

14. Alimentos derivados de la pesca y sus coproductos



RAMÓN PACHECO AGUILAR*
MARÍA ELENA LUGO SÁNCHEZ**

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.360.14>

Resumen

El presente capítulo describe resultados de proyectos relevantes del Programa de Investigación del Laboratorio de Bioquímica y Calidad de Productos Pesqueros (LBCPP) del CIAD. Todos ellos cuentan con potencial para concretarse en innovadores desarrollos tecnológicos que diversificarían de manera exitosa y significativa la actividad pesquera nacional tan necesitada, no solo en su componente de crecimiento sino de desarrollo. La descripción de los proyectos aquí presentados comprende la utilización de la pesca, incluida la acuicultura, no como alimento sino en cuanto al uso de los desechos y subproductos que esta genera para el diseño, producción y evaluación de coproductos que le den a la actividad pesquera un alto potencial de valor agregado. Queda en los programas de gobierno y en los planes de desarrollo del sector pesquero público y privado hacer que el componente científico aquí descrito se convierta en una realidad que muestre la riqueza que estamos perdiendo.

Palabras clave: *pesca, acuicultura, diseño y evaluación de coproductos.*

* Doctor en Ciencias. Profesor-investigador emérito titular en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1669-8007> ; correspondencia: rpacheco@ciad.mx

** Maestra en Ciencias. Profesora-investigadora asociada, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1472-5438>

Introducción

La pesca y la acuicultura son actividades económicas relevantes en nuestro país, con un valor anual aproximado de 47 239 MDP. Con 11 000 km de litoral, incluidas nuestras islas y una Zona Económica Exclusiva (ZEE) de 3.1 millones de km², debiésemos ser una potencia pesquera mundial, pero aún estamos muy alejados de ello.

Las dependencias oficiales relacionadas con la alimentación y la salud reportan un consumo de productos pesqueros de 12-13 kg/año; sin embargo, esta cifra representa el “consumo aparente” que resulta de dividir la producción pesquera (captura y cultivo) entre la población nacional total. Esta cifra está muy alejada del “consumo real” de la población. Para el cálculo del mismo, es necesario considerar el rendimiento promedio del 30% de la fracción comestible de las especies, el uso industrial de algunas de ellas, principalmente especies de pelágicos menores como sardinas y anchovetas para la producción de harinas y aceites de pescado, y el deterioro por malos manejos a lo largo de toda la línea de captura, procesado y consumo. Lo anterior significa que del consumo aparente reportado en nuestras estadísticas tan sólo 2.1 kg/año es el “consumo real”.

La calidad nutrimental de los productos derivados de la pesca y la acuicultura, destinados al consumo directo, está ampliamente documentada en la literatura científica y revistas de difusión. Sus componentes proteicos, lipídicos, vitaminas y minerales, los convierten en alimentos especiales e ideales para todos los segmentos de la población. No obstante, la estrategia implementada para el desarrollo y la diversificación de esta actividad, que redundaría en un mayor consumo anual, no ha sido lo suficientemente innovadora para sacarla de su atraso característico a lo largo de su historia. Es, sin duda, una actividad productiva que no tiene como aliado primordial a la ciencia y la tecnología.

Indudablemente, la industria pesquera debe, como primera estrategia: (1) explorar y explotar la captura y el cultivo de nuevas especies para consumo humano directo, (2) aplicar tecnologías innovadoras de procesado, e (3) implementar sistemas de gestión de la calidad que eviten el deterioro del producto a lo largo de toda la cadena productiva para asegurar productos

de calidad, sanos, seguros y nutritivos. Complementando lo anterior, debe, de manera urgente, poner especial atención en la utilización de lo que se llama, peyorativamente, desechos y subproductos de la actividad. Es precisamente aquí donde reside el impacto ambiental, económico y social de esta actividad en los años por venir.

Los términos “desechos y subproductos de la pesca” son sinónimos de materiales sin utilidad o de reducido uso y calidad que deben sustituirse por el término “coproductos”, colocándolos al mismo nivel, o incluso uno superior en términos económicos al producto que les dio origen.

