



EVALUACIÓN DEL ENSILADO FERMENTADO DE SUBPRODUCTOS DE TILAPIA Y SU UTILIZACIÓN COMO INGREDIENTE EN DIETAS PARA BAGRE DE CANAL

EVALUATION OF A FERMENTED SILAGE FROM TILAPIA BY-PRODUCTS AND ITS UTILIZATION AS A FEED INGREDIENT FOR CATFISH

Lorena Bringas-Alvarado^{1*}, Albertina Zamorano-Ochoa, Juliana Berenice Rojo-Rodríguez, Mayra Lizett González-Félix¹, Martín Pérez-Velázquez¹, José Luis Cárdenas-López², Gerardo Navarro-García¹

¹ Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Luis Donaldo Colosio s/n. Col. Centro. CP 83000. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México.

² Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Universidad de Sonora.

RESUMEN

Los subproductos de acuicultura tienen gran potencial como ingredientes en la industria acuícola como fuente proteica para satisfacer requerimientos nutricios de organismos disminuyendo costo e impacto ambiental. Se elaboró ensilado fermentado (EF) con homogenizado de subproductos frescos (SPF) de 30 organismos de tilapia *Oreochromis niloticus* con 10% de yoghurt natural comercial y 15% de melaza. Se evaluó pH y acidez del EF, análisis proximal, perfiles de aminoácidos y ácidos grasos del SPF y EF, efecto del ensilaje en proteínas sarcoplásmicas y desempeño biológico de bagre de canal *Ictalurus punctatus* alimentado con 5 niveles de EF sustituyendo harina de pescado en dietas isolipídicas. El EF presentó valores de pH de 4.44 y acidez titulable de 1.32. Proteína cruda y grasa cruda en SPF y EF fueron 41.8% y 41.5% y 12% y 10.5 respectivamente sin diferencias significativas ($P > 0.05$). El bagre de canal alimentado con 5% de EF presentó tasa de crecimiento específica de 2.94%/día, factor de conversión alimenticia de 1.38, supervivencia de 84.07% y factor de condición K de 0.87, sin diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en comparación con la dieta de 0% de inclusión. Los resultados muestran la factibilidad de sustituir hasta 5% de harina de pescado por EF de subproductos de tilapia como ingrediente proteico, sin afectar el crecimiento y supervivencia de bagre de canal.

Palabras clave: subproductos, tilapia, ensilado fermentado, bagre de canal, acuicultura.

ABSTRACT

Aquaculture by-products are potential ingredients in the aquaculture industry as low cost protein sources used to satisfy requirements of different organisms, while reducing the negative impact on the environment. A fermented silage (FS) was produced with fresh by-products (FBP) of 30 Tilapia (*Oreochromis niloticus*) specimens by mixing an homogenate with 10% commercial yogurt and 15% molasses. FS was evaluated for pH, and acidity. FS and FBP were analysed for proximate composition, amino acid and fatty acid profiles. SDS-PAGE of sarcoplasmic proteins was performed to evaluate

the effect of silage. Channel catfish (*Ictalurus punctatus*) were fed isolipidic diets with five replacement levels of fish meal by FS. FS had a pH of 4.44 ± 0.16 and acidity of 1.32 ± 0.01 . Crude protein content was 41.8 and 41.5% in FBP and FS, respectively, and crude fat was 12 and 10.5%, respectively, with no significant differences ($P > 0.05$). Channel catfish fed 5% EF showed a specific growth rate of 2.94%/day, feed conversion ratio of 1.38, survival of 84.07% and condition factor of 0.87 without significant differences ($P \leq 0.05$) when compared to the 0% inclusion diet. Results showed the feasibility of replacing up to 5% of fish meal by EF of tilapia by-products as a protein source, without affecting growth and survival of channel catfish.

Key words: tilapia by-products, fermented silage, channel catfish, aquaculture.

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos es una actividad generadora de residuos, también llamados subproductos cuya reutilización puede reducir el impacto al ambiente. En los últimos años, la captura mundial de peces e invertebrados se ha mantenido relativamente constante alrededor de 90 millones de toneladas, mientras que la producción acuícola total ha reportado un crecimiento sostenido, logrando una producción de 73.8 millones de toneladas en el año 2014 (FAO, 2016). El destino de la producción de pescado, a partir de la década de los 90's ha mostrado una tendencia creciente a ser utilizada para consumo humano directo, incrementándose desde 73% a más de 86% (136 millones de toneladas) en 2012. Del restante 14%, la mayor parte (75%) equivalente a 16.3 millones de toneladas, se redujo a harina y aceite de pescado, y el 25% se utilizó para alimento de peces ornamentales, fines farmacéuticos y como materia prima para alimentación directa en la acuicultura, ganadería y producción de animales de peletería (FAO, 2016). Durante el procesamiento de los recursos pesqueros y acuícolas se produce entre el 30 y 85% de subproductos a los que no se les da un uso adecuado (Sahidi, 2007).

Actualmente en la acuicultura hay gran interés en la búsqueda de fuentes proteicas alternativas a la harina de

*Autor para correspondencia: Lorena Bringas-Alvarado
Correo electrónico: lorena.bringas@unison.mx

Recibido: 09 de noviembre de 2017

Aceptado: 02 de febrero de 2018

pescado en alimento balanceado de las especies cultivadas (García, A. *et al.* 2010; Moutinho *et al.*, 2017; Martínez *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2018).

El ensilado de pescado que se elabora a base de subproductos, desechos o pescado entero, ya sea por preservación ácida (ensilado ácido) o por fermentación microbiana anaeróbica (ensilado microbiano o fermentado) (Mitra y Mukhopadhyay, 2002; Martin-Xavier *et al.*, 2017) ofrece la posibilidad de reutilizar subproductos, así como también de disminuir los costos de producción de organismos acuáticos (Kompang, 1981; Brown y Sumner, 1985; Fagberno y Jauncey, 1995).

Éste último es relativamente más barato de producir y la tecnología es sencilla, pudiéndose utilizar en áreas rurales, lo que permite además generar fuentes de trabajo en países en desarrollo (Dhatemwa, 1989; Ferraz de Arruda *et al.*, 2007). El ensilado se alcanza cuando las enzimas proteolíticas comienzan a hidrolizar la proteína presente en el pescado. Dichas enzimas presentan una mayor actividad cuando los valores de pH son cercanos a 4 debido a la producción o inclusión de ácido láctico u otros ácidos (Bello, 1994).

