

EVALUACIÓN DE SUBPRODUCTOS CÁRNICOS POR TRES METODOLOGÍAS DE PROCESAMIENTO EN BAGRE AFRICANO (*Clarias gariepinus*)

ASSESSMENT OF MEAT BY-PRODUCTS BY THREE PROCESSING METHODOLOGIES IN AFRICAN CATFISH (*Clarias gariepinus*)

José Llanes - Iglesias ^{1*}, Anaysi Portales - González ¹ y Urselia Hernández - López ²

¹ Empresa Desarrollo Tecnologías Acuícola. Carretera Central km 20½, Loma de Tierra, Cotorro, La Habana. Cuba. jose@edta.alinet.cu ² Instituto de Investigaciones de la Industria Alimentaria. Carretera Guatao, km 3.0. Reparto Guatao. La Lisa, La Habana. Cuba.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar subproductos cárnicos (SC) por tres metodologías de procesamiento en dietas extrusadas para las etapas de pre-engorde y engorde de *Clarias gariepinus* en cultivo intensivo. Se utilizaron dos diseños de clasificación simple de cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno. Los tratamientos en el pre-engorde fueron tres dietas experimentales con 25,0 % de harina de pescado (HP) y subproductos deshidratados (HSC), ensilado químico elaborado con SC frescos (ESF) y SC cocidos (ESC), las que se compararon con el pienso SKRETTING® de 49,0 % de proteína (control). En el segundo bioensayo (engorde) se utilizaron las dietas con 15,0 % de HP e iguales variantes de SC y el pienso SKRETTING® de 44,0 % de proteína (control). En el pre-engorde se redujo el crecimiento de los peces cuando los SC se ensilaron frescos (71,36; 61,42; 69,98 y 68,05 gramos, g). Sin embargo, en el engorde se afectaron los pesos finales (125,11; 46,92; 49,66 y 116,90 g) y la conversión alimentaria (0,98; 3,72; 3,03 y 0,92) con ambos ensilados. La utilización de la HSC en ambas etapas de cultivo no afectó los indicadores productivos de los animales respecto a los controles. Se evidenció que la utilización de HSC fue la variante viable en la elaboración de alimentos nacionales para el desarrollo de los cultivos de bagres en sistemas de cultivo intensivo, con efecto económico positivo.

Palabras clave: Alimentación; bagres; clarias; ensilado

ABSTRACT

To evaluate meat by-products (MB) by three processing methodologies in extruded diets for the pre-fattening and fattening stages of *Clarias gariepinus* in intensive cultivation was the objective of the work. Two simple classification designs of four treatments with three repetitions each were used. The pre-fattening treatments were three experimental diets with 25.0 % fish meal (FM) and by-products meal (MBM), chemical silage made with fresh MB (FMBS) and cooked MB (CMBS), which were compared with the SKRETTING® feed of 49.0% protein (control). In the second bioassay (fattening), the diets with 15.0 % FM and the same MB variants and the SKRETTING® feed with 44.0% protein (control) were used. In the pre-fattening stage, the growth of the fish was reduced when MB were ensiled fresh (71.36; 61.42; 69.98 and 68.05 grams, g). However, in the fattening the final weights (125.11; 46.92; 49.66 and 116.90 g) and the feed conversion (0.98; 3.72; 3.03 and 0.92) were affected with both silages. The use of MBM in both cultivation stages did not affect the productive indicators of the animals with respect to the controls. It was evidenced that the use of MBM was the viable variant in the elaboration of national foods for the development of catfish crops in intensive farming systems, with a positive economic effect.

Key words: Feeding; catfish; clarias; silage

INTRODUCCIÓN

El bagre africano (*Clarias gariepinus*) es la principal especie de cultivo intensivo en Cuba, cuya alimentación se realiza con raciones semi-húmedas sobre la base de pienso vegetal y ensilados de subproductos pesqueros y/o mataderos (cárnicos), para obtener rendimientos de 2,5 a 3,0 kilogramos (kg) /metro cúbico (m³) [14]. No obstante, se prevee la intensificación de los cultivos, para lo cual se evaluó un sistema intensivo de recirculación de agua (SRA) con piensos comerciales SKRETTING® de 49,0 % de proteína bruta (PB) para el pre-engorde (10,0 a 100,0 (g) de peso) y 44,0 % de PB para el engorde (100,0 g hasta peso de cosecha).