La obtención de ácidos grasos esenciales ω -3 y ω -6 del hígado de elasmobranquios, la obtención y caracterización de péptidos con bioactividad antioxidante, antitumorogénica y anti carcinogénica a partir del agua de cola, la recuperación de colágeno y otras proteínas funcional-tecnológicas de efluentes, etc., y la caracterización bioquímica de proteasas de víscera de sardina, serán descritos en el presente capítulo como alternativas viables e inmediatas para el desarrollo, la diversificación y la consolidación de la actividad pesquera y acuícola nacional.

Métodos

Se presentan de manera sucinta los resultados del trabajo de investigación del Laboratorio de Bioquímica y Calidad de Productos Pesqueros a lo largo de 35 años, los cuales han sido publicados en tesis de Maestría y Doctorado en Ciencias, así como en publicaciones indexadas en revistas científicas de alto impacto y congresos tanto nacionales como internacionales.

Resultados

Coproductos de origen pesquero: su obtención y evaluación del aceite en el hígado de elasmobranquios

Existe una especial atención al papel que los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) omega-3 (ω -3), en especial el eicosapentaenoico (EPA) y docosa-

hexaenoico (DHA), representan para la salud humana. Su consumo reduce el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, disminuye la tensión arterial y, en la mujer embarazada, permite una adecuada formación del cerebro y la retina del futuro bebé (Ortega et al., 2022).

El requerimiento de aceites de pescado ha experimentado un incremento no sólo en el consumo humano sino en la acuicultura, actividad productiva en continua expansión a escala mundial, donde los ω -3 constituyen un nutriente fundamental. El aumento en el consumo de estos aceites ha motivado la búsqueda de nuevas materias primas entre las pesquerías y sus subproductos, principalmente el hígado y músculo graso.

Los estudios en CIAD tuvieron como principal objetivo evaluar la composición de lípidos por clase, el patrón de ácidos grasos con actividad nutricional y terapéutica, el nivel de antioxidantes naturales, la resistencia a la oxidación y los parámetros químicos de calidad del aceite de hígado de especies de elasmobranquios subutilizadas para consumo humano directo capturadas en el Golfo de California. Las especies estudiadas fueron la raya arenera (*Dasyatis brevis*), la tecolote (*Rhinoptera steidachneri*), la mariposa (*Gymnura marmorata*) y el tiburón jaquetón (*Carcharhinus falciformis*).

El contenido de aceite en el hígado varió en el rango 36-65%. Independientemente de la especie, los triglicéridos (TG) fueron el componente mayoritario de los aceites con contenidos que fluctuaron entre 56 y 75%. Se encontró una marcada diferencia en el contenido de carotenos (antioxidantes naturales) entre los aceites de raya, estableciéndose una correlación significativa ($r^2 = 0.96$) con la coloración roja de los mismos. Se detectó α -tocoferol con una marcada diferencia de contenido entre especies evaluadas. El aceite de la raya arenera mostró una concentración en el rango de 2.5-25.3 mg/100 g de aceite. El aceite de hígado de raya tecolote presentó la mayor estabilidad a la oxidación (3.7 horas), lo que se correlacionó con su contenido de antioxidantes naturales (carotenos y tocoferol). El precio del aceite de pescado en el 2021 fue de US \$2,348.00 por tonelada métrica (FAO, 2022), lo que muestra la potencial importancia comercial de este coproducto.

Compuestos bioactivos en efluentes pesqueros

La industria pesquera genera una cantidad significativa de subproductos sólidos y líquidos (FAO, 2022), cuyo aprovechamiento se encuentra en constante consideración. Respecto a los efluentes, estos se generan durante las operaciones de lavado, descongelado, cocción y producción de harina de pescado y contienen una proporción considerable de nutrientes solubles como péptidos y proteínas y se consideran una fuente potencial de compuestos funcionales (Venugopal y Sasidharan, 2021).

El agua de cola (AC) y el agua de cocción de atún son efluentes que contienen una proporción elevada de proteínas (Martínez-Montaña et al., 2021). En particular, el AC que se obtiene durante la producción de harina de pescado contiene aproximadamente 5-9% (base húmeda) de proteína (Valdez-Hurtado et al., 2018) que presentan propiedades funcional-tecnológicas (Ponce-Moreno, 2018) y bioactivas (Martínez-Montaña et al., 2021) de interés para sectores específicos. El estudio de estos efluentes ha consistido en la caracterización de péptidos y proteínas que exhiben propiedades bioactivas (antioxidantes, antitumorogénicas, anti carcinogénicas) que contribuyen a promover la salud humana. Su valorización es una alternativa viable para diversas aplicaciones.