La producción de tilapia en México según cifras preliminares del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2017), registró una producción mayor de 156 mil toneladas principalmente por acuicultura en 2016, donde el estado de Sonora está emergiendo como importante productor, con una producción que se triplicó en el período 2015-2016, reportándose 1,034.6 Toneladas (COAES, 2010). El procesamiento de este pescado genera subproductos que pueden ser utilizados para generar productos como nuevos ingredientes para la industria de alimentos balanceados con un beneficio económico adicional para los pequeños productores (González-Félix *et al.*, 2011).

Por su parte, el bagre de canal, *Ictalurus punctatus*, es una de las principales especies cultivadas en Estados Unidos, representa más del 60% de su producción acuícola. En 2015 se produjeron alrededor de 150 000 Toneladas (Zhong *et al.*, 2017). Su potencial económico mundial se ve reflejado en el aumento de la producción de 100,000 a 500,000 Toneladas anuales en las últimas décadas (ONU, 2014). Posee características distintivas para su cultivo, es un organismo muy resistente a fluctuaciones ambientales que puede vivir en un amplio rango de temperatura, además se adapta bien a diferentes sistemas de cultivos (Robinson *et al.*, 2001; Lara-Rivera *et al.*, 2015). El objetivo del presente trabajo es utilizar los subproductos del fileteo de tilapia *Oreochromis niloticus* para la elaboración de ensilado fermentado y llevar a cabo su caracterización parcial, así como evaluar su uso potencial como ingrediente mediante la inclusión en alimento para el cultivo del bagre de canal *I. punctatus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima y muestreo

Se colectaron 30 organismos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la Granja acuícola Gemso S.A. de C.V. (Fig. 1), ubicada en la Presa Plutarco Elías Calles "El Novillo" Tepupa,

Municipio San Pedro de la Cueva, Sonora, México. Se transportaron al laboratorio de Nutrición Acuícola del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS), en Hermosillo, Sonora, Mexico, en suficiente hielo para mantener una temperatura aproximada de 4 °C. En el laboratorio se congelaron a -20 °C; hasta su análisis y proceso.



Figura 1. Organismos experimentales de tilapia (*Oreochromis niloticus*).
Figure 1. Experimental organisms of tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Obtención de subproductos

Los organismos se filetearon y separaron las fracciones de cabeza, esqueleto, cola, vísceras y piel, para ser almacenados a -80 °C hasta su uso y evaluación. Los subproductos del fileteo se molieron en un molino de carne con dado de 3 mm de diámetro.

Elaboración de ensilado fermentado

A 300 g de homogenizado de subproductos se añadió 45 g de melaza como fuente de carbohidratos para promover la fermentación, 30 g de inóculo (*Lactobacillus* ssp de yogurt natural) y 30 g de ácido láctico al 6 % como iniciador. También se añadió 0.009 g de ácido sórbico como fungicida. La mezcla se incubó anaeróticamente a 30° ± 2 °C, y se agitó diariamente durante trece días.

Análisis de pH

Durante la elaboración del ensilado, se midió el pH con potenciómetro digital (Hanna pH 210, precisión ± 0.01) cada 24 horas los primeros cuatro días, posteriormente cada tercer día durante nueve días más.

Análisis de acidez titulable

La acidez titulable fue evaluada por el método volumétrico ácido-base, según la metodología de la A.O.A.C. (1996). Durante el período de fermentación se midió cada 24 horas los primeros cuatro días, posteriormente cada tercer día durante nueve días más. Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido láctico.

Análisis proximal de subproductos frescos (SPF) y de ensilado fermentado (EF)

Se evaluó la composición proximal tanto de los subproductos frescos (SPF) como del ensilado fermentado (EF),

partiendo de homogenizados de cada producto mediante las técnicas oficiales (A.O.A.C., 2005).

Perfil de aminoácidos

El perfil de aminoácidos se evaluó por el método descrito por Vazquez *et al.* (1995), previa hidrólisis con HCl 6.0 M y evaporación. La muestra se resuspendió con buffer de citrato de sodio pH 2.2, se hizo la derivatización con o-ftaldehído y la posterior cuantificación de aminoácidos en cromatógrafo líquido de alta presión Varian 9012 con una columna rainin microsorb short-one RP C-18, 3 µm, 10 cm x 4.6 mm ID y detector de fluorescencia a 340 y 455 nm, utilizando ácido alfa amino butírico como estándar interno.

Perfil de ácidos grasos

Los lípidos se extrajeron siguiendo la metodología descrita por Folch *et al.* (1957), y posteriormente se llevó a cabo la metilación de los ácidos grasos extraídos por Ce 2-66 (A.O.C.S., 1994), resuspendiendo en hexano los ácidos grasos metilésteres (FAME, por sus siglas en inglés), analizándolos y cuantificándolos en cromatógrafo de gases Varian CP-3800 equipado con una columna capilar omega-wax fused silica de 30m x 0.25mm, y un detector de ionización de flama. Se reporta el contenido de ácidos grasos como porcentaje del total de ácidos grasos metil ésteres identificados.

Efecto del ensilaje sobre proteínas sarcoplásmicas de subproductos

Se obtuvo un homogenizado del extracto crudo en buffer de fosfatos (pH 7.2), seguido de centrifugación a 4°C a 9,000 x g durante 1 hr. El análisis electroforético se realizó

siguiendo la metodología de Laemmli (1970) en equipo Miniprotean® III. Para determinar los pesos moleculares de las fracciones separadas se incluyó un patrón de marcadores de peso molecular de amplio rango: aprotinina de pulmón bovino (6.5 kDa), α-lactoalbúmina de leche bovina (14.2 kDa), inhibidor de tripsina de soya (20 kDa), tripsinógeno del páncreas bovino (24 kDa), anhidrasa carbónica de eritrocitos de bovino (29 kDa), gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa del músculo de conejo (36 kDa), ovoalbúmina de huevo de pollo (45 kDa), y albúmina de suero de bovino (66 kDa).