Para la sostenibilidad de este SRA se precisa la utilización de piensos nacionales con insumos proteicos disponibles en el país, los cuales son harinas de pescado (HP) y soya (*Glycine max*). En estudios recientes, donde se evaluaron dos dietas con 25 y 35 % de HP, no se encontraron diferencias en el crecimiento, pero la conversión alimentaria fue superior con 35 %. Esto sugirió la búsqueda de otras fuentes para lograr mayor contenido de proteína y disminuir los niveles de HP [6].

En este contexto, los subproductos cárnicos (SC) se consideran alternativa práctica y económicamente viable para garantizar una producción piscícola sostenible [9]. Son órganos blandos, de gran volumen y los que más se emplean son pulmones, tráqueas, estómagos, bazos, hígados no aptos para consumo humano y tejidos del mesenterio y se generan diariamente en las industrias de sacrificio animal a lo largo de todo el país.

Estudios realizados por Portales y col. [10] comprobaron que la composición proximal de silos químicos de subproductos de cerdos (*Sus scrofa domesticus*) en base seca fue atractiva al tener entre 62,6 y 65,2 % de PB. Esto condujo a su evaluación en raciones extrusadas (mezcla de ingredientes cocidos a alta temperatura y presión por corto tiempo para obtener pellets flotantes) para *C. gariepinus* y los resultados arrojaron que puede ser aceptable hasta 10 % (base seca) y niveles más altos reducen el comportamiento productivo de estos animales [7].

La información en la literatura sobre la utilización de SC en la alimentación de peces fue escasa pues éstos se emplean en la fabricación de harina de carne y hueso, fundamentalmente, para la alimentación de pollos (*Gallus domesticus*) y cerdos. De ahí, que el objetivo de este trabajo fue evaluar los SC por tres metodologías de procesamiento en dietas extrusadas para las etapas de pre-engorde y engorde de *C. gariepinus* en cultivo intensivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el laboratorio de nutrición de peces de la Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas, en la Habana, Cuba.

Preparación de los ensilados y la harina de subproductos de cerdos

Se utilizó una mezcla de subproductos del sacrificio de cer-

dos compuesta por 30 % de pulmones, 30 % de estómagos, 30 % de hígados no aptos para consumo humano y 10 % de bazos, la cual se molió en molino de carne (JAVAR M-30, Colombia) y la pasta se dividió en tres partes iguales. Una porción se deshidrató a 60°C ± 2°C durante 30 horas (h) en la estufa (Selecta, DRYGLASS, España), la otra se ensiló directamente por acidificación con 1 % de ácido sulfúrico al 98 % (ensilado de subproductos frescos, ESF) [13] y la última se coció a 100°C durante 5 minutos (min) en la estufa; se eliminó todo el componente líquido y posteriormente se ensiló (ensilado de subproductos cocidos, ESC). Los silos se almacenaron en recipientes plásticos con tapas durante siete días (d).

Preparación de las dietas experimentales

Se molieron las harinas de pescado, soya, trigo (*Triticum spp*) y la HSC por separado, en un molino de martillo criollo a un tamaño de partícula aproximado a 250 micras (µm). La mezcla de las dietas se realizó en mezcladora (HOBART MC-600, Canadá) por 10 min. Posteriormente, se les adicionaron el aceite de soya, la mezcla vitamínica-mineral y las pastas de ensilados (10 % de inclusión calculada sobre la base de la materia seca y previa neutralización con 2,5 % de carbonato de calcio) continuándose el mezclado por 10 min. La peletización se realizó en extrusora (DGP70, Zhengzhou Whiriston Machinery Co. Ltd. China) con diámetro de 3 milímetros (mm) y los pellets se secaron en estufa (Selecta, España) a 60°C por 24 h. Los piensos comerciales SKRETTING® ME-2 Catfish start 49,0 % y ME-4,5 Catfish 44,0 % de PB para el SRA se utilizaron como controles. La composición química de estos alimentos se presenta en la TABLA I. Todas las dietas se envasaron en recipientes plásticos con tapa y se almacenaron a temperatura ambiente.

