

Evaluación de dos ensilados de subproductos pesqueros elaborados con ácidos sulfúrico y fórmico en dietas extrusadas para *Clarias gariepinus*

Evaluation of two fishery by-product silages made with sulfuric and formic acids in extruded diets for *Clarias gariepinus*

José E. Llanes¹ y Giuliana Parisi²

¹ Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas. Carretera central Km 20, Loma de Tierra, Cotorro, La Habana, Cuba, E-mail: jose@edta.alinet.cu

² Universidad de Florencia. Viadelle Cascine 5 – 50144 Florence FI. Italia.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar dos ensilados de subproductos pesqueros elaborados con ácidos sulfúrico 98 % y fórmico en dietas extrusadas para *Clarias gariepinus*. Se utilizaron 270 alevines de $10,4 \pm 0,06$ g de peso promedio distribuidos al azar según modelo de clasificación simple en tres tratamientos con tres repeticiones. Los tratamientos fueron el concentrado para preceba de clarias (control), una dieta con ensilado de pescado preparado con ácido sulfúrico 98 % y otra con ensilado elaborado con ácido fórmico. Los animales se alimentaron durante 60 días. No se encontraron diferencias ($p < 0,05$) en los pesos finales (66,27 g y 70,71 g), conversión alimentaria (1,18 y 1,15) y eficiencia proteica (3,09 y 3,18) entre las dietas con ensilado de pescado, aunque hubo tendencia a mejorar con el ácido fórmico. Estos valores fueron superiores ($p < 0,05$) a los alcanzados con el control (peso final de 56,36 g, conversión alimentaria de 1,48 y eficiencia proteica de 2,31). Las supervivencias fueron altas en todos los tratamientos ($> 94,44$ %). El análisis económico mostró que las mayores utilidades fueron con los ensilados (US \$ 2 618,8/t y 2 428,5/t) respecto al control (US \$ 2 061,15/t). Los ensilados de subproductos pesqueros elaborados con ácido sulfúrico 98 % y con ácido fórmico en dietas extrusadas favorecieron los indicadores productivos en *Clarias gariepinus*, con un efecto económico positivo al disminuir la importación de harina de pescado.

Palabras clave: ácidos, alimentación, bagres, ensilados químicos.

ABSTRACT

The objective of the work was to evaluate two fishery by-product silages made with 98 % sulfuric and formic acid in extruded diets for *Clarias gariepinus*. 270 fingerlings of $10,4 \pm 0,06$ g of average weight were used randomly distributed according to the simple classification model in three treatments with three repetitions. The treatments were the concentrate for pre-fattening of catfishes (control), a diet with fish silage prepared with 98 % sulfuric acid and another with silage made with formic acid. The animals were fed for 60 days. No differences were found ($p < 0,05$) in the final weights (66,27 and 70,71 g), feed conversion (1,18 and 1,15) and protein efficiency (3,09 and 3,18) between diets with fish silage, although there was a tendency to improve with formic acid. These values were higher ($p < 0,05$) than those reached with the control (final weight of 56,36 g, feed conversion of 1,48 and protein efficiency of 2,31). Survival rates were high in all treatments ($> 94,44$ %). The economic analysis showed that the highest profits were with silage (US \$ 2 618,8 and 2 428,5/t) compared to control (US \$ 2 061,15/t). Fishery by-product silage made with 98 % sulfuric acid and formic acid in extruded diets favored the productive indicators in *Clarias gariepinus*, with a positive economic effect by reducing the import of fishmeal.

Keywords: acids, feed, catfish, chemical silages.

Recibido: 2/3/21

Revisado: 23/3/21

Aceptado: 1/4/21

INTRODUCCIÓN

La escasez de materias primas proteicas y su alto precio en el mercado internacional generan una gran incertidumbre en relación con la proyección futura de la acuicultura en Cuba. De ahí, la necesidad creciente de desarrollar nuevas metodologías de alimentación, toda vez que el alimento representa entre el 50-70 % de los costos de producción de la piscicultura intensiva (Perea *et al.*, 2018).