Utilización del ensilado fermentado en dietas para bagre de canal *Ictalurus punctatus*

Se elaboraron 6 dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de ensilado fermentado (EF) 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 % y 25 %. (Tabla 1) en una mezcladora Hobart (Hobart, Modelo A-200, Troy, Ohio, EUA) con un dado de 3 mm. Se analizó la composición proximal de las dietas con métodos oficiales y la grasa cruda se determinó por el método de Folch *et al.* (1957), así como también se determinó el perfil de ácidos grasos por los métodos descritos anteriormente.

Análisis biológico del efecto de la inclusión de ensilado en dietas para bagre de canal

Se realizó un bioensayo en un sistema de recirculación bajo condiciones controladas (Fig. 2) que consta de 48 tanques de 250 L, llenados con 200 L de agua dulce. En el experimento de 8 semanas de duración, se utilizaron 700 alevines de bagre de canal con un peso promedio inicial de 4.21 g ± 0.31 g, provenientes de un criadero comercial en Temilpa Viejo, Tlaltizapan, Morelos, México. Se aclimataron

Tabla 1. Ingredientes y porcentajes de inclusión usados en la formulación de las dietas experimentales para *Ictalurus punctatus*.
Table 1. Ingredients and inclusion percentages in experimental diets for *Ictalurus punctatus*.

Ingredientes	dieta1 (%)	dieta2 (%)	dieta3 (%)	dieta4 (%)	dieta5 (%)	dieta6 (%)
Harina de Soya	45.00	36.00	26.20	16.00	5.40	2.00
Harina de Maíz	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Gluten de Maíz (60%)	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Harina de Sangre	4.70	4.70	4.70	4.70	4.70	1.00
Harina de Pescado	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Harina de Trigo	6.00	6.00	9.00	14.00	20.00	22.50
Almidón de Trigo	3.00	7.30	9.46	9.97	9.95	9.92
Aceite de Pescado	3.000	2.800	2.560	2.350	2.100	1.850
Aceite de soya	1.500	1.400	1.280	1.175	1.050	0.925
Ensilado de Subproductos de Tilapia	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00
Premezcla de Minerales	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Premezcla de Vitaminas	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vitamina C -Stay C	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Fosfato de Calcio CaP-mono	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Colina	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



Figura 2. Sistema de recirculación en el Laboratorio Húmedo de Nutrición Acuicola. Unidad Experimental Kino (UEK).

Figure 2. Re-circulation system at the Aquaculture Nutrition Wet Laboratory. Kino Bay Experimental Station (UEK).

previamente a 28 °C, y se sembraron a una densidad de 70 organismos por m³ (14 por tanque).

Al final del experimento se calcularon los siguientes índices de desempeño: peso final, peso ganado (expresado en gramos y también como porcentaje del peso inicial), tasa de crecimiento específico (TCE), factor de conversión alimenticia (FCA), supervivencia y factor de condición (K), de acuerdo con las siguientes fórmulas:

Peso ganado (g) = (peso final, g – peso inicial, g)

Peso ganado (%) = [(peso final, g – peso inicial, g) x 100]/ peso inicial, g

TCE = [ln (peso final, g – peso inicial, g)]/tiempo (días)

FCA = Cantidad alimento consumido, g/ Peso ganado, g

Supervivencia = (No. final de organismos x 100/ No. inicial de organismos)

K = P x 100/L³, donde P = peso en gramos y L = longitud en cm.

Análisis Estadístico

Se aplicó análisis varianza (ANOVA) de una vía con un nivel de significancia $P \leq 0.05$ y la prueba de Duncan para comparaciones múltiples de promedios para los índices de desempeño biológico de los organismos. Se utilizó el programa Statistical Analysis System software (SAS Institute 1999-2000, Software Release 8.1, Cary, Carolina del Norte, EUA).

El porcentaje de supervivencia se transformó a arco seno de la raíz cuadrada antes de realizar el análisis estadístico. Se presentan los datos no transformados obtenidos en este estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ensilado presentó color café claro, consistencia pastosa (Fig. 3) y olor agridulce agradable. Las características organolépticas del ensilado coinciden con las reportadas por Bertullo (1992) y Tatterson (1982) y corresponden a la categoría de buena calidad, señalada por Bello (1992) y Vidotti *et al.* (2003). La consistencia semipastosa se debe principalmente a la acción hidrolítica de las enzimas tanto de las vísceras de los subproductos, como las enzimas hidrolíticas de los



Figura 3. Ensilado fermentado de subproductos de tilapia *Oreochromis niloticus*.

Figure 3. Fermented silage from tilapia *Oreochromis niloticus* by-products.

microorganismos utilizados para la fermentación (Tatterson y Windsor, 1974). El análisis de pH en el proceso de fermentación presentó valores menores a 4.6 (4.58 a 4.35), mientras que en la acidez se observó un aumento del porcentaje de ácido láctico hasta los 10 días y un descenso a los 13 días (Tabla 2). Hay una correlación de -0.57 entre pH y acidez, lo cual indica un comportamiento inverso entre los dos parámetros. En general, los valores de pH obtenidos en los ensilados son adecuados para la conservación de los subproductos de tilapia sin tratamientos previos, encontrándose dentro de los rangos de valores reportados para alcanzar una buena estabilidad en ensilados (Fagbenro y Jauncey, 1993a; Bello *et al.*, 1992; Toledo y Llanes, 2007).

El análisis de los resultados de la composición proximal tanto de subproductos frescos como del ensilado (Tabla 3) coinciden con otros reportes que afirman que la composición química no muestra diferencia entre el pescado usado como sustrato y el producto ensilado (Fagbenro y Jauncey,

Tabla 2. Valores* de pH y acidez titulable durante el tiempo de incubación del Ensilado fermentado a partir de subproductos de tilapia *O. niloticus*.

Table 2. Titratable acidity and pH of fermented silage from *O. niloticus* tilapia by-products during incubation time.

Tiempo (horas)	pH	Acidez titulable
0	4.31 ± 0.00 ^b	0.45 ± 0.00
24	4.60 ± 0.02 ^b	0.90 ± 0.00
48	4.42 ± 0.03 ^a	0.83 ± 0.30
72	4.56 ± 0.00 ^c	1.71 ± 0.12
96	4.40 ± 0.03 ^b	1.67 ± 0.20
120	4.35 ± 0.02 ^b	1.67 ± 0.20
168	4.35 ± 0.02 ^b	2.25 ± 0.00
240	4.35 ± 0.00 ^b	2.50 ± 0.50
312	4.35 ± 0.00 ^b	2.43 ± 0.00

*Los valores muestran la media de 3 réplicas ± la desviación estándar. Superíndices diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$).

