
HARINA DE SUBPRODUCTOS DE CAMARÓN COMO OPORTUNIDAD DE INCLUSIÓN EN DIETAS PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Mike Douglas Sánchez Orozco

María Rosa Angarita Peñaranda

Diego Armando Ortiz Ortega

Luis Alberto Rosas

Empresa TumakoFish

Correspondencia autores: mdsanchezo@unal.edu.co

Resumen: La tilapia es conocida en la actualidad con el nombre de pollo acuático debido a su rápido crecimiento, reproducción en cautiverio y adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, convirtiéndose en una especie excelente para la acuicultura en ambientes tropicales y subtropicales. Existe una creencia de los inicios de la explotación de esta especie hace más de 4000 años: en Kenia, en el año 1920, se evidenciaron los primeros ensayos de cultivo de tilapia; desde esta época en el trópico y subtrópico, incluso en zonas más allá de su hábitat, cultivan esta especie. Como resultado de este fenómeno, durante las últimas cuatro décadas se ha prestado gran atención a su explotación y, en consecuencia, más de cien países en la actualidad, dentro de su esquema pecuario, le apuestan al cultivo de tilapia para fortalecer la economía de sus regiones. Con el objetivo de reducir costos de producción, se ha propuesto el diseño y desarrollo de dietas reemplazando fuentes proteicas, como harinas de pescados, por harinas de origen vegetal y animal, entre ellas harinas de residuos de crustáceos como los camarones. TumakoFish es una compañía que produce, procesa y comercializa camarón en la ciudad de Tumaco. Dicha compañía, en el marco del proyecto cofinanciado por el SENA titulado “Desarrollo de un nuevo producto a partir del aprovechamiento de los residuos de cabezas de camarón, como alternativa que contribuya a la competitividad de TumakoFish y el buen manejo ambiental”, requirió revisar las posibilidades de aprovechamiento de los residuos generados durante el procesamiento; de esta manera, esta revisión relaciona la caracterización de los residuos y el procesamiento de residuos de camarones como cefalotórax, cola y caparzones, que son convertidos en harinas, concentrado de proteínas, ensilados de proteína, hidrolizados de proteína con potencialidad para alimentación de aves de corral, pollos de engorde, animales mono gástricos y peces, entre ellos de la especie tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Palabras clave: residuos de camarón, harina de camarón, concentrado de proteína, ensilado de proteína, hidrolizado de proteína, reactor.

SHRIMP SUBPRODUCT MEAL AS AN OPPORTUNITY TO INCLUSION IN DIETS FOR ANIMAL FEED

Abstract: Tilapia is currently known as “aquatic chicken” due to its rapid growth, reproduction in captivity and adaptability to different environmental conditions, making it an excellent species for aquaculture in tropical and subtropical environments. It is thought that exploitation of this species dates back more than 4000 years although there is scarce information about it. In Kenya in 1920, the first tilapia farm attempts were evidenced; from this time in the tropics and subtropics, even in areas beyond their habitat this species is farmed. As a result of this phenomenon, during the last four decades great attention has been paid to its exploitation. Today more than 100 countries commit to tilapia farming within their livestock scheme to strengthen their economies. With the aim to reduce production costs, design and development of diets has focused on replacing protein sources such as fish meal with alternative flours of vegetable and animal origin including flours of crustacean waste such as shrimp waste. TumakoFish produces, processes and markets shrimps in Tumaco city. This company within the framework of the project co-financed by SENA (Colombian national training service, in Spanish) and entitled: “Development of a new product based on the use of shrimp head waste, as an alternative that contributes to the competitiveness of TumakoFish and good environmental management”; requested a review on potential uses of shrimp processing waste. The review described in this document relates to the characterization and processing of shrimp waste such as cephalothorax, tail and shells, which are converted into flours, protein concentrate, protein silage and protein hydrolysates with potential for feeding poultry, broiler chickens, monogastric animals and fish, including the tilapia species (*Oreochromis niloticus*).

Keywords: shrimp waste, shrimp meal, protein concentrate, protein silage, protein hydrolyzate, reactor.

Introducción

La acuicultura se encuentra en una constante búsqueda de materias primas para reemplazar proteínas de alto costo en las dietas para alimentación de especies con potencial de explotación, por otras que logren cumplir los requerimientos nutricionales que ellas demanden a menor costo. Un gran número de investigaciones se ha orientado a reemplazar proteínas de origen animal por proteínas de origen vegetal que, en determinadas proporciones de inclusión en las dietas alimenticias, cumplen con los requerimientos nutricionales requeridos por las especies en explotación (G. Salas *et al.*, 2014). La acuicultura es el sector de mayor crecimiento en producción

en la industria de los alimentos. Asia lidera el cultivo de camarón, que representa casi el 80% de la producción mundial; el camarón es procesado para obtener su carne, dejando su cabeza y caparazón como productos de desecho (Kandra *et al.*, 2012). En la región Pacífica Colombiana inició el cultivo de camarón; sin embargo, la región Atlántica posee mejores condiciones naturales, disponibilidad de tierras, aspectos sanitarios y posición geográfica para exportar a Europa y Estados Unidos, razón por la cual existe mayor producción y desarrollo empresarial en esta zona. Según el boletín de análisis por producto (cultivo de camarón) elaborado por el Mi-

nisterio de Agricultura y Desarrollo Rural en Colombia, la producción en este país se concentra en los departamentos de Sucre, Bolívar, Guajira, Córdoba, Atlántico y Nariño. La región Caribe participa con el 98,6 % y la región Pacífica con el 1,4 % de la producción, concentrada en el municipio de Tumaco, en Nariño (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2010).

