera (CSTV) in the diet of red tilapia (*Oreochromis spp*), in four balanced diets so: T1 (control) and with inclusion of CSTV, T2 (10%), T3 (20%) and T4 (30%), supplied to 128 juveniles of red Tilapia with an average weight of $142,14 \pm 4,74$ g. The conversion rates and economic profitability rates were evaluated, as well as partial budget analysis. There were significant differences ($P < 0,05$) for the economic conversion index, economic profitability index, net profit, net profit increase and the marginal rate of return according to the level of inclusion of CSTV. It was evidenced that to include 20% of silage in the diet, it obtains greater economic retribution associated to the cost of the feeding per kilogram of meat of fish produced.

RESUMO

A alimentação nos sistemas piscícolas representa entre 50 e 70% dos custos de produção, onde a farinha de peixe é a fonte comum de proteína animal utilizada, em consequência, é necessário buscar alternativas proteicas de menor custo para melhorar a utilidade das unidades produtivas. O objetivo foi valorar economicamente a utilização de ensilagem químico de vísceras de Truta (EQVT), na alimentação de Tilapia Vermelha (*Oreochromis spp*), para isso, foram preparadas quatro dietas balanceadas com inclusão de EQVT: T1 (controle), T2 (10% de inclusão), T3 (20% de inclusão) e T4 (30% de inclusão), as quais foram fornecidas a 128 juvenis de Tilapia Vermelha com um peso médio de $142,14 \pm 4,74$ g, e avaliados os índices de conversão e rentabili-

PALABRAS CLAVE:

Índice de conversión económico, Índice de rentabilidad económica, Beneficio neto, Vísceras de trucha, Tilapia roja.

KEYWORDS:

Economic conversion index, Economic profitability index, Net profit, Trout viscera, Red tilapia.

PALAVRAS CHAVE:

Índice de conversão econômico, Índice de rentabilidade econômica, Lucro líquido, Vísceras de truta, Tilapia Vermelha.

dade econômica, ao igual que a análise de pressupostos parciais. Os resultados mostraram diferenças significativas ($P < 0,05$) para o índice de conversão econômico, o índice de rentabilidade econômica, o benefício neto, o incremento do benefício neto e a taxa de retorno marginal de acordo ao nível de inclusão de EQVT. Foi evidenciado que ao incluir 20% de ensilagem na dieta, logrou-se maior retribuição econômica associada ao custo da alimentação por quilograma de carne de peixe produzido.

INTRODUCCIÓN

El Departamento del Cauca cuenta con un gran potencial para el desarrollo de la acuicultura, en donde la producción de Tilapia roja se viene realizando por pequeños y medianos productores organizados en asociaciones en la represa La Salvajina (Municipios de Suárez y Morales); pero esta actividad está siendo limitada en la zona debido a la baja rentabilidad por los elevados costos del alimento [1].

La alimentación en los sistemas piscícolas representa entre 50 y el 70% de los costos de producción [2, 3], en donde la harina de pescado, al igual que la de carne, sangre y la torta de soya, son las fuentes comunes de proteína utilizada para la realización de concentrado en la actualidad [4]. Sin embargo, los altos costos de las citadas materias primas y su baja disponibilidad, plantean la necesidad de buscar alternativas proteicas regionales de bajo costo pero de alta calidad nutricional para obtener indicadores productivos adecuados y que permitan mejorar la rentabilidad de las unidades productivas.

El aprovechamiento de residuos del eviscerado de los peces mediante procesos de ensilaje, para su posterior inclusión en dietas para alimentación animal, constituye una alternativa nutricional de alta calidad, que permite la obtención de un alimento de menor costo, pero con altos índices productivos y de eficiencia alimenticia, debido a que poseen una composición nutricional apreciable, cuyas proteínas son de un elevado valor biológico y una alta digestibilidad, lo cual proporciona un gran beneficio en la alimentación animal [5].

Se han realizado diversos estudios en donde se ha valorado económicamente la utilización de ensilaje de resi-

duos de pescado en dietas para alimentación de Trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) [6], Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) [7], Tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) [8] y en pollos de engorde [9, 10].