*Values are means of three replicates ± standard deviation. Different letters in the same column show statistical differences ($P < 0.05$).

Tabla 3. Promedio y desviación estándar de la composición proximal de subproductos frescos y Ensilado fermentado¹ de subproductos de *O. niloticus*.**Table 3.** Proximate composition of fresh by-products and fermented silage¹ from *O. niloticus* tilapia by-products.

(%)	Subproductos frescos	Ensilado fermentado
Humedad	61.0 ± 0.11 ^a	53.3 ± 0.016 ^b
Proteína cruda	41.8 ± 0.05 ^a	41.5 ± 0.03 ^a
Grasa cruda	12 ± 0.08 ^a	10.5 ± 0.04 ^b
Cenizas	10 ± 0.04 ^a	9.0 ± 0.31 ^a

¹ Los valores muestran la media de 3 réplicas por tratamiento ± la desviación estándar (D.E.).

ab. Los valores con el mismo superíndice en cada variable no son significativamente diferentes.

¹Values are means of three replicates ± standard deviation. Different letters in the same column show statistical differences (P<0.05).

1993b; Bello, 1994; Vidotti *et al.*, 2003). Por otra parte, el perfil de aminoácidos (Tabla 4) muestra que los de mayor concentración (g/100g) en EF fueron el ácido glutámico (14.910), aspártico (9.584), metionina (10.10), lisina (10.31), leucina (7.41), y valina (5.11). Los aminoácidos afectados durante el proceso fueron la glicina que se redujo de 15.92 a 4.83, la arginina de 6.98 a 5.12, la alanina de 7.38 a 5.11 y la tirosina de 4.22 a 4.19. El perfil de aminoácidos coincide con valores reportados por Vidotti *et al.* (2006), aunque Ferraz de Arruda

et al. (2006) reportan concentraciones mayores de glicina y alanina que no coinciden con las bajas concentraciones de estos aminoácidos observadas en los subproductos frescos en este trabajo. La concentración de lisina y metionina deben ser especialmente observadas en la elaboración de alimento para peces por ser aminoácidos esenciales limitantes (Tacon, 1989; Abdo-de la Parra *et al.*, 2017). El ensilado presentó altos valores para ambos aminoácidos, mientras que triptófano fue el aminoácido más limitado en el ensilado, por ser inestable en condiciones ácidas. El ensilado fermentado presentó valores muy similares a los reportados para los requerimientos nutricionales de tilapia reportados por FAO (1985) y NRC (1993) como es de esperarse, a excepción del triptófano; sin embargo, las buenas prácticas de sanidad y alimentación recomiendan no usar ingredientes provenientes del mismo organismo como fuente de alimento debido a la posible transmisión de patógenos (García y Calvario, 2003).

El análisis del perfil de ácidos grasos (Tabla 5), muestra que el mayor porcentaje de ácidos grasos, tanto en SPF como en EF, fue para los ácidos palmítico C16:0 (25.56 y 31.48 %, respectivamente), palmitoleico C16:1 (6.70 y 8.60 %, respectivamente), linoleico C18:2n-6 (34.31 y 39.61 %, respectivamente) y linolénico C18:3n-3 (11.51 y 13.75 %). La proporción de ácidos grasos n-6/n-3 fue de 2.3 a 1 en subproductos frescos mientras que para ensilado fermentado la proporción disminuye guardando una relación 1.8 a 1. Las altas concentraciones de n-6 coinciden con lo reportado para las especies de agua dulce (Sanz, 2009).

Tabla 4. Contenido de aminoácidos en g/100 g de proteína en subproductos frescos y ensilado fermentado de subproductos de tilapia *O. niloticus*.**Table 4.** Amino acid composition of fresh by-products and fermented silage¹ from *O. niloticus* tilapia. Values are in g/100 g protein.

Aminoácido	Subproductos frescos	Ensilado fermentado	FAO ¹ 1985	NRC ² 1993
Asp	8.095	9.584	-	-
Glu	6.04	14.910	-	-
Ser	3.46	3.373	-	-
His	1.567	1.599	2.00	1.72
Gli	15.922	4.839	-	-
Tre	5.008	3.813	4.0	3.75
Arg	6.986	5.127	5.0	4.20
Ala	7.489	5.119	-	-
Tir	4.227	4.190	-	-
Met	3.996	10.105	3.50	2.68
Val	3.916	5.113	5.0	2.80
Fen	3.597	4.175	6.0	-
Isl	3.535	4.485	4.0	3.11
Leu	5.973	7.419	7.0	3.39
Lis	7.296	10.318	5.50	5.12
Trip	0.517	0.516	1.0	1.0

¹Índices de aminoácidos esenciales necesarios en un alimento FAO/WHO, 1985.

¹Food essential amino acid index FAO/WHO, 1985.

²Aminoácidos esenciales requeridos para nutrición de Tilapia NRC/FAO, 1993.

²Essential amino acid requirements for Tilapia NRC/FAO, 1993.

Tabla 5. Porcentaje de ácidos grasos metil ésteres identificados en sub-productos frescos y ensilado fermentado de subproductos de tilapia *O. niloticus*.

Table 5. Percentage of fatty acid metil ester identified in fresh by-products and fermented silage from *O. niloticus* tilapia.

Ácidos grasos	Subproductos frescos	Ensilado fermentado
Saturados		
14:00	3.76	4.68
16:00	25.56	31.48
18:00	7.68	10.27
20:00	2.06	2.75
22:00	0.64	0.88
Monoinsaturados		
14:1	0.54	0.80
16:1	6.70	8.60
18:1	0.83	2.60
20:1	0.78	1.02
22:1	0.83	1.07
24:1	0.50	0.80
Polinsaturados		
18:2	34.31	39.61
18:3	0.54	1.62
18:4	11.55	13.75
20:4	0.59	1.72
20:5 EPA	0.54	1.76
24:2	0.51	1.20
22:5	0.73	1.65
22:6 DHA	1.73	3.72
Total saturados	39.70	50.06
Total monoinsaturados	10.18	14.75
Total poliinsaturados	50.13	55.92

*Los valores son resultado de la media de tres réplicas.