TABLA I
COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LOS PIENSOS
COMERCIALES SKRETTING® (g/100 g)

	ME-2 Catfish start	ME-4,5 Catfish
Indicadores		
Materia seca	92,6	93,1
Proteína bruta	49,2	44,6
Extracto etéreo	11,1	14,21
Carbohidratos	19,8	22,3
Fibra bruta	0,97	1,23
Cenizas	11,34	12,1
Energía digestible, MJ/ kg	17,6	18,9

Análisis bromatológicos

Se realizaron según los métodos de análisis de la *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC) internacional [5] y la energía digestible (ED) se calculó con los siguientes coeficientes calóricos: 23,7 mega joule (MJ) /Kilogramo (kg) de PB, 39,5 MJ/kg de grasas y 17,2 MJ/kg de carbohidratos [15].

TABLA II
COMPOSICIÓN PORCENTUAL Y QUÍMICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES
PARA EL PRE-ENGORDE (g/100 g DE MS)

Ingredientes	D-I HSC	D-II ESF	D-III ESC
Harina de pescado	25	25	25
Harina de subproductos de cerdos, HSC	10	-	-
Ensilado de subproductos de cerdos frescos, ESF	-	10	-
Ensilado de subproductos de cerdos cocidos, ESC	-	-	10
Harina de soya	30	30	30
Harina de trigo	28,75	29,75	28,75
Aceite de soya	5	4	5
*Mezcla Vit-Minerales	1	1	1
Sal común	0,25	0,25	0,25
Materia seca	91,6	88,5	89,1
Proteína bruta	38,7	38,1	38,5
Extracto etéreo	7,8	7,5	7,7
Carbohidratos	29,9	30,6	30,3
Fibra bruta	2,7	2,7	2,8
Cenizas	6,2	7,9	7,5
Energía digestible MJ/kg	12,51	12,45	12,47

* Mezcla vitamínica-mineral (kg de dieta): Vitamina A, 500IU; Vitamina D, 100IU; Vitamina E, 75 000 mg; Vitamina K, 20 000 mg; Vitamina B₁, 10 000 mg; Vitamina B₃, 30 000 mg; Vitamina B₆, 20 000 mg; Vitamina B₁₂, 100 mg; Vitamina D, 60 000 mg; Niacina, 200 000 mg; Ácido fólico, 500 mg; Biotina, 0,235 mg; Selenio, 0,2 g; Hierro, 80 g; Manganeso, 100 g; Cinc, 80 g; Cobre, 15 g; Cloruro de Potasio, 4 g; Óxido de Manganeso, 0,6 g; Bicarbonato de Sodio, 1,5 g; Yodo, 1,0 g; Cobalto, 0,25 g

Diseño experimental y manejo de los bioensayos

Los dos bioensayos se realizaron según modelos de clasificación simple con tres repeticiones por tratamientos. Las unidades experimentales fueron tanques circulares de cemento de 68 litros (L) de capacidad, con flujo de agua constante (100 % de recambio /d), donde los animales estuvieron una semana (sem) previo a los experimentos para su adaptación.

Para el primer bioensayo, se utilizaron 480 alevines de *C. gariepinus* (10,71 ±0,06 g peso promedio inicial), distribuidos al azar en 12 tanques (40 animales por cada uno). Los tratamientos fueron tres dietas experimentales con HSC (D-I), ESF (D-II) y ESC (D-III) (TABLA II), las que se compararon con el pienso comercial *SKRETTING*[®] ME-2 Catfish start 49,0 % de PB.

En el segundo bioensayo se utilizaron 360 alevines de *C. gariepinus* (20,12±0,08 g peso promedio inicial), colocados al azar en otros 12 tanques (30 animales por cada uno). Se ensayaron tres dietas experimentales con iguales variantes

de subproductos cárnicos (TABLA III), las que se compararon con el alimento comercial *SKRETTING*[®] ME-4,5 Catfish 44,0 % de PB.