Producto del procesamiento de camarones en las plantas de procesamiento, se generan residuos sólidos, entre ellos el cefalotórax del camarón, que se procesa y convierte en harina utilizada para diversos fines agroindustriales, por ejemplo, su inclusión en dietas para alimentación animal (Chacón Villalobos *et al.*, 2016). El proceso de elaboración de harina de cabezas de camarón involucra una cocción a 95 °C durante diez minutos, seguido de un escurrido, la molienda y el secado a 65 - 100 °C, tras lo cual nuevamente se muele hasta un tamaño de partícula aproximado de 300 µm (Andrade *et al.*, 2007). En Colombia solo la cola de los camarones posee valor comercial, el cefalotórax representa entre un 30-48 % del peso total (C. Salas *et al.*, 2015). Es por ello que la elaboración de harinas de subproductos del procesamiento del camarón, como el cefalotórax, se puede emplear en alimentación animal, abriendo posibilidades económicas y nutricionales como posible sustituto parcial de las fuentes convencionales de proteínas (Sila *et al.*, 2014).

Métodos

Esta revisión se realizó durante el año 2017; las bases de datos empleadas para las consultas fueron las suscritas por el SENA en el Sistema de Bibliotecas, específicamente ScienceDirect, y ProQuest; también fueron consultadas las bases de datos de la Universidad Nacional de Colombia, específicamente SCOPUS, Taylor and Francis Online, EBSCO y SciELO. Fueron revisados artículos desde el año 2000 hasta el año 2016, las palabras claves para la búsqueda se introdujeron con el

operador booleano “AND”, las publicaciones fueron tamizadas teniendo en cuenta la relevancia de los temas para una futura propuesta de formulación de dietas para alimentación de tilapia, teniendo como foco los contenidos proximales de subproductos de camarón, procesamiento de los subproductos y las posibles aplicaciones e inclusiones de estos subproductos en dietas para alimentación animal. La mayoría de artículos consultados reportan el uso de subproductos de diferentes especies de camarón en dietas para la alimentación de aves de corral y otras especies de peces; solamente un reporte relacionó el uso de subproductos en alimentación de tilapia.

Composición proximal de residuos de camarones de diferentes especies

El camarón es una fuente rica en proteínas, calcio, minerales y vitaminas; durante su procesamiento la cabeza y caparazón se eliminan y representa aproximadamente el 50 % de la captura (Heu *et al.*, 2003). La carne de camarón es una fuente excelente de ácidos grasos insaturados como el eicosapentanoico (20:5n3, EPA) y el docosahexanoico (22:6n3, DHA), ambos considerados esenciales (Sriket *et al.*, 2007). Adicionalmente, el perfil de ácidos grasos, contenido de colesterol y contenido total de carotenoides de los camarones cambia según la temporada (Sriket *et al.*, 2007). Las cabezas de camarón representan entre un 37,9% y 38,9% de rendimiento aproximado con respecto al peso total del camarón (Heu *et al.*, 2003). Diferentes autores han reportado la composición proximal de harina de residuos de camarón (Okoye *et al.*, 2005), y cabezas de camarón de diferentes especies (Rahman y Koh, 2014). Andrade *et al.* (2007) reportaron la composición proximal de los subproductos de camarón. La tabla 1 lista la composición porcentual promedio.

Tabla 1. Composición porcentual promedio de subproductos de camarón (Andrade *et al.*, 2007)

Componentes	Cabeza seca	Exoesqueleto
Agua	-	10.00
Proteína bruta	58.2	40.60
Extracto etéreo	8.9	2.60
Fibra cruda	11.1	14.20
Extracto libre de nitrógeno	-	2.60
Cenizas	22.6	30.00
Calcio	7.20	9.70
Fósforo	1.68	1.57

En Bangladesh se generan grandes cantidades de residuos, alternativa de proteína para dietas de aves de corral a niveles máximos del 15% (Khempaka *et al.*, 2011); Rosenfeld *et al.* (1997) experimentaron con niveles de inclusión entre el 14,3 % y 31,6 % de harina de camarón sin efectos negativos sobre el peso corporal. Contenidos de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, ceniza y quitina reportados por Rahman y Koh (2014) se ilustran en la tabla 2; los valores se encuentran expresados en base seca, resultados de tres observaciones con sus respectivas desviaciones estándar.