*Values are means of three replicates.

Los resultados del análisis electroforético (Fig. 4) muestran el densitograma del estándar de proteínas de peso molecular amplio rango (A). Se observó que el extracto de subproductos frescos (B) presenta picos que corresponden normalmente a proteínas de la fracción sarcoplásmica y que abarcan un amplio espectro de pesos moleculares, en cambio el extracto del ensilado (C) presentó una disminución en gran medida de la intensidad de las proteínas de alto peso molecular en el rango de 55 a 200 kDa, mientras que aumentó la cantidad e intensidad de las proteínas de bajo peso molecular que se encuentran entre 65 y 50 kDa. La hidrólisis de proteínas de alto y mediano peso molecular que generó una alta proporción de proteínas de bajo peso molecular, es consistente con lo esperado y con lo que reporta Shirai *et al.* (2001) al observar que altos coeficientes de hidrólisis proteica en ensilados es debido a la actividad de enzimas digestivas,

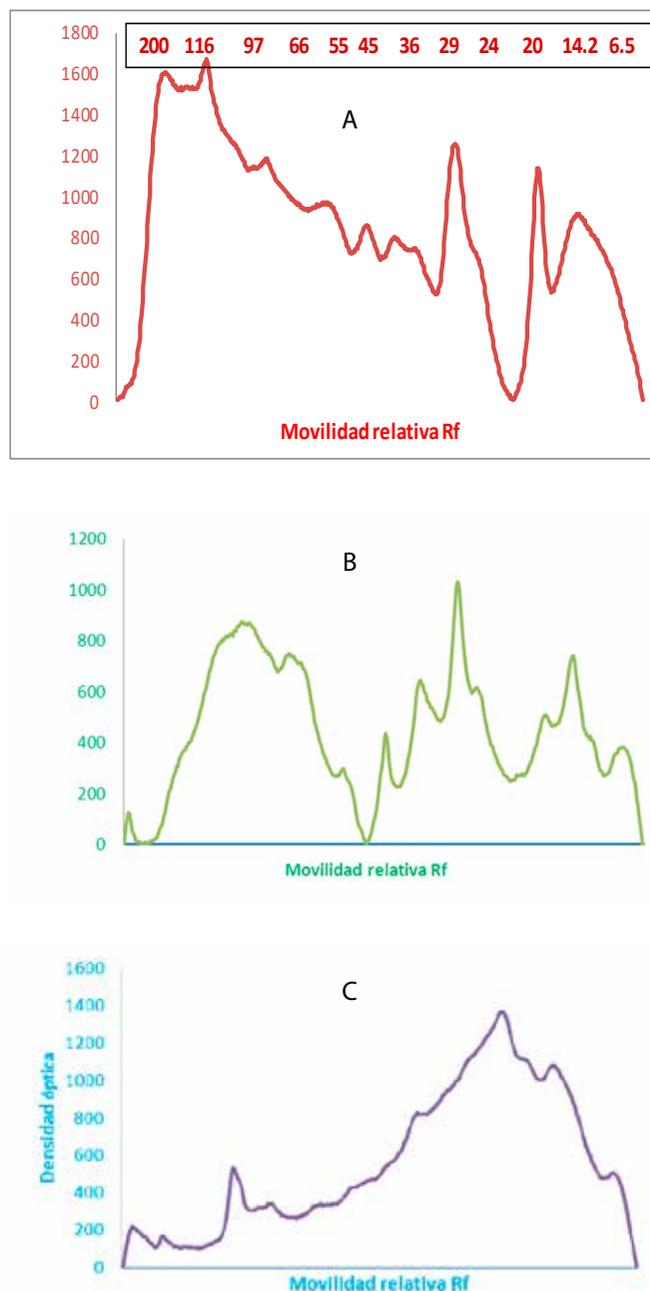


Figura 4. Densitogramas de extractos de proteínas sarcoplásmicas de SPF y EF de subproductos de tilapia *O. niloticus*. A) Estándares de proteínas de peso molecular de amplio rango; B) Extracto de SPF; C) Extracto de EF.

Figure 4. Sarcoplasmic protein extract densitograms of SPF and EF *O. niloticus* tilapia byproducts. A) Wide range molecular weight protein standards; B) SPF Extract; C) EF Extract.

específicamente proteasas del 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 carnívoros (Lian y Shiau, 2005). García-Carreño (2000) reporta que el uso de hidrolizados proteicos producidos con tecnología amigable para las propiedades funcionales y nutricias de un ingrediente proteico, mejoran los

parámetros de cultivo de camarones y peces, por ejemplo, mejoran los parámetros de crecimiento, tasa específica de crecimiento, se reduce el índice de conversión de alimento, y se mejora el índice de eficiencia proteica.

Los valores obtenidos en el análisis proximal de las dietas (Tabla 6) no concuerdan con la formulación teórica, debido a una imprecisión en la determinación del contenido de humedad del ensilado fermentado, lo que originó que los niveles de proteína dietaria disminuyeran al incrementar la inclusión de ensilado mientras que los de grasa cruda aumentaron. Sin embargo, el contenido de proteína cruda, grasa cruda y cenizas en el ensilado resultaron similares a datos de ensilado co-secado elaborado a partir de residuos de tilapia y ensilado ácido con residuos pesqueros (Fagbenro y Jauncey, 1993b; Spanopoulos-Hernandez *et al.*, 2010), aunque pueden esperarse variaciones debido a diferencias en la materia prima (Vidotti *et al.*, 2002).

Tabla 6. Composición proximal de las dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de ensilado fermentado. Promedio ± desviación estándar.

Table 6. Proximate composition of experimental diets with different inclusion levels of fermented silage.

Composición proximal	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína Cruda (%)	Grasa Cruda (%)
Dieta 1	9.98 ± 0.24	5.89 ± 0.06	33.43 ± 1.68	7.48 ± 0.39
Dieta 2	12.00 ± 3.30	6.09 ± 0.07	30.87 ± 0.92	8.88 ± 0.22
Dieta 3	9.98 ± 1.08	6.04 ± 0.08	29.86 ± 0.91	10.23 ± 0.38
Dieta 4	9.37 ± 0.45	6.20 ± 0.06	27.38 ± 0.42	10.89 ± 1.18
Dieta 5	9.90 ± 0.46	6.17 ± 0.06	25.78 ± 0.31	12.50 ± 0.14
Dieta 6	9.73 ± 1.80	6.55 ± 0.06	22.51 ± 0.92	12.93 ± 0.15

*Análisis de tres réplicas ± desviación estándar.