En nuestra investigación se obtuvo la fracción peptídica 1-5 kDa mediante la ultrafiltración del AC y se determinó su composición de proteína cruda, aminoácidos, perfil de pesos moleculares e hidrofobicidad de superficie. Asimismo, se evaluó su actividad antioxidante *in vitro* mediante las técnicas de FRAP, DPPH, ABTS, empleando Trolox como estándar de referencia. La actividad antimutagénica (*Salmonella typhimurium* TA98 y TA100) y anti proliferativa (22Rv1 y HeLa) se determinó mediante los ensayos de Ames y MTT, respectivamente. El valor más elevado de potencial antioxidante evaluado con FRAP se obtuvo a 30 mg proteína/mL (TEAC de 0.08 mg Trolox equivalentes/mg muestra). La actividad antioxidante evaluada por el barrido de radicales DPPH[•] y ABTS^{•+} mostró un EC₅₀ de 7.6 y 21.6 mg proteína/mL, respectivamente. Por otro lado, los porcentajes de inhibición de mutagenicidad de AFB1 sobre *S. typhimurium* fueron 60.6% (TA98) y 97.0% (TA100). Los porcentajes de anti proliferación obtenidos con la máxima concentración de muestra (0.2 mg proteína/mL) fueron de 44.1% para 22Rv1 y 31.3% para HeLa.

Los resultados de este estudio sugieren que la fracción peptídica 1-5 kDa exhibe propiedades bioactivas que podrían asociarse principalmente a su bajo peso molecular (42.4% y 33% de los péptidos ubicados en rangos de peso molecular de 5-1.35 y <1.35 kDa, respectivamente), tal como lo reporta la literatura. Por lo tanto, la fracción peptídica evaluada se considera una fuente potencial de compuestos bioactivos quimiopreventivos.

Proteínas y péptidos en recortes y efluentes generados por la industria procesadora de atún y su potencial uso como ingredientes alimentarios funcionales

Debido a que el uso del recurso pesquero para consumo humano directo es limitado, ha crecido el interés por su mayor y mejor aprovechamiento, así como de los efluentes y recortes sólidos generados que normalmente son considerados como desechos. Según la FAO (FAO, 2022), la producción pesquera alcanzó los 178 millones de toneladas en 2020. De estos, aproximadamente el 89% fue destinado para consumo humano directo, aprovechándose sólo el 65% en relación con el peso de la materia prima inicial. Lo anterior genera una gran cantidad de subproductos y desechos como cabezas, vísceras y esqueletos, entre otros.

Algunos de estos materiales se destinan a la elaboración de productos no alimentarios como la harina y aceite de pescado. El 11% de la captura se emplea para usos no alimentarios (FAO, 2022). Está documentado que la proteína de origen pesquero provee alrededor del 14-15% de los requerimientos mundiales de proteína animal (Rustad et al., 2011).

La producción de harina de pescado (HP) utiliza principalmente especies pelágicas menores o recortes resultantes del procesamiento de otras especies como el atún (del Valle & Aguilera, 1991). Su producción tiene como principal efluente el AC. Un componente importante del AC es su contenido proteico de aproximadamente 4.3% (Valdez-Hurtado et al., 2018). Estas proteínas posicionan al AC como una fuente de ingredientes alimentarios con potencial valor agregado.

La proteína del AC no es aprovechada por la industria alimentaria por lo que se requiere incrementar su recuperación mediante métodos que no

afecten sus características composicionales y funcional-tecnológicas, como la ultrafiltración (UF).