Tabla 2. Composición porcentual de cabezas, cáscara y cabezas + cáscara

Parámetros (%)	Porciones	Tigre negro		Camarón blanco	Camarón argentino rojo
		Grande	Pequeño		
Materia seca	Cabeza	89,6 ± 0,2	88,4 ± 0,3	88,3 ± 0,2	92,1 ± 0,2
	Cáscara	90,5 ± 0,1	89,9 ± 0,1	89,4 ± 0,1	90,7 ± 0,3
	Cabeza Cáscara	91,6 ± 0,2	91,4 ± 0,02	91,4 ± 0,2	91,7 ± 0,2
Proteína cruda	Cabeza	52,3 ± 0,8	51.7 ± 0.4	54.4 ± 0.2	42.4 ± 0.6
	Cáscara	40,9 ± 0,3	42,2 ± 0,7	51,3 ± 0,3	45,8 ± 0,9
	Cabeza Cáscara	48,9 ± 0,1	48,8 ± 0,3	52,5 ± 0,2	44,0 ± 0,1
Extracto etéreo	Cabeza	6,4 ± 0,2	5,1 ± 0,6	9,7 ± 0,5	21,1 ± 0,2
	Cáscara	1,4 ± 0,3	0,9 ± 0,01	3,5 ± 0,1	2,6 ± 0,1
	Cabeza Cáscara	5,1 ± 0,3	3,9 ± 0,2	8,1 ± 0,1	17,2 ± 0,7
Fibra cruda	Cabeza	10,8 ± 0,03	10.7 ± 0.1	8.5 ± 0.2	6.7 ± 0.2
	Cáscara	21,5 ± 0,2	21,5 ± 0,4	18,2 ± 0,2	16,8 ± 0,6
	Cabeza Cáscara	12,7 ± 0,1	12,0 ± 0,1	10 ± 0,1	9,2 ± 0,1
Ceniza	Cabeza	20,4 ± 0,4	19.7 ± 0.7	15.8 ± 0.4	20.0 ± 0.7
	Cáscara	27,1 ± 0,7	23,8 ± 0,2	19,1 ± 0,1	30,2 ± 0,8
	Cabeza Cáscara	23,1 ± 0,2	21,6 ± 0,3	16,3 ± 0,3	23,7 ± 0,2
Quitina	Cabeza	14,1 ± 0,2	12,1 ± 0,3	10,7 ± 0,2	8,4 ± 1,0
	Cáscara	24,6 ± 0,4	22,8 ± 0,4	19,3 ± 0,3	18,9 ± 0,7
	Cabeza Cáscara	16,4 ± 0,4	14,0 ± 0,2	12,7 ± 0,3	13,4 ± 0,2

Khempaka *et al* (2011) elaboraron harina de camarón para alimentación de aves de corral y determinaron los contenidos de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas, calcio, fósforo total y quitina de la harina; los valores reportados se encuentran en la tabla 3. De igual forma, Mustanur y Katsuki (2015) prepararon harinas de camarón tigre negro (*Penaeus monodon*) y camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), para alimentar aves de corral, determinaron el análisis proximal de la harina e incluyeron el contenido de quitina; los reportes se encuentran en la tabla 4.

Tabla 3. Composición porcentual de harina de camarón (*Litopenaeus vannamei*) (Khempaka *et al.*, 2011)

Componente	Harina de camarón (<i>Litopenaeus vannamei</i>) (%)
Materia seca	95,76
Proteína cruda	36,69
Extracto etéreo	10,28
Fibra cruda	19,49
Ceniza	21,77
Calcio (Ca)	4,92
Fósforo total (P)	1,2
Quitina	18,99

Chacón Villalobos *et al* (2016) emplearon harina de camarón partiendo de exoesqueletos y cefalotórax de camarón de la especie (*Pleuroncodes planipes*) para suplementar dietas de gallinas ponedoras y medir el efecto en el huevo; el contenido proximal de la harina presentó 40,7 % de proteína cruda, 11,0 % de extracto etéreo, 11,3 % de humedad, 27,5 % de cenizas, 7 % de fibra cruda, 9,0 % de calcio y 2,7 % de fósforo.

Tabla 4. Composición de harina de camarón elaborada con cabezas de camarón tigre negro (*Penaeus monodon*) y camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) (Mustanur y Katsuki, 2015)

Componentes	Camarón tigre negro	Camarón blanco
	g/Kg	
Proteína cruda	523	543,6
Fibra cruda	107,6	84,6
Extracto etéreo	63,7	97,4
Cenizas	203,7	157,7
Quitina	141,4	106,9

Los componentes aproximados, incluidos pH y salinidad de subproductos de camarones de la especie (NPS, *Pandalus borealis*) y camarones de la especie (SS, *Trachypena curvirostris*), fueron analizados por Heu *et al.* (2003) y comparados con los músculos de los camarones de ambas especies; los resultados se encuentran registrados en la tabla 5. Los promedios son el resultado de tres observaciones con sus respectivas desviaciones estándar.