*Values are means of three replicates ± standard deviation.

Tabla 7. Índices de desempeño* biológico para *Ictalurus punctatus* alimentado con 6 diferentes niveles de inclusión de ensilado fermentado durante 56 días.

Nivel inclusión (%)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Peso ganado (g)	Peso ganado (%)	TCE (%)	FCA	Supervivencia (%)	K
0	4.16 ± 0.40	20.63 ^a ± 4.21	16.50 ^a ± 3.9	392.46 ^a ± 69	2.83 ^a ± 0.28	1.35 ^d ± 0.18	78.80 ± 10.14	0.87 ± 0.53
5	4.40 ± 0.37	23.10 ^a ± 3.30	18.70 ^a ± 3	422.80 ^a ± 4.52	2.94 ^a ± 0.18	1.38 ^d ± 0.14	84.19 ± 8.02	0.89 ± 0.14
10	4.19 ± 0.11	17.0 ^b ± 3.14	12.79 ^b ± 3.08	305.03 ^b ± 71.01	2.50 ^b ± 0.30	1.81 ^c ± 0.32	85.29 ± 8.91	0.88 ± 0.08
15	4.23 ± 0.26	13.38 ^c ± 1.31	9.16 ^c ± 1.13	217.80 ^c ± 21.91	2.06 ^c ± 0.13	2.13 ^c ± 0.18	81.41 ± 9.44	0.95 ± 0.97
20	4.23 ± 0.33	9.80 ^d ± 1.08	5.60 ^d ± 0.93	131.73 ^d ± 20.42	1.48 ^d ± 0.15	3.01 ^b ± 0.34	85.29 ± 8.91	0.85 ± 0.80
25	4.08 ± 0.30	6.38 ^e ± 0.81	2.29 ^e ± 0.67	56.45 ^e ± 15.90	0.79 ^e ± 0.19	6.43 ^a ± 1.57	84.19 ± 8.02	0.78 ± 0.20
ANOVA (Pr > F)	0.4513	0.0001	0.0001	.0001	0.0001	0.0001	0.6517	0.3747

*Análisis de ocho réplicas ± desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas (P<0.05).

*Values are means of eight replicates ± standard deviation. Different letters in the same column show statistical differences (P<0.05).

El análisis estadístico de los parámetros de desempeño biológico de *I. punctatus* (Tabla 7), muestra que no existen diferencias significativas (P ≤ 0.05) en porcentaje de peso ganado, TCE y FCA entre la dieta con 5% de EF (422.80%/día, 2.94 y 1.38, respectivamente) y la de 0% (392.46%/día, 2.83 y 1.35, respectivamente) cuyo ingrediente proteico fue la harina de pescado, indicando la factibilidad de sustituir hasta un 5% de la harina de pescado en alimento balanceado para el cultivo de bagre de canal *I. punctatus*, mientras que los valores reportados para las dietas de 10%, 15%, 20% y 25% de inclusión de EF no reflejan con precisión el efecto en el desempeño biológico de los organismos experimentales dada la diferencia observada en la composición proximal de las dietas experimentales. Por otra parte, la supervivencia y el factor de condición (K) al final del experimental no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Estudios realizados con *Piaractus mesopotamicus* usando ensilado con diferentes materiales crudos (peces de agua dulce, agua salada y residuos de tilapia) y *O. niloticus*, mostraron una respuesta similar en el FCA con respecto a los primeros dos niveles de inclusión donde se usó 5 y 10% de ensilado (Vidotti *et al.*, 2002; Hisano y Souza, 2013). Sin embargo, *I. punctatus* ha mostrado tener una mejor TCE que *P. mesopotamicus*, *Paralichthys olivaceus* (Zheng *et al.*, 2012), *Clarias gariepinus* (Fagbenro y Fasakin, 1996) *Ciprinus carpio* (Ramasubburayan *et al.*, 2013) y *Scophthalmus maximus* (Oliva-Teles *et al.*, 1999), y un mejor FCA que *Scomberomorus maculatus* (Santana-Delgado *et al.*, 2008), cuando son alimentados con ensilados.

En peces, el factor de condición (K) establece una relación volumétrica en función del peso y la longitud. Dicho factor puede indicar el buen estado de los peces en respuesta a la influencia de factores externos o internos, independientemente de la longitud, pudiendo asociarse a una valoración de la contextura o estado de delgadez u obesidad del pez (Arismendi *et al.*, 2011). En el presente estudio no hubo diferencias en este parámetro para los diferentes nive-

les de inclusión en la dieta del bagre de canal con un factor de condición promedio de 0.87, aunque para otras especies como *Oncorhynchus kisutch*, se han reportado valores más altos para K de hasta 1.4 cuando se han alimentado con ensilado (Murray *et al.*, 2003). Robinson *et al.* (2005) reporta que el bagre de canal cultivado en estanques puede crecer efectivamente con dietas de hasta 18 % de proteína cruda, aunque disminuye la calidad del filete debido al incremento de la grasa, y la disminución del rendimiento, ello puede ser práctico para estanques recreacionales, más no para el cultivo comercial de bagre.

CONCLUSIONES

El proceso de ensilado de los subproductos de tilapia no afecta la composición química proximal ni el perfil de ácidos grasos, y puede mejorar la disponibilidad de aminoácidos esenciales mediante el proceso de hidrólisis y bajo pH. Los péptidos que se generan en el ensilado pueden promover un mayor potencial quimioattractante y quizás estimular el consumo de alimento al incluirse en alimento para organismos carnívoros u omnívoros. La inclusión dietaria de 5 % de ensilado fermentado promueve un desempeño biológico y supervivencia favorables en *I. punctatus*.

AGRADECIMIENTOS

A la Granja acuícola de tilapia GEMSO, S.A. de C.V. por aportar los organismos de estudio.

REFERENCIAS

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

A.O.A.C., 1996. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.

A.O.A.C., 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.

A.O.C.S. American Oil Chemists' Society. 1994. Official recommended practices of American Oil Chem. Soc. Champaign, IL.