No se han documentado estudios sobre la recuperación de fracciones proteicas/peptídicas del ACC (agua de cola centrifugada) de subproductos del enlatado de atún. Actualmente, solo se recuperan para obtener harina de pescado “calidad prime”. Sin embargo, estas proteínas podrían ser dirigidas hacia fines alimentarios aprovechando su potencial funcionalidad tecnológica tales como la solubilidad, propiedades espumantes y emulsificantes. No se tienen reportes de la recuperación de las proteínas del ACC de subproductos del enlatado de atún con este propósito. Ponce-Moreno (2018), determinó las propiedades funcionales del ACC y fracciones ≤ 30 kDa de subproductos de enlatado de atún para redirigir su uso a la elaboración de ingredientes alimentarios potencialmente funcionales. Se determinó la composición proximal del ACC y fracciones ≤ 30 kDa, así como sus propiedades de solubilidad, capacidad y estabilidad espumante (Sol, CEsp y EEsp, respectivamente), capacidad emulsificante, índice de actividad emulsificante y estabilidad emulsificante (CE, IAE y EE, respectivamente), evaluadas mediante técnicas específicas. Estas propiedades se compararon con las mismas propiedades de las proteínas albúmina de suero bovino (ASB) y albúmina de huevo (AH), utilizadas como referencia funcional en la industria alimentaria. Dichos componentes en el ACC y las fracciones ultrafiltradas mostraron solubilidad y CEsp similar ($p \geq 0.05$) a ASB. Su EEsp representó el 33% de esta propiedad en la ASB. Las proteínas y péptidos en el ACC y las fracciones recuperadas mencionadas anteriormente mostraron mayores propiedades de CE y EE siendo similares ($p \geq 0.05$) a los valores de la AH, mientras que la IAE fue estadísticamente mayor ($p < 0.05$) proteínas/péptidos en el ACC y las fracciones resultaron ser las muestras con mayor CE y EE, siendo similares ($p \geq 0.05$) a los valores para AH, mientras que IAE fue diferente ($p < 0.05$).

Lo anterior permitió concluir que las proteínas/péptidos presentes en el ACC tienen propiedades funcionales comparables a las proteínas de referencia utilizadas actualmente para conferir funcionalidad a los alimentos, por lo que presentan una alternativa viable para su uso como ingredientes alimentarios.

Colágenos, un subproducto del procesado de atún: coproducto de alto potencial en la industria alimentaria

El atún (*Thunnus* spp.) es una de las especies pesqueras que más se comercializa a nivel mundial; su demanda ha crecido a través del tiempo, fortaleciendo su industrialización (FAO, 2022). Existen varias formas de su presentación en el mercado como son: fresco, fresco-congelado, ahumado y enlatado; donde éste último, es uno de los principales productos comercializados. En el enlatado solo se utiliza la “carne blanca”, la cual genera una gran cantidad de subproductos como aletas, piel, vísceras, recortes, cabezas y esqueletos, que llegan a representar entre el 50-60% del volumen total procesado (Nalinanon et al., 2011). Estos subproductos son en su gran mayoría utilizados como materia prima por la industria reductora en la elaboración de harina (HP) y aceite de pescado (AP) (Shahidi et al., 2019).

El alto contenido de proteínas presentes en el AC añade un especial interés en la implementación de técnicas para la producción de concentrados e hidrolizados proteicos, ya que representa una fuente potencial de compuestos con propiedades funcional-tecnológicas y bioactivas que pudieran ser aprovechados por la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética. De manera relevante se ha observado que el AC de atún se gelatiniza a temperaturas de refrigeración, lo cual sugiere la presencia de colágeno o hidrolizados del mismo (Monjaraz-López, 2018).

La literatura reporta de manera amplia la funcionalidad tecnológica del colágeno/gelatina presente en diferentes fuentes de origen animal y en particular las provenientes de fuentes pesqueras. Lo anterior ha promovido el interés por las industrias farmacéutica y cosmética, entre otras (Oslan et al., 2022).

