

## CARACTERIZACIÓN NUTRIMENTAL Y SITUACIÓN DE LOS RESIDUOS DE PESCADO EN PUERTO ÁNGEL, OAXACA

### NUTRITIONAL CHARACTERIZATION AND FISH WASTE CONDITION IN PUERTO ANGEL, OAXACA

<sup>1</sup>Ana María Hernández-Medina , <sup>1S</sup>María Isabel Pérez-León , <sup>2</sup>Jorge Hernández-Bautista , <sup>1</sup>Gerardo Rodríguez-Ortiz , <sup>1</sup>Rodolfo Benigno De los Santos-Romero , <sup>2</sup>Héctor Maximino Rodríguez-Magadán 

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Santa Cruz Xoxocotlán-Oaxaca. México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Oaxaca de Juárez-Oaxaca. México. <sup>§</sup>Autor de correspondencia: ([leonisa70@hotmail.com](mailto:leonisa70@hotmail.com)).

#### RESUMEN

El proceso de obtención de filetes de pescado genera 60 % de residuos orgánicos y representa un problema de contaminación ambiental. El objetivo fue determinar el volumen, la problemática y el contenido nutrimental de residuos de pescadería que se generan en Puerto Ángel, Oaxaca. Para estimar la cantidad de residuos se aplicaron 60 encuestas mediante muestreo estratificado a la población beneficiada con la pesca ribereña (pescadores, fileteros, restauranteros y comercializadores). A los datos se les aplicaron las pruebas de Mann-Withney y Kruskal-Wallis. Los datos de proteína, materia seca, cenizas y grasa se sometieron a un ANOVA, considerando como efecto fijo la especie (atún, vela y dorado). Las principales especies capturadas y fileteadas fueron atún, dorado y pez vela y sus residuos son desechados al mar o vertidos a cielo abierto; no obstante, los fileteros y comercializadores pagan para deshacerse de los mismos, lo que representa aproximadamente 38 t mensuales de residuos con características nutricionales importantes que no se están aprovechando. Los residuos de atún fueron los que mostraron los mayores ( $p \leq 0.05$ ) promedios de materia seca (34.96 %) y proteína (68.42 %) y los menores promedios de grasa (6.54 %) y cenizas (10.91 %). Los residuos de pescado en Puerto Ángel representan un volumen importante, al ser desechados al mar (vísceras, cabezas, esqueletos, pieles) generan un foco de contaminación en el agua y las playas; no obstante, por sus características nutrimentales es factible su

procesamiento para utilizarlo como insumo alimenticio o fertilizante orgánico.

**Palabras clave:** atún, desechos, dorado, pez vela, proteína.

#### ABSTRACT

The process of obtaining fish fillets generates 60 % of organic waste, which represents socio-environmental problems. The objective was to determine the volume, problems and nutritional content of fishery waste generated in Puerto Ángel, Oaxaca. In order to estimate the waste amount, 60 surveys were applied through stratified sampling to the population benefited by coastal fishing (fishermen, filleters, restaurateurs and marketers). The Mann-Withney and Kruskal-Wallis tests were applied to the data. The data on protein, dry matter, ash and fat were subjected to an ANOVA, considering the species (tuna, sailfish and dorado) as a fixed effect. The main species captured and filleted were tuna, dorado and sailfish and their waste is discarded at sea or dumped in the open air; however, filleters and marketers pay to dispose of it, which represents approximately 38 t per month of waste with important nutritional characteristics that are not being used. Tuna waste showed the highest ( $p \leq 0.05$ ) averages of dry matter (34.96 %) and protein (68.42 %) and the lowest averages of fat (6.54 %) and ash (10.91 %). Fish waste in Puerto Angel represents a significant volume, as when discarded at sea (viscera, heads, skeletons, skins) it becomes a source of beach pollution, as it tends to return to the beaches;

however, due to its nutritional properties, it can be processed for potential uses as animal feed or organic fertilizer.

**Index words:** tuna, waste, dorado, sailfish, protein.

## INTRODUCCIÓN

Según datos de la FAO (2024) la producción de pesca mundial fue de 92.3 millones de toneladas en 2022, donde México representó el 2.1 % (1 959 000 t) de la producción; y Oaxaca participó con 8 256 t (CONAPESCA, 2023). La pesca artesanal, en Oaxaca, es una actividad realizada por pequeños grupos de pescadores, usando botes o embarcaciones menores y curricán (señuelo) o palangre (línea con cordeles más pequeños y anzuelos en los extremos), los cuales son sujetados y arrastrados por la embarcación, así también se practica la pesca con redes de enmalle, a diferencia de la pesca con arrastre donde embarcaciones mayores remolcan las redes en el fondo del mar capturando gran variedad de especies comerciales y no comerciales (SAGARPA, 2014; Fernández et al., 2011).

El procesamiento y comercialización de pescados, constituye una fuente vital de alimentos y de empleos; además fomenta el desarrollo de nuevas tecnologías, procesos y el bienestar económico-social de la comunidad; ante tales ventajas es necesario que generaciones, presentes y futuras, realicen la actividad de manera responsable (FAO, 1995). A pesar de que la pesca artesanal es una alternativa sustentable (Martínez-González y Corgos-López-Prado, 2014; Puig et al., 2010; García-Allut, 2003), en ocasiones los residuos de pescadería que se generan no se manejan adecuadamente ya que les resulta más fácil desecharlos al mar (Banegas et al., 2018) o tirarlos al aire libre, afectando de manera indirecta al medio ambiente; sin embargo, estos residuos al ser procesados pueden utilizarse en raciones alimenticias para animales o en la fertilización del suelo (Ennouali et al., 2006).