Tabla 5. Composición proximal, pH, salinidad de músculo y procesamiento se subproductos camarón rosado del norte (NPS) y camarón manchado (SS) (Heu *et al.*, 2003)

Componentes	NPS		SS	
	Músculo	Subproductos	Músculo	Subproductos
Humedad	84,4 ± 0,0	79,1 ± 0,8	83,1 ± 0,1	78,5 ± 0,0
Proteína cruda	13,4 ± 0,3	9,3 ± 0,3	14,9 ± 0,5	11,6 ± 0,2
Lípidos totales	0,4 ± 0,0	0,6 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,7 ± 0,2
Cenizas	1,6 ± 0,1	8,2 ± 0,1	1,5 ± 0,1	7,0 ± 0,2
pH	8,05 ± 0,13	8,98 ± 0,04	7,76 ± 0,04	8,94 ± 0,01
Salinidad	0,89 ± 0,02	0,80 ± 0,02	0,86 ± 0,00	0,68 ± 0,05

Limam *et al.* (2008) obtuvieron proteína hidrolizada por vía enzimática de cabezas de camarón de la especie (*Penaeus Kerathurus*), caracterizando mediante análisis bioquímico el contenido de proteína, dando como re-

sultado un 79,2 % ± 2,96 comparado con un 65,14 % ± 1.44 de contenido proteico para la proteína hidrolizada y cabezas de camarón sin proceso enzimático como muestra control, respectivamente.

Los *snacks*, particularmente las papas tipo croqueta para consumo humano, han sido objeto de experimentación con inclusión de harina de cabezas de camarón hasta un 5 %; la tabla 6 registra los contenidos de proteína, lípidos y cenizas de las cabezas y caparazones secos de camarón (Ibrahim y Salama, 1999).

Tabla 6. Composición de cabezas y cáscaras secas de camarón utilizadas en formulaciones de croquetas de papa (Ibrahim y Salama, 1999)

Composición	Cabezas secas	Cáscaras secas
Proteína (%)	47.75	47.43
Lípidos (%)	10.5	3.78
Cenizas (%)	15.73	18.02

En Nigeria se realizó un ensayo de alimentación de bagre africano (*Clarias gariepinus*), reemplazando harina de pescado por harina de cabezas de camarón ensilado en proporciones de 5%, 10%, 20%, 30% y 40% en dietas que aportaron el 40 % de proteína cruda; la composición aproximada de la harina de cabezas de camarón se referencia en la tabla 7 (Nwanna *et al.*, 2004).

Tabla 7. Composición aproximada de harina de cabezas de camarón ensilada (Nwanna *et al.*, 2004)

Composición aproximada	
Parámetros	(%)
Proteína cruda	59,1
Extracto etéreo	4,05
Fibra cruda	3,81
Cenizas	28,3
Materia seca	95,9

En Brasil, durante el procesado del camarón, se generan cabezas y cáscaras cuyo peso representa el 40% del peso del camarón; con estos residuos se elabora harina de camarón, partiendo de cabezas, exoesqueletos y camarones de menor tamaño (Brasileiro *et al.*, 2012). Estos autores determinaron la composición proximal de la harina de camarón, así como las propiedades funcionales del concentrado de camarón y la harina liofilizada. Los resultados de su análisis se aprecian en la tabla 8.

Tabla 8. Composición química de cabezas frescas, concentrado de proteína y harina liofilizada de cabezas de camarón

	Humedad	Calcio	Lípidos	Proteína	Cenizas
Cabezas frescas	78,60 ± 0,95	3,16 ± 0,16	0,88 ± 0,07	12,43 ± 0,65	6,59 ± 1,12
Concentrado de proteína	7,49 ± 0,04	6,48 ± 0,09	1,16 ± 0,14	54,41 ± 3,10	19,19 ± 1,52
Harina liofilizada	4,99 ± 0,04	6,14 ± 0,04	3,56 ± 0,35	51,01 ± 1,28	15,75 ± 0,91

Okoye *et al.* (2005) determinaron que la harina de camarón producto de cabeza, entrañas y exoesqueleto es particularmente rica en lisina, convirtiéndola en un complemento ideal para mezclarla con cereales, de aroma agradable y apetecible, rica en calcio y fósforo, sugiriendo la posibilidad de reemplazar parcial o totalmente la harina de soya en dietas para alimentación de aves de corral. La composición proximal de harina de camarón estimada se referencia en la tabla 9.

Tabla 9. Composición proximal de harina de camarón (Okoye *et al.*, 2005)

Nutriente	g/100 g de materia seca
Proteína cruda	46.3
Fibra cruda	4.3
Extracto etéreo	9.04
Cenizas	17.04

Nutriente	g/100 g de materia seca
Quitina	9.82
Calcio	7.0
Fósforo	3.03

Oliveira Cavalheiro *et al.* (2007) elaboraron ensilado en polvo de cabezas de camarón para sustituir harina de pescado e incluirlo en dietas para alimentación de tilapia con un contenido aproximado del 40 % de proteína, la incorporación fue del 0 %, 33,3 %, 66,6 % y 100 % en las dietas experimentales; el análisis proximal del ensilado de cabezas de camarón en polvo se encuentra en la tabla 10.