En relación a lo anteriormente expuesto, y debido a la necesidad de buscar alternativas alimenticias de menor costo, pero de alta calidad nutricional que permitan mejorar la rentabilidad de la actividad productiva en la represa La Salvajina (Cauca), se realizó un estudio para valorar económicamente la utilización de ensilaje de residuos piscícolas en la alimentación de Tilapia roja.

MÉTODO

Localización

El estudio fue realizado en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad del Cauca (Popayán - Colombia), localizados a 2°45'08,91" LN y 76°31'28,84" LW, con altura de 1.733 msnm, temperatura media de 19°C y precipitación de 1.800 mm anuales.

Material biológico

En la investigación de utilizaron vísceras de Trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). Las vísceras utilizadas para la preparación del ensilaje fueron obtenidas en la asociación piscícola APROPECA (Asociación productora y comercializadora de productos acuícolas y agrícolas de Silvia), localizada en el municipio de Silvia departamento del Cauca, a los 02°36'30,80" LN y 76°22'56,08" LW, altura de 2.502,3 msnm, con una temperatura media de 15°C y precipitación de 2.039 mm anuales.

Preparación del ensilaje de pescado

Para la preparación del ensilaje, las vísceras de Trucha arcoiris fueron pesadas y se mezclaron con 2,5% de ácido fórmico al 85% m/v, 0,25% de benzoato de sodio, 0,1% de Butilhidroxitolueno - BHT [11]. El ensilaje se almacenó en recipientes plásticos cerrados con un espacio de cabeza del 30%, durante 12 días, a temperatura constante de 15°C para simular la temperatura promedio del municipio de Silvia [11]. Al terminar el proceso, el ensilaje químico de vísceras de trucha (EQVT) fue secado en horno con ventilación forzada BINDER a 60°C por 48 h [12].

Preparación de las dietas experimentales

Para la valoración económica de la inclusión de ensilaje de químico de vísceras de trucha en la alimentación de Tilapia roja, se formularon cuatro dietas; T1 (control); T2 (10% de inclusión EQVT), T3 (20% de inclusión EQVT) y T4 (30% de inclusión EQVT), como remplazo del 5,86%; 23,42%; 44,10% de harina de pescado; 94,39%; 100% y 100% de aceite vegetal respectivamente. La composición porcentual y proximal de las dietas experimentales se presenta en el cuadro 1.

Para la preparación de las dietas, todas las harinas fueron tamizadas 425 μm y se mezclaron en una mezcladora SINMAG SM-401 durante 20 minutos. Posteriormente, se agregó el resto de ingredientes y se continuó mezclado (30 minutos). Las dietas fueron extruidas a 123°C (micro-extrusora Extec®, Riberão Preto -Brasil) obteniendo pellets con un tamaño de 5 mm de longitud y 4,5 mm de diámetro [13]. Los pellets se secaron en horno con ventilación forzada BINDER a 60°C durante 2 horas (tiempo en el cual se logró una humedad final entre 8 al 10%) [14].

Variabes de respuesta

Se evaluó el precio de la dieta, índice de conversión económico (ICE) y el índice de rentabilidad económica (IRE); al igual que análisis de presupuestos parciales, concerniente a: costo de la alimentación, beneficio neto (BN), incremento del beneficio neto (IBN) y tasa de retorno marginal (TRM) [10, 15].

Cuadro 1. Composición química del ensilaje y de las dietas balanceadas con inclusión de ensilaje químico de vísceras de trucha- EQVT (g kg⁻¹ peso seco).