En el proceso de obtención de filetes se generan alrededor de 60 % de residuos orgánicos: cabezas, vísceras, esqueletos, piel, aletas (Olsen et al., 2014); los cuales a nivel mundial en 2009 representaron aproximadamente 27 millones de toneladas anuales (FAO, 2010). Por otra parte, la FAO (2016) indica que algunos de los subproductos o residuos pesqueros no se comercializan debido a la escasa aceptación por los consumidores o simplemente se restringe su uso por reglamentación (NOM-161-SEMARNAT-2011) o por la falta de un plan de manejo de desecho de pescado (Jiménez et al., 2022). No obstante, Jayathilakan et al. (2012) refieren que estos residuos orgánicos de pescado tratados han tenido distintas aplicaciones, entre las más importantes destaca su utilización como alimento para animales y en la producción de biodiesel/biogás, productos dietéticos (quitosán), pigmentos naturales (después de la extracción) y cosméticos (colágeno).

El uso de los residuos de pescado en la alimentación animal (Santana-Delgado et al., 2008; Geron et al., 2007) representa una de las mejores opciones desde el punto de vista económico y de eficiencia biológica (Arteaga et al., 2022; Ferraz de Arruda et al., 2007; FAO, 1997), debido a su alto valor nutrimental (Bhattacharya et al., 2020; Ramírez-Ramírez et al., 2020; Hleap y Gutiérrez, 2017; Petenuci et al., 2008; Stevanato et al., 2008). Las harinas de pescado poseen altos niveles de proteína (del 65 % al 75 %), dependiendo de la especie de pescado con la que se elabora (Yang et al., 2020; FEDNA, 2021; Shimada, 2003; NRC, 2001; Windsor y Barlow, 1984); sin embargo, Cabello et al. (2013) mencionan que las harinas que provienen de desperdicios de pescado contienen baja concentración de proteína, debido a que en su mayoría incluyen, en diferentes proporciones, vísceras, espinazos, escamas, pieles y/o aletas. Podemos apreciar que el pescado no comercial y los desperdicios de pescado (factibles de ser utilizados debido al contenido nutrimental que poseen) al ser desechados en el ambiente representan un foco de contaminación

(Bhattacharya et al., 2020), que incluso, afecta negativamente al sector turismo (Banegas et al., 2018; Ferraz de Arruda et al., 2007; Ennouali et al., 2006).

En distintas zonas pesqueras, como es el caso de Puerto Ángel, Oaxaca, los residuos orgánicos de pescaderías son desechados en los cuerpos de agua y en el suelo principalmente (Banegas et al., 2018), por ello, es importante que se determine el volumen de residuos de pescado que se genera y se desarrollen propuestas viables para el aprovechamiento. El objetivo del presente estudio fue determinar el volumen y contenido nutrimental de los residuos de pescadería que se generan en Puerto Ángel, Oaxaca, bajo la hipótesis de que existe una cantidad importante de residuos con un nivel nutrimental potencial de ser utilizados en la alimentación animal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Con el fin de establecer una línea base sobre la actividad pesquera y sus subproductos, en 2018 se llevó a cabo un levantamiento de información en Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca (15°66'27" LN, 96°49'03" LO). Este proceso incluyó encuestas para estimar el volumen y las especies capturadas, además de la toma de muestras y análisis de los residuos derivados. El entorno de estudio se caracteriza por un clima cálido subhúmedo Aw (García, 2004) según Köppen, con un régimen de precipitación concentrado en el periodo estival, una temperatura media de 33 °C y una humedad relativa del 66 % (INEGI, 2019).

### Muestreo de encuestas

En el presente estudio se refiere como pescadores a las personas que se dedican principalmente a extraer pescado. Los fileteros son todos aquellos individuos que realizan al despique de pescado; por lo tanto, su actividad se enfoca en la compra de pescado fresco exclusivo para fileteo y la venta del producto dentro de la zona y sus alrededores. Se define como restaurantero a toda aquella persona que es poseedor de un restaurante y que ofrece

platillos derivados de productos pesqueros; por último, son comercializadores las personas que se dedican a la compra, fileteo y venta de productos pesqueros dentro de la zona; así como a la exportación estatal y nacional del producto entero fresco.

Se realizó un muestreo estratificado aleatorio proporcional al tamaño del estrato (rol de las personas) para determinar el volumen y tipo de pescado que normalmente se captura, así como la problemática que enfrentan para deshacerse de los residuos, agrupando los problemas en ambientales, económicos y ninguno, esto en función de las respuestas en la encuesta aplicada; para esto se contó con la participación de 51 pescadores, 2 fileteros, 5 restauranteros y 2 comercializadores. En la determinación del tamaño de muestra ( $n = 60$ ), el error estándar de la media estratificada fue de 1.34, con un error de muestreo de 3.20 %, a una precisión de 1.78 y un intervalo de confianza de 39.37 % a 44.66 %.

### Análisis proximal de los residuos de pescadería

Los análisis nutrimentales se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. A partir de los datos obtenidos de las encuestas, los residuos de pescado que se colectaron fueron de las siguientes especies: pez vela (*Istiophorus platypterus*, Shaw, 1792), atún (*Thunnus albacares*, Bonnaterre, 1788) y dorado (*Coryphaena hippurus*, Linnaeus, 1758), obtenidos en fresco de expendios dedicados al fileteado y comercialización. El análisis proximal se realizó bajo las normas oficiales mexicanas y los métodos AOAC (1990); se utilizó una balanza analítica con capacidad  $300 \pm 0.01$  g marca Velab, modelo VE-303 para el pesaje de muestras.

Materia seca: se consultó la Norma Mexicana NMX-F-083-1986, con el método de secado a 80 °C por 48 h, con estufa marca Felisa modelo FE-I43, posteriormente a temperatura de 95 a 105 °C por 12 h en estufa marca Riossa, modelo E-71.

Cenizas: se empleó el método AOAC (1990), que considera la calcinación completa de la materia orgánica a 550 °C durante 4 h en una mufla marca Lindberg, modelo 51894, antes de llevar las muestras a la mufla se determinó peso base seco en una estufa marca Riossa, modelo E-71 a 80 °C por 12 h.