Una metodología de alimento semihúmedo (74,3 g de materia seca/100 g de alimento) a base de ensilado de subproductos pesqueros (EP) se desarrolló para el cultivo intensivo de bagre africano *Clarias gariepinus* (Toledo *et al.*, 2013), principal especie de cultivo intensivo en el país. El EP es una tecnología simple, de baja inversión y el producto se puede obtener por acidificación o fermentación láctica.

Por acidificación la combinación de los ácidos sulfúrico 98 % y fórmico se convirtieron en cierta forma como un paradigma en el rango de 1,5-2,0 % para cada ácido (Toledo *et al.*, 2013; Valenzuela & Morales, 2016; Perea *et al.*, 2018). No obstante, por la disponibilidad y el costo, el ácido sulfúrico se estableció como insumo clave en el proceso.

En la provincia de Sancti Spíritus se ejecuta un proyecto internacional (AID010713 – IPEPAC), financiado por la Agencia Italiana para la Cooperación AlloSviluppo (AICS), para la extensión de esta metodología de alimentación alternativa, pero con la adecuación de la extrusión del alimento. En este sentido, Llanes *et al.* (2017) evaluaron dos niveles de sustitución (10 y 20 %) de harina de pescado (HP) por ensilado cárnico (EC), elaborado con ácido sulfúrico al 98 %, en dietas extrusadas para bagres africanos y alertaron sobre la extrema acidez del EC (pH 2,06), lo cual influyó en el consumo de las raciones.

Referente a esto, Perea *et al.* (2018) informaron que el ácido fórmico resulta más ventajoso para ensilar subproductos pesqueros para dietas extrusadas, pero su uso puede resultar costoso por la importación. De ahí que el objetivo de este trabajo fue evaluar dos ensilados de subproductos pesqueros elaborados con ácido sulfúrico al 98 % y ácido fórmico en dietas extrusadas para alevines de *Clarias gariepinus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El bioensayo se realizó en el Laboratorio de Nutrición de la Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (EDTA), en el municipio Cotorro, La Habana. Las unidades experimentales consistieron en nueve tan-

ques circulares de cemento de 68 L con flujo de agua de 0,2 L/min las 24 h.

Los alevines de *C. gariepinus* procedieron del área de alevinaje de la Unidad de Desarrollo e Innovación El Dique. Estos estuvieron una semana en adaptación en una piscina de cemento de 4,5 m³, donde recibieron el concentrado comercial para alevines de clarias (34 % de proteína bruta y 12,2 MJ /kg) y al cabo de este tiempo se pescaron y seleccionaron 270 peces de 10,4 ± 0,06 g de peso promedio, los que se distribuyeron al azar en tres tratamientos con tres repeticiones (30 peces por tanque) según modelo de clasificación simple. Los tratamientos fueron un control que se correspondió con la formulación del concentrado comercial para la preceba de clarias, una dieta con ensilado de pescado (EP) preparado con ácido sulfúrico al 98 % y otra dieta con EP elaborado con ácido fórmico (TABLA 1).

TABLA 1. Composición porcentual y química de las dietas experimentales (g/100 g materia seca)

Ingredientes	D-I	D-II	D-III
	Control	A. sulfúrico	A. fórmico
Harina de pescado	10	-	-
Ensilado (A. sulfúrico)	-	10	-
Ensilado (A. fórmico)	-	-	10
Harina de soya	40	40	40
Trigo	23	25	25
Salvado de trigo	20	20	20
Aceite de soya	4	3	3
Fosfato di cálcico	2	1	1
P. vitaminas y minerales*	1	1	1
Total	100	100	100
Materia seca	91,8	88,46	89,11
Proteína bruta	29,75	27,91	27,39
Extracto etéreo	6,21	7,66	7,36
Fibra bruta	5,07	4,97	4,81
Cenizas	6,30	7,18	7,13
Energía digestible (MJ/kg)	11,04	12,11	11,96
PB/ED (g/MJ)	26,94	23,04	22,90

*Mezcla vitamínica-mineral (kg de dieta): vit. A, 500IU; vit. D, 100 IU; vit. E, 75 000 mg; vit. K, 20 000 mg; vit. B₁, 10 000 mg; vit. B₃, 30 000 mg; vit. B₆, 20 000 mg; vit. B₁₂, 100 mg; vit. 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.