Diariamente se tomaron los valores de temperatura y oxígeno disuelto con un Oxímetro digital (*HANNA*, HI -9142, Rumania). Una vez por sem se midieron los niveles de amonio y nitrato con un kit colorimétrico de aguas (*Aquamerck*, Alemania). Las raciones se suministraron al 5 % del peso corporal/ durante 60 d y se ajustaron cada 15 d.

Cálculos y análisis estadísticos

Al final de los bioensayos los animales se pesaron en una balanza digital (*Sartorius* BP 3100, Alemania) para el cálculo de los siguientes indicadores productivos:

Peso medio final.

Alimento suministrado= Cantidad total de alimento suministrado / Número de animales finales. Proteína suministrada = Cantidad total de proteína suministrada / Número de animales

TABLA III
COMPOSICIÓN PORCENTUAL Y QUÍMICA DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES PARA ENGORDE (g/100 g MS)

Ingredientes	D-IV HSC	D-V ESF	D-VI ESC
Harina de pescado	15	15	15
Harina de subproductos de cerdos, HSC	10		
Ensilado de subproductos frescos, ESF		10	
Ensilado de subproductos cocidos, ESC			10
Harina de soya	40	40	40
Harina de trigo	29	30	29
Aceite de soya	5	4	5
*Mezcla Vit-minerales	1	1	1
Sal común	0,25	0,25	0,25
Materia seca	92,23	90,1	88,9
Proteína bruta	37,5	37,6	37,5
Extracto etéreo	7,5	8,2	8,4
Carbohidratos	32,9	33,6	32,9
Fibra bruta	2,9	2,9	2,9
Cenizas	6,8	7,6	7,7
Energía digestible MJ/kg	12,39	12,67	12,69

* Mezcla vitamínica-mineral (kg de dieta): Vitamina A, 500IU; Vitamina D, 100IU; Vitamina E, 75 000 mg; Vitamina K, 20 000 mg; Vitamina B₁, 10 000 mg; Vitamina B₃, 30 000 mg; Vitamina B₆, 20 000 mg; Vitamina B₁₂, 100 mg; Vitamina D, 60 000 mg; Niacina, 200 000 mg; Ácido fólico, 500 mg; Biotina, 0,235 mg; Selenio, 0,2 g; Hierro, 80 g; Manganeso, 100 g; Cinc, 80 g; Cobre, 15 g; Cloruro de Potasio, 4 g; Óxido de Manganeso, 0,6 g; Bicarbonato de Sodio, 1,5 g; Yodo, 1,0 g; Cobalto, 0,25 g

TABLA IV
COMPORTAMIENTO DE LOS INDICADORES PRODUCTIVOS EN EL PRE-ENGORDE DE *C. gariepinus* CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Indicadores	D-I HSC	D-II ESF	D-III ESC	Control	EE ±
Consumo alimento (g/animal)	44,49 ^b	40,97 ^a	44,99 ^b	43,31 ^{ab}	Sign 0,74
Consumo proteína (g/animal)	18,06 ^b	16,44 ^a	18,03 ^b	21,00 ^c	P=0,0204 0,29
Pesos finales	71,36 ^b	61,42 ^a	69,98 ^b	68,05 ^b	P<0,0001
FCA	±1,70 1,15	±1,67 1,04	±1,70 1,10	±1,68 1,11	P=0,0002 0,02
¹ Supervivencias (%)	4,50 (96,97)	- (100)	6,00 (96,97)	4,50 (98,48)	P=0,0529 2,63 P=0,9999

Letras diferentes en la misma fila, difieren para P < 0,05 según Duncan (1955)