Grasa: se analizó bajo la NMX-F-089-S-1978, método Soxhlet, utilizando un equipo de extracción Soxhlet (refrigerante y trompeta), bomba de agua semisumergible marca GB. Modelo LP-9W, agitador termostático magnético modelo HJ-4B a 60 °C durante 4 a 7 h y estufa marca Felisa, modelo FE-I43 a 100 °C por 12 h.

Proteína cruda: determinada bajo la NMX-F-068-S-1980 y la NMX-BB-014-1973, usando el método Kjeldahl que consiste en digestión de la muestra con ácido sulfúrico y un catalizador, constituido de tres fases: digestión; con equipo FOSS Tecator Digestor 2508, serial 918004543, Scrubber 250I, serial 91801407, destilación; Kjelteltec 8200, serial 91798091 y titulación; con ácido sulfúrico al 0.01 N, usando una bureta manual.

### Análisis de datos

Los datos obtenidos se procesaron con el paquete SAS (SAS, 2015); para determinar el volumen de residuos que se genera en Puerto Ángel, se realizaron pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas; Shapiro-Wilk (*PROC UNIVARIATE*) y Barlett (*PROC GLM*), respectivamente. Posteriormente se trabajaron pruebas de bondad de ajuste de  $\chi^2$ , Mann-Withney, Kruskal-Wallis ( $\alpha = 0.05$ ).

En contenido nutrimental, las variables materia seca, extracto etéreo y proteína cruda fueron transformadas a *arco tangente* ( $x$ ) para cumplir los supuestos de normalidad y homogeneidad; los contenidos nutrimentales de las especies de pescado se diferenciaron mediante el modelo general lineal (*GLM*) y prueba de medias (Tukey, 0.05).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la comunidad de Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca utilizan como principales herramientas de pesca el curricán y el palangre (localmente conocido como cimbra) de fondo y flotante, lanchas pequeñas de fibra de vidrio de 7 a 10 m de eslora, con capacidad de 1 a 1.5 t equipadas con motor fuera de borda, forman grupos de tres a cinco personas por embarcación, por lo anterior, la actividad se puede catalogar como pesca artesanal. Esta aseveración coincide con lo reportado por Cerdaneres-Ladrón de Guevara et al. (2012), quienes indican que, en la pesca artesanal, en Puerto Ángel, Oaxaca, utilizan embarcaciones pequeñas de 7.61 a 10.33 m de eslora, donde participan de dos a cuatro pescadores que usan equipo construido de manera artesanal (curricán, palangre modificado (cimbres) y sin ayudas mecánicas. Así también, Martínez-González y Corgos-López-Prado (2014) refieren que la pesca artesanal en Jalisco sobresale por las embarcaciones pequeñas, trabajan hasta 3 personas por embarcación y hay pesca selectiva en las capturas (sustraen hasta veinte veces menos especies acompañantes).

Las especies capturadas en mayor cantidad en Puerto Ángel son: tiburón (*Carcharhinus falciformis*, Müller y Henle, 1839), pez vela (*Istiophorus platypterus*), atún (*Thunnus albacares*) y dorado (*Coryphaena hippurus*) (Figura I). El tiburón normalmente es exportado a otros estados de la República, y las demás especies se comercializan en puntos de venta local y estatal. Lo anterior coincide con lo reportado por Rodiles-Hernández et al. (2024), quienes indican que las especies más abundantes que se capturan en Puerto Ángel son los pelágicos mayores, incluyendo especies tales como tiburón, pez vela, dorado y atún aleta amarilla y que la comercialización es local, estatal y nacional. Los valores en volumen de pesca de las especies mencionadas en el presente estudio difieren a lo reportado por CONAPESCA (2018); sin embargo, cabe recalcar que el volumen de pesca extractiva es variable entre especies mostrando

altas y bajas a lo largo del tiempo. A continuación, se hace una comparación de cifras expresadas en toneladas anuales, el primer dato corresponde al presente estudio realizado en 2018 y la segunda cifra es reportada por CONAPESCA para ese mismo año: reportando 1,215 y 3,140 para tiburón y cazón, 736.2 y 3008 para túnidos, 87.6 y 1,439 para huachinango, 650 de pez vela y 571.5 de dorado, para el caso de las dos últimas especies CONAPESCA no reporta datos. Es importante mencionar que los resultados de la presente investigación, corresponden a la zona de Puerto Ángel; por lo tanto, es normal que difieran de los reportes estatales, donde se consideran todas las zonas pesqueras de la entidad (CONAPESCA, 2023).

El producto de la pesca lo ofertan en la playa a personas dedicadas a la venta de pescado asado (conocidas como bandejeras o asadoras), público en general, fileteros y comercializadores. Ruiz y Madrid (1997) reportan que, en México, en los sistemas de pesca artesanal localizados en Mazatlán Sinaloa y en la Bahía Bufadero en Michoacán, la comercialización de la pesca suele

realizarse en la playa, directamente a consumidores, restauranteros y comerciantes locales.

Los datos de las encuestas arrojaron que el pez vela constituye un 19.69 % de las capturas, siendo la segunda especie, después del tiburón, que más se extrae en Puerto Ángel, dato similar fue reportado por Cerdanarés-Ladrón de Guevara (2012) para el periodo 2005 a 2008, indicando que la especie se posicionó en segundo lugar con cerca del 20 % de las capturas en Puerto Ángel.

La pesca en Puerto Ángel se realiza durante todo el año, independientemente de la temporada de veda (mayo a agosto). Sin embargo, durante la veda el volumen de pesca se reduce, por el contrario, el tiburón solo se extrae en época de no veda (**Figura I**). Los pescadores argumentan que no se permiten dejar de pescar al representar esta actividad el sustento para su familia, es así que mencionan que en épocas de veda se dedican a capturar diferentes especies que no se encuentran en restricción, además su permiso de pesca ampara el 10 % de pesca incidental.