En estudios previos realizados por nuestro grupo de investigación se obtuvo del ACC proveniente de subproductos del enlatado de atún, una fracción ultrafiltrada por membrana con componentes de peso molecular ≥ 30 kDa. Los componentes de dicha fracción mostraron diversas características, las cuales sirvieron de base para determinar su contenido de colágeno/gelatina y evaluar su capacidad de gelatinización. Se determinó por HPLC el contenido de prolina e hidroxiprolina presente en los sólidos recuperados. Su contenido fue de 3.8% en BS (base seca). Se evaluó su capacidad de gelatinización en distintas concentraciones de colágeno (4%-40% BS)

mediante la determinación del valor Bloom (VB) y el análisis de perfil y textura (APT) en términos de dureza, gomosidad, cohesión y elasticidad. Se obtuvo un VB en el rango 10-221.3 gf ($p < 0.05$); dureza, 63.7-693.9 gf ($p < 0.05$); gomosidad, 35.6-610.6 gf ($p < 0.05$); cohesión, 76-93% ($p < 0.05$) y elasticidad, la cual fluctuó ($p < 0.05$) entre 73 y 85% para las concentraciones de 16-40% de colágeno/gelatina, respectivamente. Estas propiedades son las que definen la funcionalidad tecnológica del colágeno/gelatina y su utilidad en la formulación de productos alimentarios (tipo gel, líquidos viscosos, suspensiones, aderezos, etc.). Se concluyó que la fracción ≥ 30 kDa contiene un alto contenido de colágeno/gelatina con una excelente capacidad tecnológica funcional.

Enzimas proteolíticas en vísceras de pescado

El manejo de los desechos del procesado de la sardina (enlatado y congelado) es complejo y costoso, por lo que han sido relegados desde los inicios de esta industria. Es urgente implementar medidas de manejo y aprovechamiento de desechos lo antes posible, con el fin de reducir contaminantes y aminorar la presión de las autoridades ambientales. Una alternativa es el aprovechamiento de las vísceras que se producen durante estos procesos (4500 ton/ año) como fuente de enzimas digestivas.

La sardina es una especie muy susceptible a la degradación autolítica abdominal, causando su rápido deterioro por la actividad de enzimas proteolíticas presentes en su tracto digestivo (TD). Lo anterior indica que el TD es una buena fuente de este tipo de enzimas.

El uso de enzimas por la industria alimentaria es cada vez mayor con un valor aproximado de 3.4 millones de dólares en 2022. Por ello, la investigación del grupo de Bioquímica y Calidad de Productos Pesqueros de CIAD se enfocó a la caracterización de enzimas de vísceras de sardina que pudieran ser aprovechadas a escala industrial por la industria alimentaria, pues pueden recuperarse una gran cantidad de enzimas presentes en los grandes volúmenes de desechos que produce la industria pesquera.

Con base en lo anterior, se purificaron y caracterizaron bioquímicamente tres proteasas digestivas de las vísceras de sardina Monterey (*Sardinops*

sagax caerulea). Los resultados mostraron que la actividad proteolítica alcalina fue mayor que la ácida. De la purificación de enzimas ácidas se obtuvo una fracción que mostró dos bandas en isoelectroenfoco con puntos isoeléctricos (pI's) 4 y 4.5, respectivamente. El pH óptimo de actividad para estas enzimas fue de 2.5, presentando una alta estabilidad en el rango de pH de 2-6 y una marcada pérdida de actividad a pH neutros y alcalinos. La temperatura óptima de actividad fue de 45 °C, detectándose una alta actividad a 10 °C y pérdida de la misma a 55 °C. Las características generales de estas enzimas son su gran similitud con la pepsina II aislada de otras especies, lo cual permitió clasificarlas como aspártico-proteasas.

De igual forma, se purificó y caracterizó la tripsina de ciegos pilóricos de sardina. El peso molecular fue de 25,000 Da, pH óptimo de 8.0, con máxima estabilidad a pH entre 7 y 8 y una marcada pérdida de estabilidad a pH menores a 4 y mayores a 11. Su temperatura óptima fue de 50 °C, con estabilidad a temperaturas relativamente bajas. Las constantes cinéticas K_m y K_{cat} de tripsina fueron 0.051 mM y 2.12 seg^{-1} respectivamente, mientras que su eficiencia catalítica (K_{cat}/K_m) fue de $41 \text{ seg}^{-1} \text{ mM}^{-1}$. También se purificó y caracterizó una quimotripsina de las vísceras de sardina. El peso molecular de la enzima aislada fue 26 000. El pH óptimo de actividad fue 8.0, con estabilidad en un amplio rango de pH (5-10) y una marcada pérdida de estabilidad a pH de 4 y 11. Su temperatura óptima fue de 50 °C siendo termolábil a 55 °C. Su K_m y K_{cat} fueron 0.074 MM y 18.6 seg^{-1} , respectivamente, mientras que su eficiencia catalítica de $251 \text{ seg}^{-1} \text{ mM}^{-1}$.