Preparación de los ensilados: Se utilizaron sub-productos del fileteado de tilapias (cabezas, espinas y vísceras), los cuales se molieron en molino de carne (JAVAR 32, Colombia). La pasta resultante (10 kg) se dividió en dos porciones iguales; una se mezcló con 2 % de ácido sulfúrico al 98 % (p/v) y la otra con 2 % de ácido fórmico (p/v), almacenándose en dos tanquetas plásticas con tapa durante siete días. Ambos ácidos se adquirieron en la firma comercial MERCK.

Preparación de las dietas: Las harinas (pescado, soya y trigo) y el salvado de trigo se molieron en un molino de martillo criollo a un tamaño de partícula aproximadamente de 250 μm . Las mezclas de cada dieta se realizaron en una mezcladora (HOBART MC-600, Canadá) por 10 min y posteriormente se les adicionaron el aceite de soya, la mezcla vitamino-mineral y cada EP en forma húmeda (10 % de inclusión calculada en base seca y previa neutralización con 2,5 % de carbonato de calcio), y se continuó el mezclado por 5 min. La aglomeración de las dietas se realizó en una extrusora (DGP 70, China) con diámetro de 3 mm y los pellets se secaron en una estufa (Selecta, España) a 60 °C por 24 h. El alimento control se preparó en iguales condiciones a las experimentales.

Las determinaciones bromatológicas se realizaron según los métodos descritos por Latimer (2016) y la energía digestible se calculó según los coeficientes calóricos referidos por Toledo *et al.* (2015).

Todos los días se tomaron los valores de temperatura y oxígeno disuelto con un Oxímetro digital (HANNA, Rumania) y semanalmente los niveles de amonio con un kit colorimétrico de aguas (Aquamerck, Alemania). Las dietas se ofrecieron al 6 % del peso corporal en dos raciones (9:00 y 15:30 h) durante 60 días. Cada 15 días se ajustaron las raciones y al final del bioensayo se realizó un pesaje individual a todos los animales en una balanza digital (Sartorius, Alemania) para el cálculo de los siguientes indicadores productivos: Peso medio final; Conversión alimentaria (FCA) = Alimento añadido/Ganancia peso; Eficiencia proteica (EP) = Ganancia en peso/Proteína suministrada; Supervivencia (S) = No. Animales finales/No. Animales iniciales x 100.

Análisis estadístico: Se probaron los supuestos de normalidad y homogeneidad y se realizó un análisis de varianza de clasificación simple mediante el paquete estadístico INFOSTAT versión 2012 (Di Rienzo *et al.*, 2012) y cuando se encontraron diferencias ($p < 0,05$), las medias se compararon por la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Análisis económico: Se realizó según Toledo *et al.* (2015). Se calcularon los costos de las dietas a partir de los precios internacionales de las materias primas para enero de 2021 (<http://www.indexmundi.com/precios-de-mercados>), más el 45 % por conceptos de gastos adicionales (transportación, maquila y administrativos) para Cuba. Estos valores se multiplicaron por las con-

versiones alimentarias para conocer los costos de alimentación; los cuales se consideraron el 60 % de los gastos totales de producción. El valor de la producción (US \$ 3 400,00/t) y de los ensilados fueron brindados por el Departamento de Economía de la Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el período experimental la temperatura y el oxígeno disuelto del agua de los recipientes oscilaron entre 25,7-26,9 °C y entre 5,1-6,0 mg/L respectivamente. El nivel de amoníaco se mantuvo en niveles de 0,01 mg/L, a través de la circulación de agua; valores que se consideran de confort para el buen desempeño productivo de la especie según Toledo *et al.* (2015).