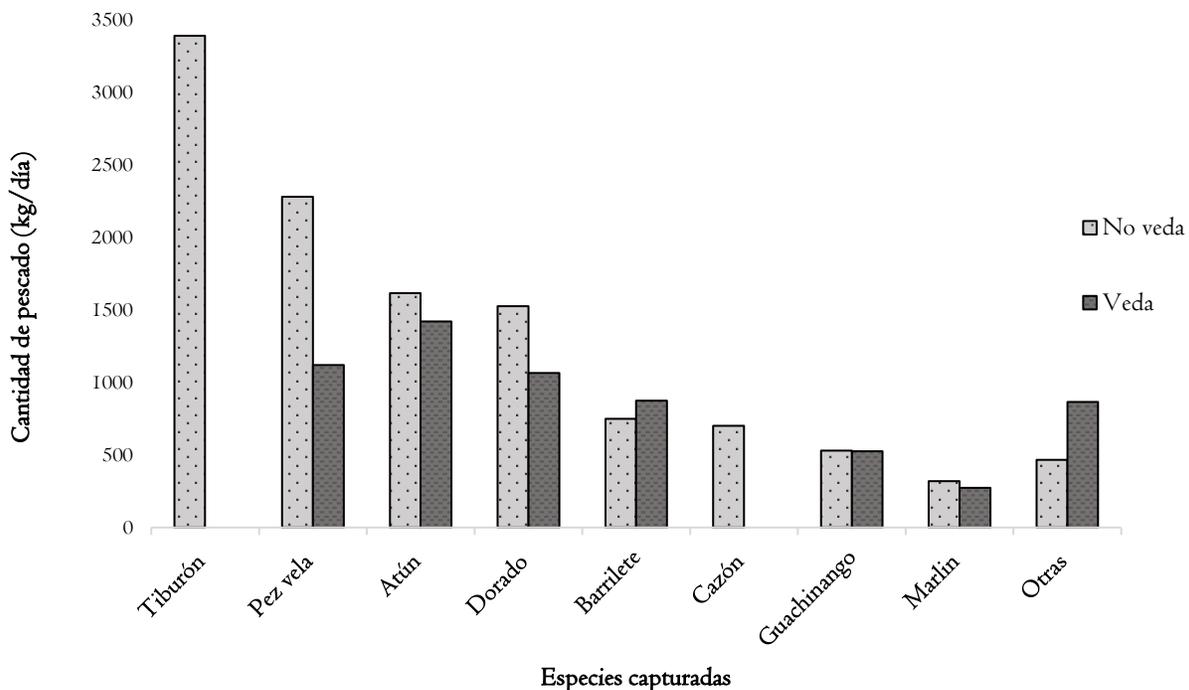


Figura I. Especies de pescado que se capturan por época en Puerto Ángel, Oaxaca.

Así también se pescan en menor cantidad y durante todo el año, otras especies como: huachinango (*Lutjanus campechanus*, Poey, 1860), barrilete (*Euthynnus lineatus*, Kishinouye, 1920), marlin (*Makaira nigricans*, Lacepède, 1802), salmonete (*Xenichthys xanti*, Gill, 1863), botete (*Sphoeroides testudineus*, Linnaeus, 1758), agujón (*Tylosurus acus pacificus*, Steindachner, 1876), pargo (*Lutjanus argentiventris*, Peters, 1869), palometa (*Trachinotus rhodopus*, Gill, 1863) sierra (*Scomberomorus sierra*, Jordan, 1895), medregal (*Seriola* spp.), cocinero (*Caranx caballus*, Günther, 1868), jurel (*Caranx caninus* Günther, 1867), por mencionar algunos. Estas especies generalmente se ponen a la venta como pescados enteros dentro y fuera de la zona, esta condición permite solo el desecho de vísceras, por lo tanto, se generan pequeñas cantidades de residuos en lo que a estas especies se refiere.

En otro sentido, de las principales especies capturadas existen cantidades importantes de residuos, en su mayoría, son generados por los fileteros, quienes predominan en Puerto Ángel, cada filetero desecha en promedio 75 kg por día. Los comercializadores desechan en promedio 95 kg por día, los restauranteros producen volúmenes relativamente bajos (3 kg).

Las personas involucradas en las actividades pesqueras en Puerto Ángel, Oaxaca indican que los problemas que se presentan al desechos los residuos de pescado son de índole económico y ambiental (**Tabla I**). Fileteros y comercializadores mencionan que pagan para deshacerse de los residuos un promedio diario de 4.16 y 5.37 USD, respectivamente. También señalan que las personas que se llevan los residuos los desechan al mar, el cual es el principal vertedero de los desechos (vísceras, cabezas, esqueletos, pieles, aletas, escamas) del procesamiento que se realiza en pescaderías de la zona. En el caso de los restauranteros, comentan que los residuos de pescado al ser desechados en el mar traen como consecuencia que aparezcan en las playas algunos desechos de pescado que generan malos olores, y afecta al turismo. Se estimó, que los residuos de

pescado que se generan en Puerto Ángel representan un volumen de 1.275 t diariamente que no son aprovechados y son desechados al mar.

La sostenibilidad ambiental se ha convertido en una preocupación creciente, los compradores y consumidores de productos del mar desempeñan un papel importante al exigir cada vez más productos obtenidos bajo un esquema de responsabilidad social y ambiental. (Boyd et al., 2020). La meta 14.4 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) regula las actividades pesqueras (Naciones Unidas, 2018), además promueve la conservación y uso sostenible de los océanos. Por lo que la intención del estudio es determinar la cantidad de residuos de pescadería y contenido nutrimental con la finalidad de identificar estrategias de aprovechamiento de los mismos, de tal forma que puedan generarse ingresos y reducir la contaminación en zonas pesqueras.