(1) Medias transformadas según arcoseno raíz %

TABLA V
COMPORTAMIENTO DE LOS INDICADORES PRODUCTIVOS EN EL ENGORDE DE *C. gariepinus*
CON LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Indicadores	D-I HSC	D-II ESF	D-III ESC	Control	± EE	Sign
Pesos finales	125,1 ^a	46,92 ^b	49,66 ^b	116,9 ^a		
	± 1,92	± 1,19	± 1,70	± 1,46	P=0,0001	
Consumo alimento (g/animal)	83,58 ^a	44,39 ^b	52,05 ^b	69,10 ^{ab}	7,61	
					P=0,0412	
Consumo proteína (g/animal)	31,11 ^a	16,39 ^b	19,20 ^{ab}	30,42 ^a	3,23	
					P=0,0301	
FCA	0,98 ^a	3,72 ^c	3,03 ^b	0,92 ^a	1,15	
					P=0,0001	
¹ Supervivencias (%)	6,41	5,86	6,01	6,34	1,63	
	(81,0)	(73,3)	(75,0)	(80,0)	P=0,0614	

Letras diferentes en la misma fila, difieren para P<0,05 según Duncan (1955)

(1) Medias transformadas según arcoseno raíz %

finales. Factor de Conversión Alimentaria (FCA) = Alimento añadido /Ganancia peso.

Supervivencia (S)=No. Animales finales/ No. Animales iniciales x100.

Para el análisis de los resultados, se probaron los supuestos de normalidad de los errores y la homogeneidad de varianza. Se realizó un análisis de varianza de clasificación simple y cuando se encontraron diferencias (P<0,05), las medias se compararon por la dócima de rangos múltiple de Duncan [4]. Se utilizó el paquete estadístico InfoStat versión 2012 [3].

Evaluación económica

La evaluación económica se realizó según la metodología de Toledo y col. [15]. Los costos de las dietas experimentales se calcularon a partir de los precios internacionales de las materias primas reportados en julio de 2020 (www.indexmundi.com). A los resultados se le sumó el 45 % del total de los costos de las materias primas por concepto de gastos adicionales (transportación, maquila y administrativos) para Cuba. Estos valores se multiplicaron por los FCA que se obtuvieron en el estudio para conocer los costos de alimentación; los cuales se consideraron el 60 % del gasto total de producción. Los precios de los alimentos SKRETTING® ME-2 Catfish start 49,0 % y ME-4,5 Catfish 44,0 % de PB, así como el valor de la producción (US \$ 3 400,00 /t) los brindó el Departamento de Economía de la Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo experimental, la temperatura y el oxígeno disuelto del agua de los tanques oscilaron de 25,7 a 26,9°C y de 4,1 a 5,3 miligramos (mg) /L, respectivamente; los niveles de amonio y nitrito se mantuvieron próximos a 0,01 mg/L, por medio de la circulación de agua. Estos valores se consideran de confort para el buen desempeño productivo de la especie [14].

Para la formulación en el primer bioensayo se incluyó 25 % de HP y 10 % de SC (por las tres metodologías de procesamiento) para incrementar el nivel de proteína dietética y mejorar la conversión alimentaria del estudio realizado por Llanes y col. [6]. En el segundo bioensayo se disminuyó la HP a 15 % debido que el control presentó menor PB (44,0 %) y es la etapa de mayor consumo de alimento y la HP es una materia prima de importación con alto precio y poca disponibilidad, lo cual no se garantizaría la sostenibilidad del cultivo.

En el pre-engorde se observó que todos los animales consumieron las raciones experimentales. No obstante, los menores consumos de alimento y proteínas (P<0,05) se obtuvieron cuando el ensilado se elaboró con los SC frescos, DII-ESF, lo que proporcionó los menores pesos finales (TABLA IV). Por otra parte, los factores de conversión alimentaria no presentaron diferencias (P>0,05), aunque tendieron ser inferior con el ensilado de SC frescos (DII-ESF), por el menor consumo de alimento y una ganancia de peso, que aunque fue menor que el resto de los tratamientos no fue muy perjudicada (TABLA IV).