Ingredientes	T1 (control)	T2 (10%)	T3 (20%)	T4 (30%)
Harina de pescado	222,0	209,0	170,0	124,1
Harina trigo	39,0	30,0	51,0	55,0
Salvado de maíz	160,0	150,9	93,0	117,7
Harina de yuca	81,1	125,6	106,0	95,8
Torta de soya	140,0	142,0	138,0	145,3
Harina de maíz amarillo	90,0	115,0	91,4	11,8
Mogolla de trigo	151,9	66,1	90,3	85,0
Aceite vegetal	49,9	2,8	0,0	0,0
Fosfato bicálcico	8,8	0,0	0,0	0,0
Carbonato de calcio	0,0	4,3	6,5	10,1
Biomix ¹	20,0	20,0	20,0	20,0
DL-metionina	3,9	0,8	0,0	0,0
L-lisina	0,0	0,0	0,0	1,1
Triptófano	3,4	3,5	3,8	4,1
Carboximetilcelulosa	15,0	15,0	15,0	15,0
Sal	15,0	15,0	15,0	15,0
Ensilaje de pescado (EQVT)	0,0	100,0	200,0	300,0
Total	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Composición química (g kg ⁻¹ peso seco)				
Proteína cruda	262	262	262	262
Extracto etéreo	94	101	148	203
Fibra cruda	23	19	19	19
Cenizas	102	100	91	81
Energía digestible (kcal/kg) ²	3101	3101	3101	3101
Calcio	15	15	15	15
Fósforo	10	11	14	16
Composición química del EQVT (g kg ⁻¹ peso seco)				
Materia seca	384,3			
Proteína cruda	251,0			
Extracto etéreo	583,6			
Cenizas	57,4			
Fibra cruda	9,3			
Calcio	10,4			
Fósforo	34,0			
Energía bruta (kcal/kg)	6525			

¹ Premezcla de vitaminas, minerales y adictivos - Biomix S.A® (Composición por kilogramo de producto): Vitamina A (800.000 UI); vitamina D3 (300.000 UI); vitamina E (11,0 g); vitamina K (2,2 g); vitamina B12 (0,01 g); tiamina (0,6 g); riboflavina (3,6 g); piridoxina (5,6 g); biotina (0,08 g); ácido pantoténico (6,8 g); niacina (5,6 g); ácido fólico (1,0 g); vitamina C (25,0 g); cloruro de colina (70,0 g); yodo (0,3 g); selenio (0,05 g); hierro (6,0 g); cobre (1,2 g); zinc (16,0 g); manganeso (7,0 g); cobalto (0,1 g); Antioxidante (30,0 g).

² Valores de coeficientes de digestibilidad aparente de dietas experimentales.

$ICE = ICA * \text{precio de la dieta}$ (Ec. 1)

$IRE = \text{Peso final} * \text{precio de venta} - ICE * IP$ (Ec. 2)

$BN = \text{Ingresos por venta} - \text{costo de la alimentación}$

$IBN = BN \text{ dieta con inclusión de ensilaje} - BN \text{ dieta control}$ (Ec. 3)

$TRM = (IBN / \text{costo total de la alimentación}) * 100$ (Ec. 4)

Procedimiento experimental

Para la evaluación, se utilizaron 128 juveniles rever-sados de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) con un peso promedio de $142,14 \pm 4,74$ g. Los peces fueron distribuidos al azar en 16 tanques cilindro cónico con capacidad para 250 L de agua (4 tanques/tratamiento), adicionando 8 animales en cada uno. Posteriormente, se realizó una adaptación durante 10 días, en los cuales se alimentaron a saciedad aparente con las dietas experimentales tres veces al día (8:00, 12:00 y 16:00 h).

Al cabo de ese tiempo se inició con la evaluación, la cual tuvo una duración de 60 días [16]. Cada 15 días mediante anestesia con aceite de clavo (40 ppm), se realizaron biometrías para evaluar el incremento de peso, y la valoración económica se realizó al final del estudio.

La calidad fisicoquímica del agua fue monitoreada por la metodología NANOCOLOR desarrollada para el Photometer PF-1 [17], verificando su cumplimiento de acuerdo con los requerimientos de la especie. Los valores medios de temperatura ($26,23 \pm 0,49^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto ($5,55 \pm 0,10 \text{ mg L}^{-1}$), pH ($7,25 \pm 0,17$), alcalinidad de carbonatos ($0,50 \pm 0,12 \text{ mmol L}^{-1}$), demanda química de oxígeno ($5,60 \pm 0,42 \text{ mg L}^{-1}$), demanda biológica de oxígeno ($3,98 \pm 0,10 \text{ mg L}^{-1}$), amonio ($0,78 \pm 0,22 \text{ mg L}^{-1}$), nitritos ($0,10 \pm 0,00 \text{ mg L}^{-1}$) y nitratos ($1,30 \pm 0,18 \text{ mg L}^{-1}$), estuvieron acordes para la producción de Tilapia roja [18]. Se realizó un recambio de agua a razón del 80% día y se utilizó termostato para mantener la temperatura en 26°C simulado la del embalse de La Salvajina (Suárez, Cauca Colombia).