El 89.27 % de los pescadores consideran un problema los desechos de pescado porque contaminan el agua, suelo, aire y la playa, además refieren que tal situación refleja un efecto negativo en el turismo. Un caso similar a lo reportado en un estudio en la Provincia de Manabí-Ecuador, donde tiene un efecto en la contaminación ambiental y de manera específica, el aire y el agua de la Playa del Cantón Puerto López, teniendo a su vez un impacto negativo en el turismo (Osejos et al., 2017). El 10.27 % de los entrevistados argumentan que verter los residuos en el mar no representa un problema, ya que se convierte en comida para peces y aves. Sin embargo, es preciso buscar alternativas de aprovechamiento de los residuos que se generan en Puerto Ángel, ya que representan aproximadamente 38 t mensualmente de residuos con características nutricionales importantes que no se están aprovechando, Leyva et al. (2010) reportan un caso similar en el municipio de Boyamo, Cuba donde se producen mensualmente 43.8 t de residuos de dos especies de pescado y así mismo proponen alternativas de aprovechamiento para incluirlos en la alimentación de aves, cerdos y peces.

**Tabla I.** Implicaciones y destino de los residuos de pescado en Puerto Ángel, Oaxaca.

Grupo	Tipo de problema para deshacerse de residuos			Paga por deshacerse de residuos		Destino de los residuos	
	Ambiental	Económica	Ninguna	Si	No	Mar	Entierran
Pescadores						46 (86.79)	
Fileteros		2 (25)		2 (25)		2 (3.77)	
Restauranteros	3 (37.5)		1 (12.5)		4(50)	2 (3.77)	1 (1.89)
Comercializadores		2 (25)		2 (25)		2 (3.77)	
Valor y significancia	$\chi^2 = 8.0$ $p = 0.0916$			$\chi^2 = 8.0$ $p = 0.0183$		$\chi^2 = 16.98$ $p = 0.0007$	

Valores indican frecuencia absoluta (frecuencia relativa porcentual), n = 60. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de encuesta, 2018.

### Contenido nutrimental de los residuos de pescado

El análisis proximal mostró que el nivel nutrimental de los residuos de pescadería que incluyen cabezas, esqueletos, pieles (**Tabla 2**) fue diferente entre las especies ( $p \leq 0.05$ ); los residuos del atún presentaron un nivel proteico superior respecto a los del dorado y en mayor proporción cuando se comparó con los del pez vela, 10.4 y 15%, respectivamente; por el contrario, cuando se trata de fracción de grasa los residuos del pez vela presentaron mayor cantidad (13.91 %) con una diferencia del 7 % respecto a los del dorado y del atún, siendo este último la especie que contiene el menor nivel de grasa en sus residuos. Los valores promedio de PC y grasa de los residuos de pescado en Puerto Ángel fueron superiores a los reportados por Cabello et al. (2013) de 51.93 % y 8.80 % respectivamente, en harinas de residuos de diferentes empresas procesadoras de conservas de atún y sardina en la región Nororiental de Venezuela. El nivel promedio de proteína en residuos (dorado, pez vela y atún) en el presente estudio fue similar a lo reportado por Llanes et al. (2011) quienes obtuvieron 60.22 % de contenido proteico en residuos frescos de diferentes especies de pescado que se comercializan en la Feria Pinto de Temuco, Chile, no obstante, este nivel de proteína difiere cuando se compara solo con residuos de atún (68.42 %).

Respecto al porcentaje de cenizas no fue estadísticamente diferente entre los residuos del dorado y del atún; sin embargo, los promedios son distintos al obtenido en los del pez vela, que presentó el porcentaje más alto de cenizas con 13.45 %. El contenido de cenizas en el presente estudio fue un 47 % inferior con lo reportado por Cabello et al. (2013) con 25.46 %, sin embargo, es importante mencionar que datos aquí reportados corresponden a residuos sin adición de sustancia alguna y sin ningún tipo de procesamiento. Estas diferencias pueden deberse a las especies, el volumen incluido, la época, sexo, edad y alimentación (Eslava, 2009; Vidotti et al. 2002).

Los promedios de materia seca, mostraron diferencia ( $p \leq 0.05$ ) entre los residuos de las especies atún y pez vela, los promedios obtenidos en los de la especie dorado fueron similares ( $p \leq 0.05$ ) respecto a las especies ya mencionadas.

David-Ruales et al. (2014) evaluaron residuos (carcasas y vísceras) de trucha arco iris en un municipio de Antioquia, Colombia, donde se generan grandes cantidades de desechos que en ocasiones no son aprovechados y se convierten en contaminantes, por lo que se establecieron técnicas de extracción de aceite, a partir de estas técnicas se reportan en los residuos los siguientes valores

**Tabla 2.** Niveles nutrimentales de residuos de tres especies de pescado.

Variable	Especie			Prob.	CV (%)
	Atún (%)	Dorado (%)	Vela (%)		
Proteína cruda	68.42 ±0.36 <sup>a</sup>	58.04 ±0.49 <sup>b</sup>	53.35 ±0.04 <sup>c</sup>	<.0001	1.1
Grasa	6.54 ±0.04 <sup>b</sup>	7.73 ±0.05 <sup>b</sup>	13.91 ±1.02 <sup>a</sup>	<.0001	12.6
Cenizas	10.91 ±0.20 <sup>b</sup>	11.64 ±0.36 <sup>b</sup>	13.45 ±0.47 <sup>a</sup>	0.0024	6.1
Materia seca	34.96 ±0.05 <sup>a</sup>	34.83 ±0.40 <sup>ab</sup>	33.87 ±0.12 <sup>b</sup>	0.0236	0.5

CV = coeficiente de variación. Medias con letras distintas en una misma hilera son estadísticamente diferentes, ± (error estándar) (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

nutrimentales: humedad 2.1 %, grasa 34.2 %, cenizas 17.3 % y proteína 17.2 % en base seca, dichos niveles difieren de los valores reportados en la presente investigación, particularmente con los niveles de grasa, que pudo deberse a las vísceras que no fueron incluidas en la presente investigación.