En el segundo bioensayo (engorde), la disminución de HP afectó el crecimiento y la conversión alimentaria de los animales que consumieron las dietas con SC ensilados, tanto

TABLA VI
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA UTILIZACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS CÁRNICOS
EN DIETAS EXTRUSADAS PARA CULTIVO INTENSIVO DE BAGRES AFRICANOS (\$ US /t)

Indicadores	D-I HSC	D-II ESF	D-III ESC	Control
Bioensayo I				
Costo de la dieta	995,17	912,34	931,23	1 640,00
Costo de alimentación	1 144,44	948,83	1 024,35	1 820,40
Gasto total	1 907,41	1 581,38	1 707,25	3 034,00
Utilidades	1 452,59	1 818,62	1 692,75	1 213,60
Ahorro	238,99	605,02	479,15	-
Bioensayo II				
Costo de la dieta	831,79	748,95	767,84	1 340,00
Costo de alimentación	815,15	2 786,10	2 326,55	1 232,80
Gasto total	1 358,58	4 643,50	3 877,58	2 054,66
Utilidades	2 041,42	-1 243,5	- 477,58	1 345,34
Ahorro	696,08	-	-	-

Valor de la producción: \$ US 3 400,00 /t

Utilidades= Valor de producción- Gasto total

frescos como cocidos (DV-ESF y DVI-ESC). Por el contrario, cuando se deshidrataron (DIV-HSC) los indicadores productivos fueron similares respecto al control (TABLA V).

Las supervivencias en el pre-engorde fueron altas (96 %) (TABLA IV), mientras en el engorde, aunque no presentaron diferencias estadísticas, con las dietas de ensilados disminuyeron ligeramente en relación con el control (TABLA V). Es importante resaltar que no se observaron indicios de canibalismos, por tanto, se evidencia que los SC no son promotores de mortalidades con ninguna de las metodologías de procesamiento para su incorporación en dietas extrusadas.

Los resultados que se alcanzaron con los ensilados de SC frescos (pre-engorde) y frescos y cocidos (engorde) pudieran atribuirse a los altos contenidos de grasa de los SC que disminuyen la palatabilidad y digestibilidad de la ración [9]. Anteriormente, Bureau [2] reportó que la grasa de los animales terrestres se caracteriza por un considerable contenido de ácidos grasos (AG) saturados, no recomendables para animales monogástricos. Este autor encontró que los alimentos para peces con aceites de pescado y/o vegetal fueron 6 % mejor digeridos que los que contenían grasa animal y lo atribuyó al elevado punto de fusión de este último. Informó, además, que la digestibilidad de la grasa en truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) disminuyó cuando aumentaron el punto de fusión y el grado de saturación.

Diversos autores han evaluado ensilados de subproductos pesqueros (EP) que se caracterizan por altas concentraciones de AG insaturados y reportaron indicadores productivos similares e incluso superiores a los que se obtienen con los piensos comerciales en bagre americano (*Ictalurus punctatus*) [1], tilapia roja (*Oreochromis spp.*) [9] y bagre africano [8]. No obstante, es importante señalar que todos los autores utiliza-

ron dietas isoproteicas y los controles tuvieron la HP como única fuente de proteína animal. Por su parte, los piensos SKRETTING® presentan altos niveles de PB (44 y 49 %), óptima calidad tecnológica y se elaboran con ingredientes proteicos convencionales como HP, subproductos de aves, plumas hidrolizadas, gluten de maíz (*Zea mays*) y trigo y concentrado de soya. Está bien documentado que piensos de altos niveles de PB y elaborados con fuentes proteicas de origen animal presentan mayor valor nutricional respecto a otros con menores contenidos de PB y la mayor proporción de proteínas de origen vegetal por la presencia de factores antinutricionales [16].

En cuanto a los ensilados (frescos y cocidos), los niveles de materia seca (MS) fueron bajos (26,32 y 34,10 %), de ahí que en la elaboración de las raciones para alcanzar 10 % de inclusión en base seca se tuvieron que utilizar grandes cantidades de EP (37,99 g y 29,32 g por cada 100 g de alimento) y por tanto, la mezcla final se afecta por los altos niveles de grasa que influyen en el proceso de secado y aglomeración. El proceso de cocción a los SC permitió incrementar los niveles de MS y la disminución de una parte de la grasa, pero al parecer no fue suficiente para que este ensilado remplazara de forma eficiente la HP en la etapa de engorde.