Las tres enzimas aisladas mostraron características bioquímicas y cinéticas relevantes desde el punto de vista funcional-tecnológico, lo cual permite prever un uso potencial amplio en la industria alimentaria en general, así como en tratamientos enzimáticos de reducción de viscosidad de líquidos y efluentes complejos como el AC derivada del proceso industrial de sardina.

Conclusiones

Los resultados descritos indican que es necesario introducir más ciencia, tecnología e innovación en el sector pesquero para contrarrestar su estan-

camiento actual basado, prácticamente, solo en la captura. El crecimiento y desarrollo de la industria pesquera nacional dependerá de la utilización de sus desechos y subproductos para transformarlos en coproductos bioactivos e ingredientes alimentarios de alta funcionalidad tecnológica, todos con un potencial alto valor agregado.

Referencias

- Del Valle, J. M., y Aguilera, J. M. (1991). Physicochemical characterisation of raw fish and stickwater from fishmeal production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 54(3), 429-441. doi:<https://doi.org/10.1002/jsfa.2740540314>
- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul: FAO Rome, Italy.
- Martínez-Montaña, E., Osuna-Ruiz, I., Benítez-García, I., Osuna, C., Pacheco-Aguilar, R., Navarro-Peraza, R., Salazar-Leyva, J. (2021). Biochemical and Antioxidant Properties of Recovered Solids with pH Shift from Fishery Effluents (Sardine Stickwater and Tuna Cooking Water). *Waste and Biomass Valorization*. doi:10.1007/s12649-020-01147-6
- Monjaraz-López, K. P. (2018). Propiedades funcionales-tecnológicas de la fracción proteica/peptídica > 30 kDa parcialmente hidrolizada recuperada del agua de cola de atún centrifugada. [Tesis de maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Hermosillo, Sonora, México].
- Nalinanon, S., Benjakul, S., Kishimura, H., y Shahidi, F. (2011). Functionalities and antioxidant properties of protein hydrolysates from the muscle of ornate threadfin bream treated with pepsin from skipjack tuna. *Food Chemistry*, 124(4), 1354-1362. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.089>
- Ortega, M. A., Fraile-Martínez, Ó., García-Montero, C., Álvarez-Mon, M. A., Lahera, G., Monserrat, J., De Mon, M. A. (2022). Biological Role of Nutrients, Food and Dietary Patterns in the Prevention and Clinical Management of Major Depressive Disorder. *Nutrients*, 14(15), 3099.
- Oslan, S. N. H., Li, C. X., Shapawi, R., Mokhtar, R. A. M., Noordin, W. N. M., y Huda, N. (2022). Extraction and Characterization of Bioactive Fish By- Product Collagen as Promising for Potential Wound Healing Agent in Pharmaceutical Applications: Current Trend and Future Perspective. *International Journal of Food Science*, 2022, 9437878. doi:10.1155/2022/9437878
- Ponce-Moreno, O. M. (2018). Fracciones proteicas/peptídicas funcional- tecnológicas ≤30 kDa recuperadas de agua de cola centrifugada de subproductos de atún. [Tesis de maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C., Hermosillo, Sonora México].
- Rustad, T., Storror, I., y Slizyte, R. (2011). Possibilities for the utilisation of marine by-pro-

- ducts. *International journal of food science & technology*, 46(10), 2001-2014. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02736.x>
- Shahidi, F., Varatharajan, V., Peng, H., y Senadheera, R. (2019). Utilization of marine by-products for the recovery of value-added products. *Journal of Food Bioactives*, 6. doi:<https://doi.org/10.31665/JFB.2019.6184>
- Valdez-Hurtado, S., Goycolea-Valencia, F., Márquez-Ríos, E., y Pacheco-Aguilar, R. (2018). Efecto de una centrifugación complementaria en la composición química y reológica del agua de cola. *Biotecnia*, XX (2), 95-103.
- Venugopal, V., y Sasidharan, A. (2021). Seafood industry effluents: Environmental hazards, treatment and resource recovery. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2), 104758. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104758>