En un estudio realizado por Holguín et al. (2009) reportaron niveles de 38.88 %, 48.37 % y 13.55 % para PC, grasa y cenizas en residuos (vísceras, branquias y escamas) de distintas especies, en proporciones similares de cada especie y partes orgánicas: bagre (*Pseudoplatystoma fasciatum*, Linnaeus, 1766), trucha (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) y capaz (*Pimelodus grosskopfii*, Steindachner, 1879), obtenidas en la Plaza de las Flores de la Central de Abastos de Bogotá, Colombia, estas diferencias pueden explicarse por el tipo de pescado y componentes que se utilizaron, además de someter los residuos a cocción (70 °C) durante 20 min. Valores de 14.63 % PC, 3.42 % grasa y 6.26 % cenizas fueron reportados por Toledo y Llanes (2006) en desechos frescos del fileteado de tilapia (cabezas, espinas, cola, piel y vísceras en menor proporción) en la Provincia de La Habana, Cuba, estas divergencias pueden estar implicadas en la especie de pescado que se utilizó.

Así mismo Viglezzi (2011) realizó un estudio con residuos de carpa (*Cyprinus carpio*, Linnaeus, 1758) obteniendo niveles de 77.48 %, 12.30 %, 1.28 % y 7.73 % para humedad, proteína, grasa y cenizas, respectivamente. Niveles inferiores al 3 % de grasa son reportados para especies consideradas como magras, siendo el caso de la carpa que en diversos estudios ha sido reportada con promedios menores al 2 % de grasa (Tiwo et al., 2018; Soto-Simental, 2016; Guler et al., 2008). Los residuos de pescado en estudio corresponden a especies no consideradas como magra por lo tanto contienen niveles intermedios de grasa, el contenido de grasa tiene influencia directa en la calidad del producto final, es así que un alto (más del 13 %) nivel de este nutrimento puede reducir el tiempo de vida de anaquel, debido a que se enrancian con facilidad (Cabello et al., 2013). Barrera et al. (2023) indican el contenido de proteína (23.61%) en residuos de pescado crudo (espinazos, aletas, cabeza y piel) y García-Sifuentes et al (2020) realizaron la caracterización composicional de biomasa residual en una industria que recibe subproductos (esqueletos, cabezas, colas y parte de músculo oscuro cocidos) derivados del enlatado de atún, reportando que en el mes de marzo esta biomasa contiene 8.01, 6.45 y 63.4 de cenizas, lípidos y humedad, respectivamente. Estos resultados son similares a los de este trabajo, a excepción del nivel

de proteína donde fue mayor el contenido (68.42 vs. 18.83%) lo cual puede deberse al mayor contenido de piel y músculo en las muestras.

Frente a la magnitud de divergencias que se han reportado, se afirma que esta depende de distintos factores: tipo de pescado, tipo de residuos, procesamiento, sexo y estación del año (Vidotti et al., 2002; Eslava, 2009). Nazrul y Razzaq (2005) reportaron diferencias en contenido nutrimental de pescado *Glossogius giurís*, Hamilton, 1822 referente a la época del año y sexo de la misma especie, encontrando que los machos presentaron el nivel más alto de lípidos en marzo con 1.52 % respecto a hembras que presentaron 1.82 % en febrero y el menor contenido en agosto para machos fue de 0.95 % y 1.06 % para hembras en el mes de junio, en cuanto al nivel proteico observaron que los niveles más altos fueron de 16.03 % en agosto y 15.56 % en noviembre y los mínimos de 14.09 en febrero y 13.88 % en febrero para machos y hembras, respectivamente.

### CONCLUSIONES

En Puerto Ángel, Oaxaca al día se regresan al mar 1.275 t de residuos de pescado (atún, dorado y pez vela, entre muchos otros) que son factibles de ser aprovechados, mediante su transformación en harinas para el consumo animal o como fertilizante orgánico. Tal propuesta se sustenta a partir de los resultados obtenidos en el presente estudio, estableciendo que los residuos de atún, dorado y pez vela presentan altos valores nutrimentales.

### AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México por las facilidades otorgadas en la formación de Maestros en Ciencias en Productividad en Agroecosistemas, mismo donde se desarrolló la presente investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONAHCYT, número de becario: 482148) por el apoyo brindado durante la realización de esta investigación.

### REFERENCIAS

- Arteaga, M., Merchán, D., Mendoza, L. & Ochoa, M. (2022). Residuos de pescado: Impacto ambiental y utilización. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 6(42), 445-452.  
<https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss42.2022pp445-452>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1990). In: Animal Feed. Agricultural Chemicals; Contaminants; Drugs. *Official methods of analysis*. Ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc. 15<sup>th</sup> Ed. Arlington, Virginia 22201, USA. Vol I, pp 69-84.
- Banegas, V. G., Cortés, P. E. y Fosado, T. O. (2018). Plan de manejo de residuos de pescado para el Puerto Pesquero Artesanal de Coquimbo. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 19, 91-114.
- Bhattacharya, A., Chowdhury S., Iqbal A., Murmu P. & Nath S. 2022. Fish processing wastes: Environmental impacts and mitigation measures. *Indian Journal Animal Health*, 6(2), 67-82.  
<https://doi.org/10.36062/ijah.2022.spl.022.22>
- Boyd, C. E., D'Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, L. M. J., Lockwood, G. S., McNevin, A. A., Tacon, A. G. J., Teletchea, F., Tomasso Jr, J. R., Tucker, C.S. and Valenti, W.C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(3), 578-633.  
<https://doi.org/10.1111/jwas.12714>
- Cabello, A., García, A., Figuera, B., Higuera, Y. y Vallenilla, O. (2013). Calidad físico-química de la harina de pescado venezolana. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela*, 25(4), 414-422.
- Cerdenares-Ladrón de Guevara, G., Morales-Bojórquez, E., Ramos-Carillo, S. y González-Medina, G. (2012). Variabilidad de la