Esta afectación que tuvieron los animales con las dietas a base de ensilados se puede relacionar con otras investigaciones que informaron que el proceso de ensilado afecta la calidad de las proteínas, al generar muchos aminoácidos libres que se absorben rápidamente [11]; las pérdidas de triptófano, por ser un aminoácido sensible al medio ácido [17] y la acidez de la dieta, la cual disminuye su aceptación y afecta la actividad de las proteasas pancreáticas [13]. Referente a esto último, numerosos autores coinciden en la utilización de ácidos orgánicos fundamentalmente fórmico, para ensilar los subproductos pesqueros y cárnicos por asegurar la

conservación del silo sin descenso excesivo del pH (próximo a 4), cuestión importante en la fabricación de piensos extrusados [9,15].

Los resultados de este estudio llevan a sugerir que la elaboración de HSC fue la opción más viable en la formulación de alimentos alternativos a los SKRETTING® para los cultivos intensivos de bagres. Este insumo presentó una composición química de 67,2 % de PB comparable con la HP y 2,7 % de extracto etéreo, ventaja para la disminución de las grasas de la ración, lo cual mejora la estabilidad física de los pellets y el comportamiento productivo de los animales.

También, se contribuye con menor impacto ambiental al disminuir las cargas de nutrientes inorgánicos solubles al medio. Las dietas formuladas con base en HP suministran contenido total de fósforo que sobrepasa los requerimientos mínimos para un crecimiento óptimo, además de encontrarse fundamentalmente como fosfato tricálcico cuya biodisponibilidad es baja para muchas de las especies de cultivo [15].

Desde el punto de vista económico, el costo del procesamiento de los subproductos por técnicas de ensilados fue US \$ 0,393 /kg de MS (subp. frescos) y 0,461 /kg de MS (subp. cocidos), los que pueden variar por el precio del ácido y los SC en los diferentes países. Estos valores se pueden considerar bajos respecto a la HP (US \$ 1,486 /kg), por el poco consumo de energía en el proceso de elaboración.

La HSC, en cambio, presentó un costo mayor (US \$ 0,902 /kg) por el elevado consumo energético, fundamental para alcanzar los niveles de humedad y actividad acuosa del producto que eviten la proliferación de microorganismos alterantes. En este caso, se usó una temperatura moderada (60°C ± 2°C) para proteger el contenido nutricional de los SC. La exposición del alimento a altas temperaturas durante su procesamiento puede disminuir la digestibilidad de las proteínas por la racemización de los aminoácidos, formación de fuentes disulfuro y las reacciones de Maillard [12]. Es por ello, que al utilizar baja temperatura se prolongó el tiempo de secado en la estufa y aumentó el consumo de energía.

Por otro lado, las dietas experimentales presentaron los menores costos (TABLA VI), debido que su fabricación se realiza en el país y la utilización de subproductos cárnicos constituye una alternativa para disminuir los costos de alimentación y producción en las piscifactorías [7, 9]. Por el contrario, los piensos SKRETTING® presentan altos precios por las numerosas fuentes de proteínas convencionales que lo componen y los gastos que implica la importación.

Utilidades= Valor de producción- Gasto total Como se muestra, el uso de alimentos nacionales para la etapa de pre engorde permitió ahorros alentadores en las utilidades con relación al control (TABLA VI). Sin embargo, para el engorde solo se obtuvieron resultados satisfactorios donde se incluyó la HSC (D-IV HSC), lo que indica que es factible el proceso de deshidratación (harinas) que conlleve a un desgrasado para evitar resultados indeseables y aunque tenga un mayor costo de elaboración, no compromete los indicadores productivos de los animales y contribuye con el problema de la baja dis-

ponibilidad y los altos precios de la HP.