El manejo de los peces se realizó teniendo en cuenta lo establecido en la ley 84 de 1989, en la cual se adopta el estatuto de protección de los animales para investigación en Colombia.

Diseño experimenta y análisis estadístico. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), y se analizaron cuatro tratamientos; una dieta control (T1) y tres

dietas con inclusión de EQVT, 10% (T2), 20% (T3) y 30% (T4); se evaluaron cuatro réplicas por tratamiento, cada réplica se tomó como una unidad experimental.

Las variables determinadas, se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) $P < 0,05$. Se utilizó el Test de Duncan [19] para la comparación de medias ($\alpha < 0,05$). Se empleó el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9.4.

RESULTADOS

Durante el ensayo no hubo mortalidad; se observó que los peces consumían rápidamente el alimento, lo que demuestra una mayor palatabilidad de las dietas con inclusión de ensilaje, que podría estar relacionado con el efecto atrayente proporcionado por sustancias solubles disponibles del proceso de hidrólisis (aminoácidos) que estimulan el consumo [8].

Precio de la dieta, índice de conversión económico (ICE) y el índice de rentabilidad económica (IRE)

Se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) para el precio de la dieta, el índice de conversión económico (ICE) y para el índice de rentabilidad económica (IRE) de acuerdo al nivel de inclusión de ensilaje evaluado (cuadro 2).

Se resalta que a mayor inclusión de ensilaje, el costo de la dieta disminuye significativamente (cuadro 2); T4 presentó el menor costo, seguido de T3, T2 y T1. En relación a lo anterior, se evidencia que existe una diferencia entre el precio de la dieta control (T1) y T4 (30% de inclusión de ensilaje) de \$ 503,34 por kg, con respecto a T3 (20% de inclusión de ensilaje) de \$ 391,02 por kg, y con T2 (10% de inclusión de ensilaje) de \$ 195,70 por kg, lo que representa una disminución en el costo de la dieta del 22,97%; 17,84% y 8,93% respectivamente.

Comportamiento similar ha sido reportado en ensayos con ensilaje de pescado en dietas para Trucha arcoiris [6], Tilapia roja [7] y pollos de engorde [20]; al incrementar la inclusión de ensilaje en la dieta, el costo del alimento disminuye.

El mejor índice de conversión económico se logró con T3, es decir al incluir un 20% de ensilaje en la die-

ta para Tilapia roja; seguida de T2, T4 y T1 (cuadro 2). El índice de conversión económico es el gasto de concentrado requerido para producir un kilogramo de carne; por consiguiente, al incluir ensilaje químico de vísceras de trucha para alimentación de tilapia, origina un menor gasto en el costo de alimentación en comparación con las dietas convencionales [21, 22].

En relación al índice de rentabilidad económico, se evidenció que T3 presentó el mayor valor, seguido de T2 el cual mostró un comportamiento estadísticamente similar a T1, y en último lugar T4. Lo anterior indica que al incluir 20% de ensilaje químico de vísceras de trucha en dietas para Tilapia roja, se logra una mayor retribución económica por kilogramo de carne de pescado producido.

Resultados similares para el índice de conversión económico y el índice de rentabilidad económica han sido reportados al evaluar dietas con inclusión de ensilaje en Tilapia roja y Cahama blanca [23], al igual que en pollos de engorde [9,10, 24]; resaltando que el mejor ICE e IRE se logra al incluir 20% de ensilaje en la dieta.

Análisis de presupuestos parciales. Se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) para el costo de la alimentación, beneficio neto (BN), incremento del beneficio neto (IBN) y la tasa de retorno marginal (TRM) de acuerdo al nivel de inclusión de ensilaje en la dieta (Cuadro 3).

Se observó que a mayor inclusión de ensilaje, el costo de la alimentación disminuyó significativamente (cua-

Cuadro 2. Valores medios de precio de la dieta, índice de conversión económico (ICE) e índice de rentabilidad económica (IRE) obtenidos en Tilapia roja, alimentadas con dietas balanceadas a partir de la inclusión de ensilaje químico de vísceras de trucha durante 60 días.