- abundancia relativa y talla promedio del pez vela *Istiophorus platypterus* capturado por la flota artesanal en el Golfo de Tehuantepec, México. *Ciencias Marinas*, 38(3), 551-562. <https://doi.org/10.7773/cm.v38i3.2066>
- CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca). (2016). Información estadística por especie y entidad. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. [https://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/informacion\\_estadistica\\_por\\_especie\\_y\\_entidad](https://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/informacion_estadistica_por_especie_y_entidad)
- CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca). (2023). Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2023. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, [https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2023/ANUARIO\\_ESTADISTICO\\_DE\\_ACUACULTURA\\_Y\\_PESCA\\_2023.pdf](https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2023/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2023.pdf)
- David-Ruales, C.A., Torres-Toro, C., Hincapié-Ávila, S. y Londoño-Londoño, J. (2014). Aprovechamiento de residuos de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*: uso de tecnologías limpias para la extracción de aceite. *Orinoquia*, 18 (Suplemento I), 294-299.
- Ennouali, M., Elmoualdi, L., Labioui, H., Ouhsine, M. and Elyachoui, M. (2006). Biotransformation of the fish waste by fermentation. *African Journal of Biotechnology*, 5(19), 1733-1737.
- Eslava, P.E. (2009). Estimación del rendimiento y valor nutricional del besote *Joturus pichardi* Poey, 1986 (Pisces: Mugilidae). *Revista MVZ Córdoba*, 14(1), 1576-1586.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (1995). Código de conducta para la pesca responsable. Roma, Italia, 46 pp. <https://www.fao.org/4/v9878e/v9878e00.htm>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (1997). Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal. Memorias. Taller regional Instituto de Investigaciones Porcinas y la FAO. La Habana, Cuba. pp. 1-64.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2010). The State of World Fisheries and Aquaculture. Fisheries and Aquaculture Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, 197 pp. <https://www.fao.org/4/i1820e/i1820e00.htm>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). El estado mundial de la pesca y acuicultura. Retos y desafíos. Roma. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b0985f6e-5b32-4fef-b03b-68bc488707e5/content>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, 224 pp. <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2024). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. Parte I. Análisis mundial. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f93e199d-7cba-48ff-a8aa-4b514e226512/content/sofia/2024/world-fisheries-aquaculture.html>
- FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). (2021). Ingredientes para piensos. Concentrados de proteína animal. Harina de pescado. [https://fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_pensos/harina-de-pescado-59921](https://fundacionfedna.org/ingredientes_para_pensos/harina-de-pescado-59921)
- Fernández, J. I., Álvarez-Torres, P., Arreguín-Sánchez, F., López-Lemus, L. G., Ponce, G., Díaz-de-León, A., Arcos-Huitrón, E. y del Monte-Luna, P. (2011). *Coastal fisheries of Mexico*. In: S. Salas, R. Chuenpagdee, A. Charles and J.C. Seijo (eds). Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean. FAO

- Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 544. Rome, pp. 231-284.
- Ferraz de Arruda, L., Borghesi, R. and Oetterer, M. (2007). Use of Fish Waste as Silage - A Review. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(5), 879-886. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132007000500016>
- García E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México. Universidad Nacional Autónoma de México.
- García-Allut, A. (2003). La pesca artesanal, el cambio y la patrimonialización del conocimiento. *PH* 44 (074-075). <https://doi.org/10.33349/2003.44.1567>
- García-Sifuentes, C. O., Scheuren-Acevedo, S. M. and Zamorano-Apodaca, J. C. (2020). Explorando diferentes subproductos considerados como residuos por la industria pesquera en México. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 22(2), 61-69.
- Geron, L. J. V., Zeoula, L. M., Vidotti, R. M., Matsushita, M., Kazama, R., Neto, S. F. C. and Fereli, F. (2007). Chemical characterization, dry matter and crude protein ruminal degradability and *in vitro* intestinal digestion of acid and fermented silage from tilapia filleting residue. *Animal Feed Science and Technology*, 136(3-4), 226-239. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.09.006>
- Guler, G. O., Kiztanir, B., Aktumsek, A., Cital, O. B. and Ozparlak, H. (2008). Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and  $\omega 3/\omega 6$  ratios of carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle lipids in Beysehir Lake (Turkey). *Food Chemistry*, 108(2), 689-694. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.080>
- Hleap, Z. J. I. & Gutiérrez, C. C. A. (2017). Hidrolizados de pescado - producción, beneficios y nuevos avances en la industria. Una revisión. *Acta Agronómica*, 66(3), 311-322. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.52595>
- Holguín, M. S., Caicedo, L. A. y Veloza, L. C. (2009). Estabilidad de almacenamiento de ensilados biológicos a partir de residuos de pescado inoculados con bacterias ácido-lácticas. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 56(2), 95-104.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2019). Espacio y datos de México. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioidatos/default.aspx?ag=203240025>
- Jayathilakan, K., Sultana, K., Radhakrishna, K. and Bawa, A. S. (2012). Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3), 278-293. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0290-7>
- Jiménez, G. del C. G., Martínez, L. L. & Martínez, M. V. (2022). Categorización de residuos de pescado para la elaboración de subproductos de valor agregado. *Revista Ingeniantes*, 1(1), 03-08.
- Leyva, C. L., Domínguez, G. J., Pérez, T. Y., Labrada, S. J. A., Revuelta, L. D. y González, S. R. (2010). Estudio comparativo de dos desechos pesqueros provenientes del municipio de Boyamo, Cuba. *Revista Científica UDO Agrícola*, 10(1), 191-122.
- Llanes, J., Bórquez, A., Alcaino, J. y Toledo, J. (2011). Composición físico-química y digestibilidad de los ensilajes de residuos pesqueros en el salmón del Atlántico (*Salmo salar*). *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 45(4), 417-422.
- Martínez-González, P. y Corgos-López-Prado, A. (2014). La pesca artesanal en Jalisco. Conflictos en torno a la conservación biocultural y la reproducción del capital. El caso de Careyitos. *Sociedad y Ambiente*, 1(4), 23-38.
- Naciones Unidas. (2018). Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible. En: *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*.