Tabla 10. Composición proximal de ensilado de cabeza de camarón (Oliveira Cavalheiro *et al.*, 2007)

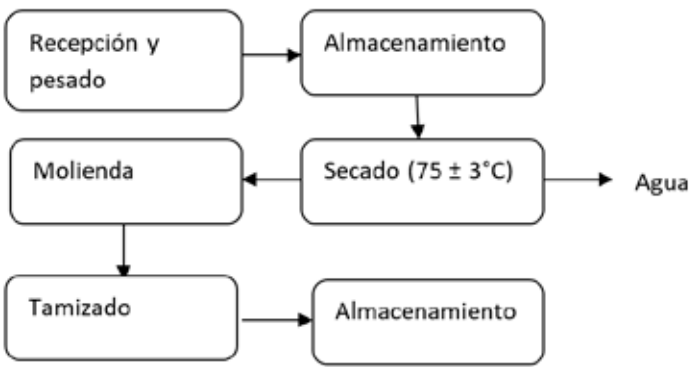
Componente	g/100 g de ensilado
Humedad	19,3 ± 1,02
Proteína	39,9 ± 1,82
Lípidos	12,5 ± 1,34
Cenizas	12,3 ± 1,07
Carbohidratos	16
Calcio (mg/100 g)	449,0 ± 17,1
Fósforo (mg/100 g)	44,0 ± 2,78

Por último, en Estados Unidos se generó un material rico en proteína (64 %, aproximadamente) con un buen balance de aminoácidos, mediante tratamiento termo-químico con adición de cal, que puede ser usado como suplemento alimenticio para animales monogástricos.

Elaboración de harinas, concentrados, hidrolizados y ensilados de subproductos de camarón y sus posibles aplicaciones

Chávez Astudillo *et al* (2010) establecieron el proceso para la elaboración de harina a partir de caparazones de camarón, la figura 1 relaciona el diagrama de flujo.

Figura 1. Diagrama de flujo para la harina de caparazones de camarón.



Rahman y Koh (2014), de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Shinshu, en Japón, trabajaron con camarones congelados de las especies *Penaeus monodon* y *Litopenaeus vannamei*, separando las partes no comestibles como cabezas y cáscaras; seguidamente, secaron por separado las partes en hornos eléctricos a 55 °C entre 8 y 10 horas; el material seco fue molido y tamizado en una malla de 1 mm; más tarde, estos dos materiales molidos se mezclaron según la relación de peso cabeza:cáscara de 2,5:1 a 3,0:1 para cada especie; determinaron la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y la proteína cruda de cabezas y cáscaras de camarón acorde al procedimiento descrito por Saunders *et al.* (1972): tomaron 250 mg de harina de camarón seco y fue suspendida en 15 ml de HCl 0,1 N con 1,5 mg de pepsina (10.000 U/mg proteína) a 37 °C, agitación suave durante 3 horas y posterior neutralización con NaOH 0,5

N; la digestión fue mezclada con 7,5 ml de fosfato *buffer* a pH 8,0, conteniendo pancreatina y agitado a 37 °C por 24 horas. La solución fue centrifugada a 240 g por 10 minutos, lavada con agua destilada, filtrada y secada. La digestibilidad *in vitro* de materia seca y proteína cruda se registra en la tabla 11.

Tabla 11. Digestibilidad *in vitro* de materia seca, proteína cruda de cabezas, cáscaras, cabezas + cáscaras de camarón de tres especies de camarones (Rahman y Koh, 2014)

Parámetros (%)	Porciones	Tigre negro		Blanco	Argentino rojo
		Grande	Pequeño		
DM Digestibilidad	Cabezas	58,7 ± 0,3	60,0 ± 0,9	65,3 ± 0,3	51,8 ± 2,4
	Cáscaras	44,0 ± 0,1	42,7 ± 0,4	53,3 ± 0,4	44,0 ± 0,9
	Cabezas + Cáscaras	55,9 ± 0,1	57,3 ± 0,2	61,5 ± 0,5	48,4 ± 0,5
CP Digestibilidad	Cabezas	81,6 ± 0,1	81,4 ± 0,1	80,9 ± 0,2	72,6 ± 0,6
	Cáscaras	66,8 ± 1,0	67,4 ± 0,6	76,1 ± 0,2	64,9 ± 0,5
	Cabezas + Cáscaras	80,6 ± 0,6	79,4 ± 0,3	79,4 ± 0,5	68,9 ± 0,3

Nwanna y J. A. (2000) formularon 5 dietas para proporcionar 30 % de proteína bruta para alimentación de tilapia, incluyendo harina de cabeza de camarón comercial al 0 %, 15 %, 30 %, 45 % y 60 %. Los ingredientes se mezclaron en una máquina de mezclado y granulación, y por último, el alimento fue secado al sol (30-32 °C). La tabla 12 registra las dietas para alimentación de alevinos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) con inclusión de harina de cabeza de camarón.

Tabla 12. Dietas para alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Ingredientes (%)	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5
Harina de pescado	34,75	29,54	24,33	19,11	13,9
Harina de cabeza de camarón	(-)	5,21	10,42	15,64	20,85
Maíz	61,75	61,75	61,75	61,75	61,75
Mezcla de vitaminas y minerales	1	1	1	1	1
Aceite de hígado de bacalao	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Harina de huesos	1	1	1	1	1
Almidón	1	1	1	1	1