Se observó el rápido consumo de ambas dietas con EP, lo que evidencia su buena aceptabilidad por los peces durante todo el bioensayo, contrario a lo observado por Llanes *et al.* (2017) donde hubo un mayor consumo en el alimento control respecto a la dieta con EC. Por tanto, el tipo de ácido y el nivel de ensilado (10 % base seca) no influyeron en los indicadores productivos de esta etapa que se corresponde con la preceba (10,0-70,0 g de peso medio) del cultivo.

Es importante señalar que el valor de pH del ensilado con ácido sulfúrico osciló entre 3,2 y 3,4 durante su almacenamiento. Estos valores estuvieron por encima de los obtenidos en EC, que presentaron pH de 1,81 (Portales *et al.*, 2015) y 2,06 (Llanes *et al.*, 2017) a los siete días de almacenados. Lo anterior pudiera evidenciar que la concentración de escamas y espinas de los subproductos de tilapia pueden contribuir con el efecto buffer sobre la acidez del ensilado, que posteriormente al neutralizarse con carbonato de calcio disminuye más la acidez del producto para su incorporación a las dietas extrusadas.

En tal sentido, Toledo *et al.* (2013) no observaron problemas con la aceptabilidad de las raciones al utilizar a escala productiva 40 % de EP elaborado con 2 % de ácido sulfúrico 98 % (p/v) en raciones semihúmedas, a pesar que el ensilado no se neutralizó con carbonato de calcio. Esto pudiera indicar, que en este tipo de dieta, el porcentaje de agua presente en la ración disminuye la concentración de acidez, lo que no ocurre en dietas extrusadas, donde la extrusión disminuye el pH.

Los mejores indicadores de crecimientos y eficiencia alimentaria ($p < 0,05$) se obtuvieron con las dietas de ensilado de pescado (TABLA 2); resultados que fueron superiores a los informados por Llanes *et al.* (2017), para esta misma especie, con ensilado cárnico, así como a los obtenidos en bagres americanos (*Ictalurus punctatus*), donde solo fue posible incluir hasta un 5 % de ensilado fermentado de subproductos de tilapias (Bringas *et al.*, 2018).

TABLA 2. Comportamiento productivo de alevines de *Clarias gariepinus* con las dietas experimentales

Indicadores	D-I Control	D-II A. sulfúrico	D-III A. fórmico	±EE	Valor P
Peso final, g	56,36 ^a ±4,23	66,27 ^{ab} ±3,08	70,71 ^b ±3,44	-	0,019
Conversión alimentaria	1,48 ^a	1,18 ^b	1,15 ^b	0,05	0,001
Eficiencia proteica	2,31 ^a	3,09 ^b	3,18 ^b	0,14	0,000
Supervivencias %	94,44	100	96,66	0,98	0,058

^{a,b,c} Fila con letras distintas indican diferencias para $p < 0,05$ según test de Duncan.

Por otro lado, las supervivencias fueron altas (mayor que 94,44 %) para todos los tratamientos, lo que indica que, la inclusión de los EP en dietas extrusadas, no promueve la mortalidad en los alevines y no influyó en los resultados productivos del bioensayo.

Los resultados alcanzados en este estudio con los EP se pudieran relacionar con una mayor disponibilidad de proteína parcialmente hidrolizada y de energía, así como la acidificación que ofrecen estos a la dieta, lo que mejora la digestibilidad de los nutrientes y, por ende, el crecimiento de los animales (Toledo *et al.*, 2013; Suárez *et al.*, 2018).

En este sentido, Bringa *et al.* (2018) caracterizaron los subproductos del fileteado de tilapias y encontraron todos los aminoácidos esenciales y particularmente adecuadas concentraciones de lisina (7,296 g/100 g de proteína) y metionina (3,996 g/100 g de proteína); que en formulaciones para peces hay que cuantificar por ser limitantes en la mayoría de los ingredientes proteicos (Abdo-De la Parra *et al.*, 2017). Además, los autores reportaron el perfil de ácidos grasos donde las mayores concentraciones fueron el ácido palmítico C16:0 (25,56 %), palmitoleico C16:1 (6,70 %), linoleico C18:2n-6 (34,31 %) y linolénico C18:3n-3 (11,51 %) y la proporción de ácidos grasos n-6/n-3 fue de 2,3 a 1, muy favorables en las raciones para bagres africanos.