- <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>
- Nazrul, I. and Razzaq, A. (2005). Seasonal variation of the proximate composition of freshwater gobi, *Glossogobius giurus* (Hamilton) from the River Padma. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8(4), 532-536. <http://dx.doi.org/10.3923/pjbs.2005.532.536>
- NMX-BB-014-1973. Clasificación y tamaños nominales para utensilios usados en laboratorio. Normas mexicanas. Dirección General de Normas. <https://vlex.com.mx/vid/nominales-utensilios-vidrio-usados-381803330?ga=2.59387757.1343266062.1506519523-290677727.1506519523>
- NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos. Normas mexicanas. Dirección General de Normas. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/mexicanas/NMX-F-066-S-1978.PDF>
- NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo. Normas mexicanas. Dirección General de Normas. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/mexicanas/NMX-F-089-S-1978.PDF>
- NMX-F-068-S-1980. Alimentos. Determinación de proteínas. Normas mexicanas. Dirección General de Normas. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/mexicanas/NMX-F-068-S-1980.PDF>
- NMX-F-083-1986. Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios. Normas mexicanas. Dirección General de Normas. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/mexicanas/NMX-F-083-1986.PDF>
- NOM-161-SEMARNAT-2011. Criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.
- <https://sidof.segob.gob.mx/notas/docFuente/5286505>
- NRC (National Research Council). (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academy Press. Whashington, D.C. USA, p. 381.
- Olsen, R. L., Toppe, J. and Karunasagar, L. (2014). Challenges and realistic: opportunities in the use of by-products from processing of fish and shellfish. *Trends in Food Science and Technology*, 36(2), 144-151. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.01.007>
- Osejos, M. A. M., Merino, M. V. C. y Merino, M. C. C. (2017). Incidencia de la pesca artesanal en la contaminación de la Playa del Cantón Puerto López, de la Provincia de Manabí-Ecuador. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 20(40), 18-27. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v20i40.14385>
- Petenuci, M. E., Stevanto, F. B., Visentainer, J. E. L., Matsushita, M., Garcia, E. E., de Souza, N. E. and Visentainer, J. V. (2008). Fatty acid concentration, proximate composition, and mineral composition in fishbone flour of Nile Tilapia. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(1), 87-90.
- Puig, P., Grunwaldt, P. y González, S. (2010). Pesquería artesanal de corvina en Uruguay. *Frente Marítimo*, 21, 23-35.
- Rodiles-Hernández, S. L., Cerdaneres-Ladrón de Guevara, G., Ramos-Carrillo, S., Mayell-Maldonado, L. y Quiroz-Uría, M. (2024). La participación de la mujer en la red de producción y el valor agregado resultado de las actividades pesqueras. Un estudio de caso en Puerto Ángel, Oaxaca, México. *Ciencia Pesquera*, 32(Número especial), 33-43.
- Ruiz, L. A. y Madrid, V. J. (1997). Análisis comparativo de tres sistemas de pesca artesanal. *Región y Sociedad*, 8(13), 76-98.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2014). Plan de manejo pesquero de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) del Océano Pacífico mexicano. *Instituto Nacional de Pesca*.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Diario Oficial de la Federación
- Santana-Delgado, H., Ávila, E. and 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. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.023>
- SAS Institute Inc. (2015). SAS/STAT 14.1 User's Guide Statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Shimada, M.A. (2003). Alimentos: su composición y cómo evaluarla. En: *Nutrición animal*. Editorial Trillas. México, pp. 26-63.
- Soto-Simental, S., Valera-Quesada, E., Hernández-Chavez, J. F., Güemes-Vera, N. y Ayala-Martínez, M. (2016). Efecto de grasa, agua añadida, carragenina y fosfatos en un producto emulsionado con carne de carpa (*Cyprinus carpio*). *Agrociencia*, 50(4), 413-427.
- Stevanato, F. B., Almeida, V. V., Matsushita, M., Oliveira, C. C., Souza, N. E. and Visentainer, J. V. (2008). Fatty acids and nutrients in the flour made from tilapia (*Oreochromis niloticus*) heads. *Food Science and Technology*, 28(2), 440-443. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000200027>
- Tiwo, C. T., Chandra, M. V., Womeni, H. M., Zambou, N. F., Ndomou, S., Tchoumboungang, F., Dzoukoua, D. A., Nayak, B. B., Anandan, R. and Pankaj, K. (2018). Effect of ice storage on the textural and rheological properties of proteins from freshwater fish, *Cyprinus carpio* (Common carp). *Fish Aqua Journal*, 9(3), 255-265. <https://doi.org/10.4172/2150-3508.1000255>
- Toledo, P. J. y Llanes, I. J. (2006). Estudio comparativo de los residuos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. *Aqua TIC*, 25, 28-33.
- Vidotti, R. M., Carneiro, D. J. and Viegas, E. M. M. (2002). Acid and fermented silage characterization and determination of apparent digestibility coefficient of crude protein for Pacu *Piaractus mesopotamicus*. *World Aquaculture Society*, 33(1), 57-62. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2002.tb00478.x>
- Windsor, M. y Barlow, S. (1984). *Introducción a los subproductos de pesquería*. Editorial Acribia, Zaragoza, España. pp 209.
- Yang, X., He, Y., Chi, S., Tan, B., Lin, S., Dong, X., Yang, Q., Liu, H. and Zhang, S. 2020. Supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* hydrolysate in a complex plant protein, low-fishmeal diet improves intestinal morphology, immune function and *Vibrio harveyi* disease resistance in *Epinephelus coioides*. *Aquaculture*, 529, e73565. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735655>