Variable	T1 (control)	T2 (10%)	T3 (20%)	T4 (30%)	ANOVA Pr > F
Peso inicial (g)	140,17 ± 7,52 ^a	137,44 ± 4,83 ^a	139,08 ± 9,82 ^a	135,67 ± 5,47 ^a	0,8249
Peso final (g)	208,63 ± 7,61 ^b	217,51 ± 4,77 ^{ab}	229,02 ± 14,10 ^a	188,39 ± 9,69 ^c	0,0005
IP ¹ (g)	68,46 ± 3,52 ^c	80,75 ± 4,19 ^b	89,94 ± 5,16 ^a	52,73 ± 5,05 ^d	0,0001
Precio de la dieta (\$ ² kg ⁻¹)	2191,48 ± 0,00 ^a	1995,78 ± 0,00 ^b	1800,46 ± 0,00 ^c	1688,14 ± 0,00 ^d	0,0001
ICA ³	2,08 ± 0,08 ^a	1,76 ± 0,10 ^b	1,52 ± 0,05 ^b	2,21 ± 0,30 ^a	0,0003
ICE ⁴ (\$ kg ⁻¹)	4563,76 ± 185,31 ^a	3516,74 ± 195,21 ^b	2738,93 ± 84,11 ^c	3722,84 ± 505,48 ^b	0,0001
IRE ⁵ (\$ kg ⁻¹)	1565,58 ± 60,79 ^{bc}	1673,95 ± 41,59 ^b	1814,86 ± 111,94 ^a	1501,04 ± 90,02 ^c	0,0007

Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

¹ IP (Incremento de peso). ² \$ (Pesos colombianos - COP). ³ ICA (Índice de conversión alimenticia). ⁴ ICE= ICA * precio de la dieta.

⁵ IRE= Peso final * precio de venta - ICE * IP.

Cuadro 3. Valores medios de costo de la alimentación, beneficio neto (BN), incremento del beneficio neto (IBN) y tasa de retorno marginal (TRM) obtenidos en Tilapia roja, alimentadas con dietas balanceadas a partir de la inclusión de ensilaje químico de vísceras de trucha durante 60 días.

Variable	T1 (control)	T2 (10%)	T3 (20%)	T4 (30%)	ANOVA Pr > F
CA ¹ (g MS ² pez ⁻¹)	142,39 ± 4,80 ^a	142,10 ± 6,38 ^a	136,81 ± 8,65 ^a	115,21 ± 7,07 ^b	0,0003
Costo de la alimentación (\$ ³)	312,04 ± 10,51 ^a	283,59 ± 12,72 ^b	246,32 ± 15,57 ^c	194,49 ± 11,94 ^d	0,0001
IP ⁴ (g)	68,46 ± 3,52 ^c	80,75 ± 4,19 ^b	89,94 ± 5,16 ^a	52,73 ± 5,05 ^d	0,0001
Ingresos por venta (\$)	1877,63 ± 68,50 ^b	1957,55 ± 42,97 ^{ab}	2061,18 ± 126,89 ^a	1695,53 ± 87,21 ^c	0,0005
BN ⁵ (\$)	1565,58 ± 60,79 ^{bc}	1673,95 ± 41,59 ^b	1814,86 ± 111,94 ^a	1501,04 ± 90,02 ^c	0,0007
IBN ⁶ (\$)	-	108,37 ± 41,59 ^b	249,28 ± 111,94 ^a	-64,54 ± 90,02 ^c	0,0021
TRM ⁷ (%)	-	38,28 ± 14,45 ^b	99,33 ± 41,70 ^a	-32,57 ± 46,75 ^c	0,0024

Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

¹ CA (Consumo de alimento). ² MS (Materia seca). ³ \$ (Pesos colombianos - COP). ⁴ IP (Incremento de peso). ⁵ BN= Ingresos por venta - costo de la alimentación. ⁶ IBN= BN dieta con inclusión de ensilaje - BN dieta control. ⁷ TRM= (IBN/costo total de la alimentación) * 100.

dro 3); lo anterior se debe al menor costo de la dieta a medida que se incluye ensilaje (cuadro 2); en relación a que las diferencias para el consumo de alimento de acuerdo al tratamiento evaluado son similares.

