





¿Es la Botarga de lisa, una apuesta comercial en Colombia?

¿It is the Bottarga of lisa, a commercial bet in Colombia?

Autores

- ✉ *Katherine Rocio Obeid-Manjarres 
- ✉ Adriana Rodríguez-Forero 

Laboratorio de Acuicultura. Programa de Ingeniería Pesquera. Facultad de Ingenierías. Universidad del Magdalena, Colombia

*Autor de correspondencia.

Citación sugerida: Obeid-Manjarres, K. R. y Rodríguez-Forero, A. (2023). ¿Es la Botarga de lisa, una apuesta comercial en Colombia?. *La Técnica*, 13(2), 61-72. DOI: <https://doi.org/10.33936/latecnica.v13i2.5521>

Recibido: Mayo 11, 2023
Aceptado: Julio 23, 2023
Publicado: Agosto 22, 2023

Resumen

Colombia presenta una gran diversidad de peces, la cual es el sustento de numerosas comunidades costeras, cuyos productos se destacan por poseer una variedad de propiedades nutricionales. Aunque, la actividad relacionada con la pesca y la acuicultura no ha recibido el impulso suficiente para potenciarse y para que además de su significativo aporte alimentario muestre las opciones para el procesamiento y adición de valor de sus productos. Este estudio pretendió revisar la información referente a la “botarga” un producto artesanal derivado del procesamiento de la gónada madura de las lisas (mugílidos), que tiene un importante valor comercial en los mercados internacionales. Esta revisión se llevó a cabo a través del análisis de diferentes artículos científicos y trabajos de investigación encontrados en las bases de datos bibliográficas, en la que se obtuvo escasa información reciente sobre la temática, por lo que se realizaron filtros y ecuaciones de búsquedas específicas en Scielo, Dialnet, Redalyc, ScienceDirect, Scopus, Google Scholar, entre otras, en los periodos comprendidos entre 1981 y 2022. De esta manera, se extrajeron alrededor de 90 referencias para presentar una descripción de las especies de mugílidos conocidos como lisas y su relevancia en el sector, para el aprovechamiento de sus subproductos como la botarga y de cómo este se ha convertido en un exquisito manjar de alto valor nutricional y económico en el mercado internacional resultando en un producto con la capacidad de ser explotado en el país, con un plus para el desarrollo social. También se expone la situación actual del sector artesanal pesquero y la situación de las comunidades que trabajan alrededor de esta actividad en Colombia en el ámbito de ciencia, tecnología e innovación dejando a la vista un panorama poco alentador.

Palabras clave: *Mugil*; subproductos; acuicultura; caviar; gónadas.

Abstract

In the country, even though fishing is the livelihood of many communities and that its products stand out for being biodiverse and for possessing an infinity of nutritional properties, it has been placed on a plane, even non-existent for the rulers and even for the same fishermen who have seen the activity only as a food contribution, ignoring the potential that this brings, especially in the integral use of the species obtained. This review was carried out through the analysis of different scientific articles and research works found in the bibliographic databases, in which it should be noted that not much recent information was obtained on the subject, so filters and equations of specific searches in Scielo, Dialnet, Redalyc, ScienceDirect, Scopus, Google Scholar, among others, in the periods between 1981 and 2022, being able to extract an approximate of more than 90 references to present a description of the fishing mullet species known as “lisas” and the relevance of this in the sector, the use of its by-products such as bottarga obtained from its roe and how this has become an exquisite delicacy of high nutritional and economic value in the international market, becoming a product with the capacity to be exploited in the country being a plus of social development for the country. Therefore, the current situation of the sector in Colombia in the field of science, technology and innovation is also exposed, revealing a very discouraging panorama.

Keywords: *Mugil*; by-products; aquaculture; caviar; gonads.

Introducción

Los productos pesqueros representan una fuente importante de proteínas, vitaminas, minerales y oligoelementos que hacen que hoy en día sean desde el punto de vista nutricional, un elemento esencial en la canasta básica familiar y cumplan un rol destacado en la seguridad alimentaria en todo el mundo. Son considerados como alimentos funcionales, debido a sus innumerables aportes a la salud, especialmente en el tratamiento y prevención de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, cáncer, enfermedad inflamatoria intestinal, artritis reumatoidea e injuria por isquemia/reperfusión, siendo importantes, además, para el desarrollo óptimo del cerebro y sistema nervioso de un bebé (Sahya et al., 2021; Araneda, 2022).

En el 2019, la producción estimada de pescado y frutos del mar fue de 171 millones de toneladas, siendo el principal productor la China continental, país que suministró el 36% de la producción total, seguido por India e Indonesia, los cuales suministraron el 7,5 y 7% de la producción total, respectivamente (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2020). En Colombia, este sector es de gran importancia por su aporte a la generación de empleo y de ingresos y a la seguridad alimentaria nacional, en especial para las poblaciones rurales cuyas oportunidades de acceso a los factores productivos son limitadas, habiéndose reportado aproximadamente 24.000 toneladas de productos pesqueros comercializados en 2021 (González-Porto et al., 2021).

En cuanto a recursos pesqueros, en específico aquellos pertenecientes a los mugílidos, han resultado ser un insumo atractivo a nivel mundial (Aizen et al., 2005; Cardona, 2016; Crosetti, 2016; Nordlie, 2016; Romdhane et al., 2019; Comission European, 2021; Ramos-Júdez et al., 2021; Sukumaran et al., 2021), no solo por el contenido nutricional de su carne sino por las ventajas que este posee para su aprovechamiento integral, especialmente, en el desarrollo de nuevos productos de alto valor biológico como la botarga (gónadas de pescado) (Colil, 2019), siendo alimentos similares algunos como el karasumi japonés y el wuyutsu taiwanés, más suave, y el eoran coreano, de mugílidos de agua dulce, ampliamente consumidos en Europa y Asia (Bledsoe y Rasco, 2006; Farag et al., 2021; Schmidt et al., 2023).