Shirai *et al.* (2001) informaron que los ensilados químicos presentan altos coeficientes de hidrólisis proteica debido a la actividad de enzimas digestivas, específicamente proteasas del propio pescado que aumentan las proteínas de bajo peso molecular. El aumento en el contenido de péptidos liberados y aminoácidos libres puede generar un mayor potencial quimioattractante y consecuentemente aumentar el estímulo nutritivo en peces carnívoros y omnívoros (Valenzuela & Morales, 2016).

Es importante señalar, que la HP es el ingrediente proteico clave en alimentos para acuicultura por su alto nivel de proteínas, perfil de aminoácidos y ácidos grasos esenciales, pero su alto precio no sustenta el desarrollo de una piscicultura intensiva con especies dulceacuí-

colas de bajo valor comercial. Además, su producción en el país no se justifica por la poca disponibilidad de subproductos pesqueros. De ahí, que una alternativa es el ensilado que se elabora con igual materia prima, aunado a la calidad y digestibilidad de su proteína (Llanes *et al.*, 2011).

En cuanto a la utilización de los ácidos, se corroboró que no hubo diferencias entre la utilización del ácido sulfúrico o el fórmico, respecto a los indicadores de crecimiento y eficiencia alimentaria (TABLA 2), por tanto, cualquiera de los dos ácidos se puede usar en la elaboración de ensilados pesqueros para incorporarlos en dietas secas, siempre que se neutralicen antes de su incorporación a la ración.

El remplazo de la HP por ensilados de subproductos pesqueros, en la formulación de alimentos acuícolas de alta calidad, puede repercutir en la reducción de los costos de alimentación y, a su vez, disminuir las importaciones de HP. El análisis económico (TABLA 3) mostró que las dietas con EP fueron las menos costosas, una vez que no se les incluye HP, que es el ingrediente proteico más costoso (US \$ 1 366,94/t). En cuanto a las de ensilado, la utilización del ácido sulfúrico 98 % fue la más económica por adquirirse en el país mientras el ácido fórmico es un insumo importado.

Así, el costo del procesamiento de estos subproductos por técnicas de ensilaje con ácido sulfúrico 98 % fue US \$ 0,362/kg de materia seca, mientras con ácido fórmico fue US \$ 0,816/kg de MS. Estos montos pueden variar en dependencia del precio de los ácidos y los subproductos pesqueros, pero la tendencia es a ser menores, en comparación con la HP (US \$ 1,52/kg).

En sentido general, los costos de alimentación y gastos totales de producción fueron menores con las dietas de EP (TABLA 3) debido a los menores costos de estas y las mejores conversiones alimentarias, de ahí que proporcionaran las mayores utilidades en la producción de una tonelada de pescado entero. Estos resultados que coinciden con lo informado por Perea *et al.* (2018) en un estudio de inclusión de ensilados de pescado en dietas extrusadas para tilapia roja (*Oreochromis spp.*).

TABLA 3. Análisis económico de la producción de *Clarias gariepinus* con las dietas experimentales (US \$/t)

Indicador	D-I Control	D-II A. sulfúrico	D-III A. fórmico
Costo de la ración	542,78	397,22	506,87
Costo de alimentación	803,31	468,72	582,90
Gasto total de producción	1 338,85	781,2	971,5
Utilidades	2061,15	2 618,8	2 428,5
Ahorro	-	557,65	367,35

Valor de producción: \$ US 3 400,00/t de pescado entero.

Utilidades = Valor de producción – Gasto total.

CONCLUSIONES

Los ensilados de subproductos pesqueros elaborados con ácido sulfúrico al 98 % y con ácido fórmico en dietas extrusadas mejoraron los indicadores productivos en alevines de *Clarias gariepinus*, con un efecto económico positivo al disminuir la importación de harina de pescado.