Los resultados obtenidos son similares a los reportados en estudios con inclusión de ensilaje en dietas para Tilapia roja [23, 25] y Cachama blanca [23, 26].

El mayor beneficio neto asociado a los costos de alimentación se logró con el tratamiento T3, es decir al incluir un 20% de ensilaje en la dieta para Tilapia roja; seguida de T2, T1 y T4. Aunque la dieta con 30% de inclusión de ensilaje resulta ser la más económica, los ingresos por venta del incremento del peso obtenido son estadísticamente menores a los logrados en las demás (cuadro 3), por lo que al final el beneficio obtenido es inferior.

Resultados similares fueron obtenidos en evaluaciones con inclusión de ensilaje de residuos

de pescado en dietas para Tilapia roja [25] y pollos de engorde [9, 10, 24]; resaltando que el mayor beneficio económico se logró cuando incluyeron 20 y 10% de ensilaje en la dieta.

El mayor incremento en el beneficio neto y tasa de retorno marginal asociado a la inclusión de ensilaje en la dieta se generó con T3, seguida de T2; T4 presentó un IBN y TRM negativa; lo anterior debido al menor incremento de peso logrado, por consiguiente inferiores ingresos por venta del pescado, convirtiéndose en un tratamiento dominado (figura 1).

En la figura 1, se evidencia que los tratamientos T1 y T4 son los dominados, debido a que se encuentran por debajo de la línea de tendencia, lo que refleja que al alimentar tilapias con estas dietas se logran menores beneficios económicos, en comparación con T3 y T2 los cuales son los tratamientos dominantes y con los cuales se obtiene los mayores incrementos en el beneficio neto y

tasa de retorno marginal. Sin embargo, es de resaltar que la mayor retribución económica se logra al incluir 20% de ensilaje químico de vísceras de trucha en la dieta (T3).

Comportamiento similar fue encontrado al realizar análisis económico en dietas con niveles crecientes de ensilaje de residuos de pescado para Tilapia roja [8], Trucha arcoíris [6] y en pollos de engorde [9, 10]; resaltando que la mayor retribución económica se genera cuando incluyeron 20% de ensilaje en la dieta, seguida del 10% de inclusión.

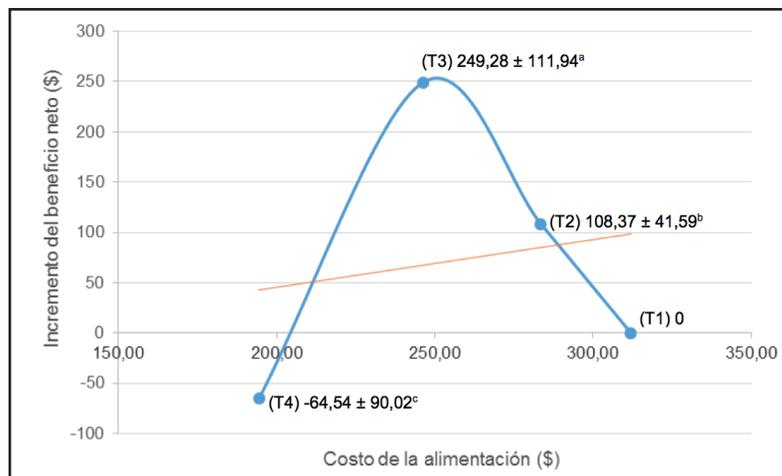
CONCLUSIONES

Al aumentar la inclusión de ensilaje en la dieta, el costo del alimento se reduce significativamente hasta un 22,97%; por consiguiente, incluir ensilaje químico de vísceras de trucha en la alimentación de Tilapia roja, genera un menor gasto en el costo de alimentación en comparación con las dietas convencionales.

El menor índice de conversión económico y el mayor índice de rentabilidad económico se logró al incluir 20% de ensilaje químico de vísceras de trucha en la dieta, por lo que se resalta que al alimentar Tilapia roja con este alimento, se logra mayor retribución económica por kilogramo de carne de pescado producido.

La dieta con inclusión del 20% de ensilaje, generó mayor beneficio neto, incremento de beneficio neto y tasa de retorno marginal, lo que se refleja en mayores beneficios económicos al alimentar tilapias con este alimento.