Fall *et al.* (2012) investigaron la posible sustitución de harina de cáscara de camarón (39,4 % proteína cruda) por harina de soya (44,05 % proteína cruda) en dietas para alimentar híbridos de tilapia (*O. niloticus* x *O. aureus*). Cinco dietas fueron formuladas con aproximadamente la misma cantidad de proteína (30 %). El reemplazo de niveles de harina de soya por harina de cáscaras de camarón fue de 100 %, 67 %, 50 %, 33 % y 0 % del total de proteína dietaria, 10 % fue de harina de pescado (68,71 % de proteína cruda) y 90 % de diferentes raciones de harina de soya y harina de caparazones de camarón. El proceso para la fabricación de harina de cáscaras de camarón se basó en el método descrito por Oliveira Cavalheiro *et al.* (2007). La principal fuente de proteína fue la harina de soya y harina de caparazones de camarón molidas con tamaño de partícula de 425 µm, y la mezcla de vitaminas y minerales fue preparada acorde al método establecido por Sheen y Wu (1999). Luego de mezclar los ingredientes en las proporciones adecuadas con agua al (30 % por cada 100 g de ingredientes mezclados) y aceite de bacalao y maíz (proporción 2:1). La masa fue puesta en un extrusor, y secada a 35 °C por un tiempo de 8 horas. La dieta seca fue empacada en bolsas plásticas y almacenadas a -20 °C.

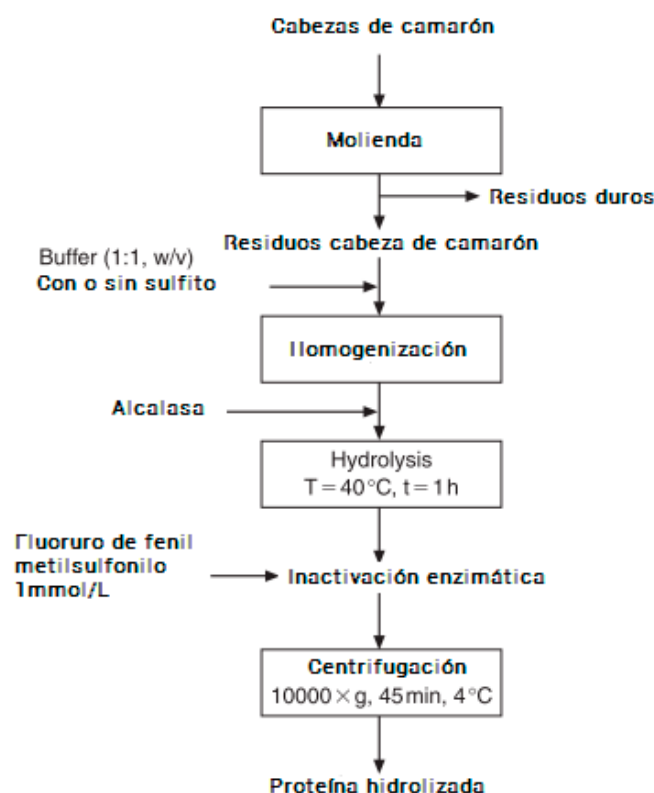
C. Salas *et al.* (2015) adecuaron el cefalotórax del camarón en tornillos sin fin que trocean y mezclan el material conduciéndolo a un cocinador continuo a 90 °C durante 15 minutos. El material cocinado se decantó y separó de los sólidos, aceite y agua. Los sólidos fueron prensados para extraer la humedad en exceso. El material prensado fue secado a 110 °C durante una hora hasta alcanzar una humedad de 10 %. Finalmente, el material seco se almacenó en sacos. La harina obtenida se utilizó para alimentar gallinas ponedoras. Las dietas formuladas se registran en la tabla 13.

Tabla 13. Dietas formuladas para alimentación de gallinas ponedoras (C. Salas *et al.*, 2015)

Ingredientes	Control	5%HC	10%HC	15%HC
Maíz	58,1	55,02	56,84	57,68
Soya 47%	20,11	23,19	17,45	13,34
Carbonato de calcio	8,76	8,93	7,88	7,05
Harina de camarón	(-)	5	10	15
Harina de carne	5,98	0,08	0,76	0,15
Aceite de trigo	3,91	3,74	4	4
Aceite de soya	1,96	2,05	1,3	1
Fosfato monocalcico	(-)	0,86	0,53	0,43
Sal	0,4	0,4	0,4	0,4
Metionina	0,23	0,23	0,24	0,27
Lisina	0,11	0,07	0,13	0,18
Premezcla de vitaminas y minerales	0,1	0,1	0,1	0,1
Colina 60 %	0,05	0,05	0,05	0,05
Treonina	0,02	0,01	0,05	0,08
Lucantin rojo	0,002	(-)	(-)	(-)
Total	100	100	100	100

Mizani *et al.* (2005) realizaron extracción de proteína de cabeza y caparazón de camarón según el procedimiento establecido en la figura 2. El extracto de proteína es una fuente de aminoácidos esenciales que pueden ser proveídos a varias especies de peces, acorde a lo sugerido por D'mello (2003). Es importante mencionar que la histidina es el aminoácido limitante de estas fuentes al igual que la harina de residuos de camarón sin hidrolizar.