AGRADECIMIENTO

Al Centro Nacional de Producción de Animales de Laboratorios (CENPALAB) por el apoyo brindado en la adquisición de las materias primas para la elaboración de las dietas experimentales.

REFERENCIAS

Abdo-De la Parra, M. I., Rodríguez, G. A., Rodríguez, L. E., Domínguez, P., Román, J. C., Velasco G. & Ibarra, L. (2017). Composición proximal y perfil de aminoácidos de estadios tempranos del pargo flamenco *Lutjanus guttatus*. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 52(2), 325-332.

Bringas, L., Zamorano, A., Rojo, J., González, M. L., Pérez, M., Cárdenas, J. L. & Navarro, G. (2018). Evaluación del ensilado fermentado de subproductos de tilapias y su utilización como ingrediente en dietas para bagre del canal. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, XX(2), 85-94. Disponible: <http://biotecnia.unison.mx> [Consultado: marzo 23, 2019].

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. (2012). Infostat

versión 2012. Grupo Infostat. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible: <http://www.infostat.com.ar> [Consultado: octubre 9, 2013]

Latimer, G. W. (2016). *Official methods of analysis of AOAC International* (20th ed.), Rockville, MD: AOAC International. ISBN: 978-0-935584-87-5. Disponible: <http://www.directtextbook.com/isbn/9780935584875> [Consultado: septiembre 22, 2016].

Llanes, J., Bórquez, A., Alcaíno, J. & Toledo, J. (2011). Physico-chemical composition and digestibility of silages from fishery residues in the Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45(4): 417-421. ISSN: 0034-7485.

Llanes, J. E., Toledo, J., Portales, A. & Sarduy, Lucía (2017). Partial replacement of fishmeal by meat silage in extruded diets for *Clarias gariepinus*. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(1), 1-7. ISSN: 0034-7485.

Perea, C., Garcés, Y. J., Muñoz, L. S. Hoyos, J. L. & Gómez, J. A. (2018). Valoración económica del uso de ensilaje de residuos piscícolas en la alimentación de *Oreochromis* spp. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(1), 43-51, doi: <http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v16n1.623> [Consultado: febrero 22, 2019].

Portales, A., Llanes, J. E. & Toledo, J. (2015). Caracterización del ensilado químico de subproductos cárnicos para peces. *Rev. Cub. Inv. Pesq*, 32 (1), 36-39. ISSN 0138-8452.

Shirai, K., Guerrero, I., Huerta, S., Saucedo, G., Castillo, A., González, R. B. & Hall, G. M. (2001). Effect of initial glucose concentration and inoculation level of lactic acid bacteria in shrimp waste ensilation. *Enzyme and Microbial Technology*, 28, 446-452.

Suárez, L., Montes, J. & Zapata, J. (2018). Optimización del contenido de ácidos en ensilados de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) con análisis del ciclo de vida de los alimentos derivados. *Información Tecnológica*, 29(6), 83-94. Disponible: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000600083> [Consultado: noviembre 6, 2018].

- Toledo, J. & Llanes, J. (2013). Alternativas para la alimentación de organismos acuáticos. Experiencias con agregados de ensilado realizadas en Cuba. En: G. Depello, E. Witchiinsky & G. Wicki (Eds.), *Nutrición y Alimentación para la Acuicultura de Recursos limitados* (pp. 57-79). Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca. Buenos Aires. Argentina.
- Toledo, J., Llanes, J. & Romero, C. (2015). Nutrición y alimentación de peces de aguas cálidas. *AcuaCUBA*, 17(1), 5-29. ISSN: 1608-0467.
- Valenzuela, C. & Morales, M. S. (2016). Ensilado de pescado seco: una alternativa tentadora para alimentación animal. *Salmonexpert*, 41, 55-58. Disponible: <https://www.researchgate.net/publication/313251381> [Consultado: enero, 14, 2019].