Figura 1. Análisis de dominancia económica realizado en Tilapia roja, alimentadas con dietas balanceadas a partir de la inclusión de ensilaje químico de vísceras de trucha durante 60 días.



El aprovechamiento de los residuos de la actividad piscícola en técnicas como el ensilaje, permite la reducción del costo asociado a su tratamiento, como también a la disminución del impacto ambiental generado en las fuentes hídricas y en las zonas aledañas a los centros de producción por la inadecuada disposición.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Cauca, grupo de investigación ASUBAGROIN; Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, Laboratorio de nutrición animal; Sistema General de Regalías; APROPECA; SALVAJINA SAT; Universidad de los Llanos, profesores Wálter Vásquez Torres y Marian Gutiérrez.

REFERENCIAS

- [1] ORTEGA, D. Determinación del potencial probiótico de bacterias ácido lácticas y levaduras aisladas en estanques de cultivo de Trucha arco iris en el Municipio de Silvia - Cauca [Tesis Ingeniería agroindustrial]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de agroindustria, 2015, 68 p.
- [2] OLIVEIRA, C., LUDKE, M., LUDKE, J., LOPES, E., PEREIRA, P. e CUNHA, G. Composição físico-química e valores energéticos de farinhas de silagem de peixe para frangos de corte. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 66(3), 2014, p. 933-939.
- [3] SÁNCHEZ, O. Obtención de harina a partir de ensilaje biológico de subproductos de Trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) y Tilapia roja (*Oreochromis spp*) [Tesis Ingeniería agroindustrial]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de agroindustria, 2016, 96 p.
- [4] TREVIÑO, L., ABDO, M., CRUZ, E. y RICQUE, D. Factores de calidad en harina de pescado y en los lípidos de alimentos para peces. Avances en Nutrición Acuícola III [online]. 2014. Disponible: <http://www.biomasa.com/Acuacultura/Docs/Alimento/Nutricion%207.pdf/> [Citado 27 de junio de 2017].
- [5] GARCÉS, Y. Evaluación del crecimiento y aprovechamiento nutritivo *in vivo* e *in vitro* de ensilados de subproductos piscícolas en pollos de engorde [Tesis Maestría en Ciencias Agrarias]. Palmira (Colombia): Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Escuela de Posgrado, 2015, 160 p.
- [6] GUZEL, S., YAZLAK, H., GULLU, K. and OZTURK, E. The effect of feed made from fish processing waste silage on the growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). African Journal of Biotechnology, 10(25), 2011, p. 5053-5058.
- [7] HISANO, H. and SOUZA, P. Growth performance and digestibility of juvenile Nile tilapia fed diets containing acid silage viscera of *Surubim catfish*. Acta Scientiarum Animal Sciences, 35(1), 2014, p. 1-6.
- [8] LLANES, J., TOLEDO, J., SAVÓN, L. y GUTIÉRREZ, B. Crecimiento de Tilapias rojas *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus* con dietas semi-húmedas a base de ensilados de residuos pesqueros. Mundo Pecuario, X(2), 2014, p. 69-83.
- [9] GÓMEZ, G., ORTIZ, M., PEREA, C. y LÓPEZ, F. Evaluación del ensilaje de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis spp*) en alimentación de pollos de engorde. Biología en el sector agropecuario y agroindustrial, 12(1), 2014, p. 106-114.
- [10] GARCÉS, Y., PEREA, C., VALENCIA, N., HOYOS, J. and GÓMEZ, J. Nutritional effect of the chemical silage of fish by-products in broiler (*Gallus domesticus* et al.) feeding. Cuban Journal of Agricultural Science, 49(4), 2015, p. 503-508.
- [11] HURTADO, A. y TORO, J. Evaluación a escala de planta piloto del proceso de ensilaje químico y biológico a partir de residuos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) [Tesis Ingeniería agroindustrial]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de agroindustria, 2015, 175 p.
- [12] RAMÍREZ, J., IBARRA, J., ROMERO, F., ROSAS, P., ULLOA, J., MATSUMOTO, K., VALLEJO, B. and MAZORRA, M. Preparation of Biological Fish Silage and its Effect on the Performance and Meat Quality Characteristics of Quails (*Coturnix coturnix japonica*). Brazilian Archives of Biology and Technology, 56(6), 2013, p. 1002-1010.
- [13] GUTIÉRREZ-ESPINOZA, M., YOSSA, M. y VÁSQUEZ, W. Digestibilidad aparente de materia seca, proteína y energía de harina de vísceras de pollo, quinua y harina de pescado en tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*. Orinoquia, 15(2), 2011, p. 169-179.
- [14] SAMADDARA, A., KAVIRAJA, A. and SAHA, S. Utilization of fermented animal by-product blend as fishmeal replacer in the diet of Labeo rohita. Aquaculture Reports, 1, 2015, p. 28-36.