CONCLUSIONES

Niveles de 25 % de HP y 10 % (base seca) de subproductos cárnicos deshidratados (harina) o cocidos - ensilados en la etapa de pre-engorde y 15 % de HP y 10 % de subproductos cárnicos deshidratados en el engorde, no comprometen los indicadores productivos de *C. gariepinus* al compararse con los piensos SKRETTING®, con un efecto económico positivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BRINGAS, L.; ZAMORANO, A.; ROJO, J.; GONZÁLEZ, M. L.; PÉREZ, M.; CÁRDENAS, J. L.; NAVARRO, G. Evaluación del ensilado fermentado de subproductos de tilapias y su utilización como ingrediente en dietas para bagre del canal. **Rev. Cien. Biol. Salud** XX (2): 85-94. 2018.
- [2] BUREAU, D.P. Animal fats as aquaculture feed ingredients. **Internacional AQUAFEED** 7(1): 33-36. 2004.
- [3] DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZÁLEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. Infostat versión 2012. Grupo Infostat. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>.
- [4] DUNCAN, D.B. "Multiple Range and Multiple F Tests". **Biometrics**. 11 (1): 1-42. 1955.
- [5] LATIMER, G. W. Official methods of analysis of AOAC International. 20th Ed., Rockville, MD: AOAC International. V.1, 700 pp. 2016.
- [6] LLANES, J.; PORTALES, A.; TOLEDO, J. Evaluación de dietas con harina de pescado alternativas del alimento SKRETTING en *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). **Rev. Cub. Inv. Pesq.** 34 (2): 53-59. 2017.
- [7] LLANES, J.; TOLEDO, J.; PORTALES, A.; SARDUY, L. Partial replacement of fishmeal by meat silage in extruded diets for *Clarias gariepinus*. **Cub. J. Agric. Sci.** 51 (1): 1-7. 2017.
- [8] LLANES, J.; PARISI, G. Productive and economic indicators of *Clarias gariepinus*, fed with fishery byproducts ensiled with sulfuric and formic acids. **Pastos y Forrajes**. 43 (3):56-61. 2020.
- [9] PEREA, C.; GARCÉS, Y. J.; MUÑOZ, L. S.; HOYOS, J. L.; GÓMEZ, J. A. Valoración económica del uso de ensilaje de residuos piscícolas en la alimentación de *Oreochromis* spp. **Biotechnol. Sector Agropec. y Agroind.** 16(1): 43-51. 2018.
- [10] PORTALES, A.; LLANES, J. E.; TOLEDO, J. Caracterización del ensilado químico de subproductos cárnicos para peces. **Rev. Cub. Inv. Pesq.** 32(1):36-39. 2015.
- [11] STONE, F. E.; HARDY, R. W.; SHEARER, K. D.;

- SCOTT, T. M. Utilization of fish silage by Rainbow Trout (*Salmo gairdnerii*). **Aquacult.** 76: 108-112. 1989.
- [12] SUAREZ, L.; MONTES, J.; ZAPATA, J. Optimización del Contenido de Ácidos en Ensilados de Visceras de Tilapia Roja (*Oreochromis spp.*) con Análisis del Ciclo de Vida de los Alimentos Derivados. **Inf. Technol.** 29(6):83-94. 2018.
- [13] RUNGRUANGSAK, K.; UTNE, F. Effect of different acidified wet feeds on protease activities in the digestive tract and on the growth rate of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Aquacult.** 22: 67-69. 1981.
- [14] TOLEDO, J.; LLANES, J.; LAZO DE LA VEGA, J. El Clarias. ¿Una amenaza para el ecosistema cubano? **AcuaCUBA** 13 (1): 5 -11. 2011.
- [15] TOLEDO, J.; LLANES, J.; ROMERO, C. Nutrición y alimentación de peces tropicales. **AcuaCUBA** 17(1): 5-29. 2015.
- [16] TOMÁS, A.; MARTÍNEZ, S.; LÓPEZ, J.; MOÑINO, A.; JOVER, M. Determinación de la digestibilidad de piensos extrusionados según el nivel y fuente proteica en la Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Memorias del I Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, CIVA 2002.
- [17] VIDOTTI, R. M.; MACEDO, E. M.; CARNEIRO, D. J. Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. **Anim. Feed Sci. Technol.** 105: 199-204. 2003.