Arismendi, I., Penaluna, B. y Soto, D. 2011. Body condition indices as a rapid assessment of the abundance of introduced salmonids in oligotrophic lakes of southern Chile. Lake and Reservoir Management 27:61-69.

Bello R. Gutiérrez, M., Ottati, M. y Martínez A. 1992. Estudio sobre la elaboración de ensilado de pescado por vía microbiana en Venezuela, FAO. *Informe de pesca* 1992 (441), 368.

Bello, R. A. 1994. Experiencias con el ensilado de pescado en Venezuela. En: Tratamiento y utilización de los residuos de origen animal, pesquero y alimentario en la alimentación animal. Memorias del Taller Regional organizado por el Instituto de Investigaciones Porcinas y la FAO. Habana, Cuba. 1-13.

Bertullo, E. 1992. Ensilado de pescado en la pesquería artesanal. Consulta de expertos sobre tecnologías de productos pesqueros en América Latina. 2. Montevideo. Roma, FAO. 49

pp.

Brown, N. y Sumner, J. 1985. Fish silage. En: *Spoilage of Tropical Fish and Product Development*, ed A. Reilly. FAO Fisheries Report No. 317 Supplement, FAO, Rome, pp. 404-413.

COSAES. Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora, A.C. 2010. <http://cosaes.com/resultados2010.htm>, <http://cosaes.com/infpeces2010.htm>.

Dharmawati, C.M. 1989. Simple Methods of Processing Fish for Animal Feeds. In Tall, A. (Ed.), *Proc. FAO Consultation on Fish Tech. in Africa*. FAO Fisheries Report No. 400. Supplement, FAO, Rome. pp. 203-206.

FAO/WHO/ONU, 1985. Energy and protein requirements. Report of Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation Technical Report. FAO/WHO and the United Nations University, Geneva. Series no. 724.

FAO. 2016. El estado mundial de la pesca y la acuicultura Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 pp.

Fagbenro, O. A. y Jauncey, K. 1993a. Chemical and nutritional quality of raw, cooked and salted fish silages. Food Chemistry 48: 331-335.

Fagbenro O. A. y Jauncey, K. 1993b. Chemical and nutritional quality of dried fermented fish silages and their nutritive value for tilapia (*Oreochromis niloticus*) Institute of Aquaculture, University of Stirling, Elsevier Science Publisher (93) 00517-Y16.

Fagbenro, O. A., Jauncey, K. 1995. Water stability, nutrient leaching and nutritional properties of moist fermented fish silage diets. Aquacultural Engineering 14(2):143-153. doi:10.1016/0144-8609(94)P4432-B.

Fagbenro, O. A. y Fasakin, E.A. 1996. Citric-acid-ensiled poultry viscera as protein supplement for catfish (*Clarias gariepinus*). Bioresource Technology 58(1):13-16. doi: 10.1016/S0960-8524(96)00081-8.

Ferraz de Arruda, L., Borghesi, R., Brum, A., Regitano, D. M. y Oetterer, M. 2006. Nutritional Aspects of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Silage. Food Science and Technology of the Agrifood Industry. Tecnol. Aliment 26(4): 749-753.

Ferraz de Arruda, L., Borghesi, R. y Oetterer, M. 2007. Use of fish waste as silage-a review. Brazilian Archives of Biology and Technology 50(5): 879-886.

Folch, J, Lees M. y Sloane-Stanley, G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal of Biological Chemistry. Official Methods of Analysis, 15ª ed. Washington, D.C.

García-Carreño, F. L. y García, C. F. L. 2000. Predicción de la digestibilidad de proteína en el camarón y uso de ingredientes proteicos de segunda generación en alimentos para acuicultura. pp 440-451 En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.

García-Ortega, A. y Calvario-Martínez, O. 2003. Manual de buenas prácticas de producción acuícola de trucha para la inocuidad alimentaria. [Manual of good practice for aquacultural production of trout for food safety]. SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), Manual/1, México.

García-Ortega, A., Muy-Rangel, D., Puello-Cruz, A, Villa-López, Y., Escalante-Rojas, M. y Preciado-Iñiguez, K. 2010. Uso de