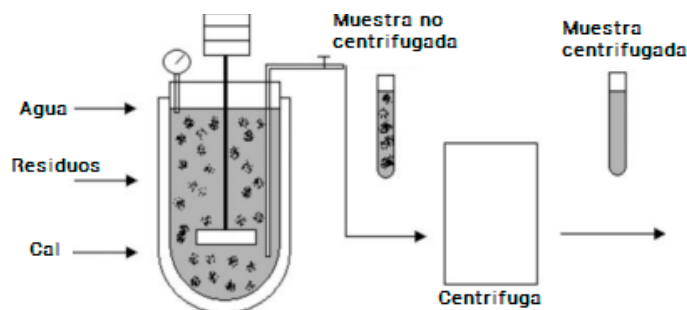
Coward-Kelly *et al.* (2006) realizaron un tratamiento termoquímico en una autoclave de 1 litro con agitación mecánica y control de temperatura. El proceso se realizó a 1000 rpm para garantizar un buen contacto entre los sólidos en suspensión y el líquido; se evaluaron las siguientes condiciones de proceso: temperatura, carga y

Figura 2. Procedimiento para la extracción de proteína de cabeza de camarón

tiempo de contacto del hidróxido de calcio. Se tomaron muestras del reactor en diferentes tiempos y luego se centrifugaron para separar la fase líquida del material sólido residual. La conversión de material hidrolizado en la fase líquida de la muestra centrifugada se basó en el nitrógeno total inicial como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Conv} = \frac{\text{Vagua} \times \text{TKN}}{m \text{ residuo} \times \text{TKN}} \times 100$$

Donde "Vagua" es el volumen total del agua en litros (L), "TKN" es el nitrógeno total en el material especificado y "m residuo" es la masa de los residuos adicionados en el reactor. La figura 3 ilustra el esquema experimental de tratamiento termoquímico para hidrolizar proteína a partir de residuos del procesamiento de camarones.

Figura 3. Esquema experimental de tratamiento termoquímico (Coward-Kelly et al., 2006).

La composición de aminoácidos de las cabezas de camarón hidrolizadas con cal presentó equilibrio respecto a los requerimientos de aminoácidos esenciales de diferentes animales monogástricos. La composición del producto líquido que contiene la proteína hidrolizada cumplió los requerimientos de aminoácidos esenciales de los animales monogástricos durante las fases de crecimiento. La histidina, en este caso, también será el aminoácido limitante a suplir con otras fuentes de proteínas.

Conclusiones

Los residuos de camarones generalmente son arrojados al mar aumentando la contaminación ambiental, y experimentan una rápida putrefacción debido a su naturaleza alcalina (pH 7,5-8,0); por lo tanto, se deben implementar procedimientos de aprovechamiento apropiados que garanticen la reducción del impacto ambiental generado. Varias propuestas relacionadas en este artículo solucionarían este problema, tales como la transformación de estos residuos en harinas, concentrados de proteína, ensilados e hidrolizados de camarón para ser incluidos en dietas para alimentación de aves de corral, pollos de engorde, gallinas ponedoras, camarones y algunas especies de peces como bagres y tilapias. Lo anterior demuestra que cumplen con los perfiles de aminoácidos requeridos en las dietas particulares para cada especie referenciada, con la observación de que

se debe complementar con otras fuentes proteicas y suplir la deficiencia de histidina. TumakoFish, empresa dedicada al procesamiento de camarones y generadora de estos residuos, desarrollará un concentrado animal con inclusión de harina de cefalotórax de camarón para alimentar tilapia (*Oreochromis niloticus*); esta revisión fue necesaria para proponer ensayos preliminares e iniciar la experimentación en las instalaciones de la compañía.

Referencias bibliográficas

- Andrade, R.; Chávez, M.; y Naar, V. (2007). "Evaluación de las etapas de cocción y secado en la obtención de harina de cabezas de camarón de cultivo (*Penaeus* sp). *DYNA*, 74(2007): 1-6.
- Brasileiro, O. L.; Cavalheiro, J. M. O.; Prado, J. P. D. S.; Anjos, A. G. Dos; y Cavalheiri, T. T. B. (2012). "Determination of the chemical composition and functional properties of shrimp waste protein concentrate and lyophilized flour". *Ciência e Agrotecnologia*, 36(2), 189-194.
- Chacón Villalobos, A.; Salas Durán, C.; y Zamora Sánchez, L. (2016). "Harina de cefalotórax de camarón en raciones para gallinas ponedoras: efectos en el huevo". *Agronomía Mesoamericana*, 27(1): 81-93.
- Chávez Astudillo, D. R.; López Chica, M. G.; y Cornejo Zúñiga, F. (2010). "Factibilidad Técnica para el Aprovechamiento Integral del Camarón de la Especie *Penaeus Vannamei*".
- Coward-Kelly, G.; Agbogbo, F. K.; y Holtzapple, M. T. (2006). "Lime treatment of shrimp head waste for the generation of highly digestible animal feed". *Bioresource Technology*, 97(13): 1515-1520.
- D'mello, J. P. (2003). *Amino Acids in Animal Nutrition Second Edition*. (J. P. F. D'Mello, Ed.), *Amino Acids in Animal Nutrition* (Second edi, Vol. 2). Edinburgh, UK: CABI Publishing. Recuperado de http://gtu.ge/Agro-Lib/0834903_04864_d_mello_j_p_f_amino_acids_in_animal_nutrition_2d_edition.pdf#page=472%5Cnhttp://gtu.ge/AgroLib/0834903_04864_d_mello_j_p_f_amino_acids_in_animal_nutrition_2d_edition.pdf#page=138
- Fall, J.; Tseng, Y. T.; Ndong, D.; y Sheen, S. S. (2012). "The effects of replacement of soybean meal by shrimp shell meal on the growth of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) reared under brackish water". *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 4(April), 85-91.
- Heu, M. S.; Kim, J. S.; y Shahidi, F. (2003). "Components and nutritional quality of shrimp processing by-products". *Food Chemistry*, 82(2): 235-242.
- Ibrahim, H. M. y Salama, M. F. (1999). "Shrimp's waste : Chemical composition, nutritional value and utilization". *Nahrung*, 43(6): 1-6.
- Kandra, P.; Challa, M. M.; y Kalangi Padma Jyothi, H. (2012). "Efficient use of shrimp waste: Present and future trends". *Applied Microbiology and Biotechnology*, 93(1), 17-29.
- Khempaka, S.; Chitsatchapong, C.; y Molee, W. (2011). "Effect of chitin and protein constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia production in broilers". *Journal of Applied Poultry Research*, 20(1): 1-11.
- Limam, Z.; Sadok, S.; y Abed, A. El (2008). "Enzymatic hydrolysis of shrimp head waste: Functional and biochemical properties". *Food Biotechnology*, 22(4): 352-362.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (2010). *Camarón de cultivo - Boletín de análisis por producto*. Santafé de Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.