- [15] MORA, J., MOYETONES, F. y JOVER, M. Crecimiento, Aprovechamiento nutritivo y rendimiento de la canal del bagre yaque (*Leiarius marmoratus* Gill 1870) en jaulas flotantes. Revista AquaTIC, 33(1), 2010, p. 10-21.
- [16] LLANES, J., TOLEDO, J., SAVÓN, L. y ODILIA, G. Utilización de silos pesqueros en la formulación de dietas semi-húmedas para tilapias rojas (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*). Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 46(1), 2012, p. 67-72.
- [17] NARRO, E. y VÁSQUEZ, D. Determinación de cianuro en aguas del río Chinchipe - San Ignacio - Cajamarca, en el período octubre-diciembre del año 2016 [Tesis Farmacia y Bioquímica]. Trujillo (Perú): Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Farmacia y Bioquímica, 2017, 21 p.
- [18] PERDOMO, D., CORREDOR, Z. y RAMÍREZ, L. Características Físico-Químicas y morfométricas en la crianza en cautiverio de la Tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en una zona cálida tropical. Mundo Pecuario, 8(3), 2012, p. 166-171.
- [19] DUNCAN, D.B. Multiple ranges and multiple F. test. Biometrics, 11, 1955, p. 1-42.
- [20] VALENZUELA, C., CARVALLO, F., MORALES, M. y REYES, P. Efecto del uso de ensilado seco de salmón en dietas de pollos broiler sobre parámetros productivos y calidad sensorial de la carne. Archivos de medicina veterinaria, 47(1), 2015, p. 53-59.
- [21] MOÑINO, A., TOMÁS, A., FERNÁNDEZ, M., LÁZARO, R., PÉREZ, L., ESPINÓS, F., TIANA, A. y JOVER, M. Estudio del crecimiento, del aprovechamiento nutritivo y de la productividad económica de la dorada (*Sparus auratus* L., 1758) alimentada con piensos comerciales de diferente contenido en proteína y lípidos. Boletín instituto español de oceanografía, 18(1-4), 2002, p. 275-280.
- [22] GOOSEN, N., WET, L., GÖRGENS, J., JACOBSC, K. and DE BRUYNCA, A. Fish silage oil from rainbow trout processing waste as alternative to conventional fish oil in formulated diets for Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus*. Animal Feed Science and Technology, 188(1), 2014, p. 74-84.
- [23] BRAVO, C. y ANACONA, Y. Evaluación de parámetros zootécnicos en Tilapia roja (*Oreochromis* spp) y Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), alimentadas con dietas en base a ensilajes de vísceras de pescado en el embalse "La Salvajina", Suarez Cauca [Tesis Ingeniería agropecuaria]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de ciencias agropecuarias, 2011, 95 p.
- [24] AL-MARZOOQI, W., AL-FARSI, M., KADIM, I., MAHGOUB, O. and GODDARD, J. The Effect of Feeding Different Levels of Sardine Fish Silage on Broiler Performance, Meat Quality and Sensory Characteristics under Closed and Open-sided Housing Systems. Asian-Aust. Journal of Animal Science, 23(12), 2010, p. 1614-1625.
- [25] PEREA, C. y GARCÉS, Y. Evaluación de ensilaje biológico de residuos de pescado en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis* spp) [Tesis Ingeniería agropecuaria]. Popayán (Colombia): Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de ciencias agropecuarias, 2010, 101 p.
- [26] BOTERO, C. Aprovechamiento nutritivo de núcleos ensilados de vísceras de pollo en híbridos de cachama *Piaractus brachypomus* x *Colossoma macropomun* [Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias]. Palmira (Colombia): Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Escuela de Posgrado, 2012, 71 p.