- ingredientes de origen vegetal como fuentes de proteína y lípidos en alimentos balanceados para peces marinos carnívoros. En: Cruz-Suarez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D.A., Gamboa-Delgado, J. (Eds), Avances en Nutrición Acuícola X. Memorias del Décimo Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, 8-10 de Noviembre, San Nicolás de los Garza, N. L., México. ISBN 978-607-433-546-0. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp. 321-340.
- González-Félix, M.L., Pérez-Velázquez, M., Bringas-Alvarado, L. y Navarro-García, G. 2011. Fish Oil Replacement, By-Products Utilization in Aquafeeds, and Prospective Species for Mariculture Development in Sonora: A Review of Research in Aquaculture Nutrition at the University of Sonora. En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D.A., Gamboa-Delgado, J., Hernández-Hernández, L. (Eds), Avances en Nutrición Acuícola XI - Memorias del Décimo Primer Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, 23-25 de Noviembre, San Nicolás de los Garza, N. L., México. ISBN 978-607-433-775-4. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp. 247-256.
- Hisano, H. P. y Souza de Pietro, P. 2013. Growth performance and digestibility of juvenile Nile tilapia fed diets containing acid silage viscera of surubim catfish. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 35(1):1-6
- Kompiang, I. P. 1981. Fish silage: its prospect and future in Indonesia. *Indonesia Agriculture Research and Development Journal* 3: 9-12.
- Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural protein during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227 (15): 680-685.
- Lara-Rivera, A., Parra-Bracamonte, G. M., Sifuentes-Rincón, A. M., Gojón-Báez, H. H., Rodríguez-González, H. y Montelongo-Alfaro, I.O. (2015). El bagre de canal (*Ictalurus punctatus* Rafinesque, 1818): estado actual y problemática en México. *Lat. Am. J. Res.* 43(3): 424-434.
- Lian, S. y Shiau, S. 2005. Carbohydrate Utilization and Digestibility by Tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, are Affected by Chromic Oxide Inclusion in the Diet. Department of Marine Food Science, National Taiwan Ocean University, Keelung. 202 pp.
- Martin-Xavier, K. A., Geethalekshmi, V., Senapati, S. R. Mathew, P. T., Joseph, A. C. y Ramachandran-Nair, K. G. (2017). Valorization of Squid Processing Waste as Animal Feed Ingredient by Acid Ensilaging Process. *Waste Biomass Valor* 8 (6). pp 2009–2015.
- Méndez-Martínez, Y., Pérez-Tamames, Y., Reyes Pérez, J. y Puente Jimenez, V. 2018. Azolla sp., Un alimento de Alto Valor Nutricional para la Acuicultura. *Biotecnia* 20(1), 32-40. doi:<http://dx.doi.org/10.18633/biotecnia.v20i1.527>
- Mitra, G. y Mukhopadhyay, P.K. 2002. Growth, Nutrient Utilization, and Tissue Biochemical Changes in Rohu, *Labeo rohita*, Fed with Natural and Prepared Diets. *Journal of Applied Aquaculture* 12(3): 65-80.
- Moutinho, S., Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal, A., Jover-Cerdá, M., Oliva-Teles, A. y Peres, H. (2017). Meat and bone meal as partial replacement for fish meal in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles: Growth, feed efficiency, amino acid utilization, and economic efficiency. *Aquaculture* 468. Part 1. 271-277.
- Murray, A. L., Pascho, R. J., Alcorn, S. W., Fairgrieve, W. T., Shearer, K. D. y Roley, D. 2003. Effects of various feed supplements containing fish protein hydrolysate or fish processing by-products on the innate immune functions of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture* 220(1-4):643-653. doi:10.1016/S0044-8486(02)00426-X.
- NRC, 1993. National Research Council, Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington, DC. 114 p.
- Oliva-Teles, A., Cerqueira, A. L. y Goncalve, P. 1999. The utilization of diets containing high levels of fish protein hydrolysate by turbot (*Scophthalmus maximus*) juveniles. *Aquaculture* 179(1-4): 195-201.
- ONU. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Programa de información de especies acuáticas: *Ictalurus punctatus*. Texto de Stickney, R.R. En: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado 1 January 2004 [Consultado Junio 2017]. Disponible: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ictalurus_punctatus/es]
- Ramasubburayan, R., Iyapparaj, P., Subhashini, K. J., Chandran, M. N., Palavesam, A. y Immanue, G. 2013. Characterization and nutritional quality of formic acid silage developed from marine fishery waste and their potential utilization as feed stuff for common carp *Cyprinus carpio* fingerlings. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 13(2): 281-289.
- Robinson, E. H., Li, M. H. y Bruce, B. M. 2001. A practical guide to nutrition, feeds, and feeding of catfish. Mississippi State: Office of Agricultural Communications, Division of Agriculture, Forestry, and Veterinary Medicine, Mississippi State University.
- Robinson, E. H., Li, M. H. y Bruce, B. M. 2005. Low-Quality Diets for Grow out of Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*. *Journal of Applied Aquaculture* 17(2): 35-45.
- Sahidi, F. 2007. Maximizing the value of marine by-products. CRC Press. England. pp. 435-449.
- Santana-Delgado, H., Avila, E. y Sotelo, A. 2008. Preparation of silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. *Animal Feed Science and Technology* 141(1-2):129-140.
- Sanz, F. 2009. La nutrición y alimentación en piscicultura. Vol. 1. Publicaciones científicas y tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura. Madrid, España.
- Shirai, K., Guerrero, I., Huerta, S., Saucedo, G., Castillo, A., González, R. B. y 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.
- SIAP. Servicio de Información Agrícola y Pesquera. Las cifras de la cuaresma: pescados y mariscos los protagonistas. [Consultado Octubre 2017]. Disponible: <https://www.gob.mx/conapesca/articulos>
- Spanopoulos-Hernández, M., Ponce-Palafox, J. T., Barba-Quintero, G., Ruelas-Inzunza, J. R., Tiznado-Contreras, M. R., Hernández-González, C. y Shirai, K. 2010. Producción de ensilados biológicos a partir de desechos de pescado, del ahumado de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y del fileteado de tilapia (*Oreochromis sp*), para la alimentación de especies acuícolas. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 9(2): 167-178.

- Tacon, A. G. J. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados – manual de capacitación. FAO. Brasilia, Brazil.
- Tatterson, J. N. 1982. Fish silage preparation, properties and uses. *Anim. Feed Sci. and Technology* 7:153.
- Tatterson, I. y Windsor, M. 1974. Torry test practical value of fish silage. *L. Sc. Fd. Agric.* p 25-36.
- Toledo, P. J. y Llanes, I. J. 2007. Estudio comparativo de los residuos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. *Revista Aquatic* 25: 28-33.
- Vázquez, F. A., Ortiz, G., Higuera-Ciapara, I. y Hernández, G. 1995. High Performance Liquid Chromatographic of free amino acid in shrimp. *Journal of liquid chromatographic* 18(10): 2059-2068.
- Vidotti, R. M., Carneiro, D. J. y Macedo-Viegas, E. M. 2002. Growth Rate of Pacu, *Piaractus mesopotamicus*, Fingerlings Fed Diets Containing Co-Dried Fish Silage as Replacement of Fish Meal. *Journal of Applied Aquaculture* 12(4): 77-88.
- Vidotti, R. M., Viegas, E. M. M. y Carneiro, D. J. 2003. Amino acid composition of processed fish silages using different raw materials. *Animal Feed Science and Technology* 105: 199-204.
- Zhang, Ch., Rahimnejad, S., Wang, Y. Lu, K, Song, K., Wang, L. y Mai, K. (2018). Substituting fish meal with soybean meal in diets for Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*): Effects on growth, digestive enzymes activity, gut histology, and expression of gut inflammatory and transporter genes. *Aquaculture* 483. 173-182.
- Zheng, K., Liang, M., Yao, H., Wang, J. y Chang, Q. 2012. Effect of dietary fish protein hydrolysate on growth, feed utilization and IGF-I levels of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture Nutrition* 18(3), 297-303. doi:10.1111/j.1365-2095.2011.00896.x.
- Zhong, L., Song, Ch., Chen, X., Deng, W., Xiao, Y., Wang, M., Sheng-Luan, Q. Q. y Wenji-Bian, J.K. 2017. Channel catfish in China: Historical aspects, current status, and problems. *Aquaculture* 465(1): 367-373.