- Mizani, M.; Aminlari, M.; y Khodabandeh, M. (2005). "An Effective Method for Producing a Nutritive Protein Extract Powder from Shrimp-head Waste". *Food Science and Technology International*, 11(1): 49-54.
- Mustanur, R. y Katsuki, K. (2015). "Effect of Shrimp Meal Made of Heads of Black Tiger (*Penaeus monodon*) and White Leg (*Litopenaeus vannamei*) Shrimps on Growth Performance in Broilers". *The Journal of Poultry Science*.
- Nwanna, L. C.; Balogun, A. M.; Ajjenifuja, Y. F.; y Enujiugh, V. N. (2004). "Replacement of fish meal with chemically preserved shrimp head in the diets of African catfish, *Clarias gariepinus*". *Food, Agriculture and Environment*, 2(1); 79-83.
- Nwanna, L. C. y J. A., D. (2000). "Harnessing of shrimp head waste in nigerian for low cost production of tilapia (*Oreochromis Niloticus* L.)". *Department of Fisheries and Wildlife, Federal University of Technology, P M B 704 Akure, NIGERIA*.
- Okoye, F. C.; Ojewola, G. S.; y Njoku-Onu, K. (2005). "Evaluation of shrimp waste meal as a probable animal protein source for broiler chickens". *International Journal of Poultry Science*, 4(7), 458-461.
- Oliveira Cavaleiro, J. M.; Oliveira de Souza, E.; y Bora, P. S. (2007). Utilization of shrimp industry waste in the formulation of tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) feed". *Bioresource Technology*, 98(3), 602-606.
- Rahman, M. y Koh, K. (2014). "Nutritional Quality and in vitro Digestibility of Shrimp Meal Made of Heads and Hulls of Black Tiger (*Penaeus monodon*), White Leg (*Litopenaeus vannamei*) and Argentine Red (*Pleoticus muelleri*) Shrimps". *The Journal of Poultry Science*.
- Rosenfeld, D. J.; Gernat, A. G.; Marcano, J. D.; Murillo, J. G.; Lopez, G. H.; y Flores, J. A. (1997). "The Effect of Using Different Levels of Shrimp Meal in Broiler Diets". *Poultry Science*, 76(4): 581-587.
- Salas, C.; Chacón, A.; y Zamora, L. (2015). "La harina de cefalotórax de camarón en raciones para gallinas ponedoras". *Agronomía Mesoamericana*, 26(2): 9.
- Salas, G.; Cruz, R.; y Navarro, V. (2014). "Los productos y subproductos vegetales, animales y agroindustriales: Una alternativa para la alimentación de la tilapia vegetable, *Livestock and Agroindustrial*. 53(23): 240-251.
- Saunders, R. M.; Connor, M. A.; y Booth, A. N. (1972). "Measurement of Digestibility of Alfalfa Protein Concentrates by in vivo and in vitro Methods". *The Journal of Nutrition*, 1(1): 530-535.
- Sheen, S. S. y Wu, S. W. (1999). "The effects of dietary lipid levels on the growth response of juvenile mud crab *Scylla serrata*". *Aquaculture*, 175(1-2): 143-153.
- Sila, L. A.; Bermúdez, A.; Almario, F.; Mojica, P.; Cuéllar, S.; y Montoya, M. (2014). *Subproductos del camarón (quitina, quitosan, harina y proteína de camarón)*. Bogotá: Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia.
- Sriket, P.; Benjakul, S.; Visessanguan, W.; y Kijroongrojana, K. (2007). "Comparative studies on chemical composition and thermal properties of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) meats". *Food Chemistry*, 103(4): 1199-1207.