No obstante, los avances biotecnológicos observados en el ámbito mundial en el procesamiento de alimentos, en Colombia en esta área han sido relativamente escasos y han generado desafíos, afectando a su vez el logro de los objetivos de desarrollo sostenible expuesto por las Organización de las Naciones Unidas, como el fin de la pobreza, el hambre cero, el trabajo decente y el crecimiento económico, la producción y consumo

responsable, la vida submarina, entre otros, haciendo al país poco competitivo e infravalorado aun ante la presencia de su rica y variada biodiversidad (Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2015).

Dicho lo anterior, esta revisión pretendió dar a conocer la situación actual de la industria de la generación de productos con valor agregado a partir de la lisa (mugílido), tanto a nivel mundial como nacional y cómo el aprovechamiento de sus subproductos ha repercutido en la generación de nuevas opciones biotecnológicas de alto valor comercial, nutricional y económico, ligado a la seguridad alimentaria y a los objetivos de desarrollo sostenible expuestos por las Naciones Unidas.

La lisa

Los mugílidos, también conocidos como lisas, son uno de los grupos de peces comerciales de mayor abundancia en el sector de la pesquería artesanal (Menezes y Figueiredo, 1985; González-Castro et al., 2009; Herbst y Hanazaki, 2014; Castro et al., 2015; Morado et al., 2021), encontrándose distribuidos en regiones tropicales, subtropicales y templadas del mundo, siendo cosmopolitas, habitando especialmente zonas estuarinas de aguas salobres (Siccha et al., 2014). La familia comprende 20 géneros y 70 especies, de las cuales 11 pertenecen al género *Mugil* (Eschmeyer y Fricke, 2011). Son numerosas las especies valoradas por su papel ecológico y económico (Cardona, 2001).

A raíz de su comportamiento biológico y valor nutritivo se considera que los mugílidos ocupan un nicho biológico clave entre aguas dulces, estuarinas y marinas del mundo (Thomson, 1997; Nelson, 2006; González-Castro et al., 2012). Su distribución ha contribuido en gran medida con los indicadores de registros pesqueros de costas y estuarios en numerosas regiones del mundo (Cervigón et al., 1992). La pesca de lisas se realiza con redes (atarrayas y redes de playas), y más raramente con líneas y anzuelos.

En general, las especies de mugílidos son plateadas con tonalidades verdes o azules, presentan un tamaño que oscila entre 30 a 90 cm de longitud; pueden llegar a pesar hasta 8 kg cuando llegan a su estado de madurez. Presentan escamas grandes, cuerpos fusiformes, con cabeza grande y aplanada en algunos casos, aleta caudal bifurcada y dos aletas dorsales distintas, la primera con cuatro espinas rígidas. No tienen línea lateral sino una serie de poros situados en posición lateral que se utilizan para detectar vibraciones. La mayoría tiene dientes muy pequeños o están ausentes, y poseen estómagos parecidos a mollejas e intestinos largos capaces de asimilar dietas principalmente vegetarianas (Cervigón, 1993). Los mugílidos se distribuyen en regiones templadas y son especies eurihalinas; es decir, toleran grandes

cambios de salinidad, por lo que generalmente aparecen en aguas costeras, estuarios salobres y aguas hipersalinas. También son euritérmicas, pues soportan cambios bruscos en la temperatura del agua. Son ovíparos, los huevos son pelágicos y no adhesivos (figura 1; Cervigon et al., 1992; Cervigon, 1993; FAO, 2019).



Figura 1. La lisa, *Mugil incilis* (distribuida en el trópico, en la zona Caribe). Fotografía de Katrina Medina Lambraño.

Es una especie cuya fuente principal de alimentación son los desechos orgánicos y el material que se puede encontrar flotando en el medio o en el fondo marino convirtiéndola en un animal detritívoro. Es iliófaga, vegetariana, omnívora, fitófaga y zooplantófaga (Ruiz y Vallejo, 2013). *Mugil incilis* se alimenta de microorganismos asociados con detritos del fondo, ingiriendo diatomeas, algas finas y grandes cantidades de sedimento, el cual filtra con su órgano faríngeo (Perez et al., 1999). Al ser capaces de alimentarse de algas unicelulares y pluricelulares, obtienen su energía del primer nivel trófico y pueden adaptarse a vivir con material alimentario de baja calidad, no utilizado por otras especies (Brusle, 1981), lo que, a su vez, puede afectar su bienestar, debido a la exposición y consumo de sustancias y/o microorganismos nocivos para ellos (Ruiz y Vallejo, 2013).

En general, durante la reproducción natural de las lisas, estas se reúnen en pequeños grupos, en la desembocadura de los ríos y arroyos costeros. Luego de nacer y crecer, los juveniles se mueven hasta los pantanos y los ríos de la costa a largas distancias, en busca de alimento y para protegerse de los depredadores. En Colombia, las lisas como *M. incilis*, *M. curema*, *M. liza* y *M. trichodon* desovan en las aguas del mar Caribe adyacente a la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), y su periodo de migración (diciembre-marzo) comienza con su mejor condición física. Luego del desove retornan a sus áreas de alimentación en la CGSM entre dos a cuatro semanas después, presentando una pobre condición de salud ya que al parecer no se alimentan durante este tiempo (Blanco-Racedo, 1983; Blanco-Racedo et al., 2006; Santafe, 2008; Pomarico, 2013; Harrison, 2016).

Las especies de mugílidos se han convertido en un importante producto alimenticio, especialmente para las comunidades aledañas a las zonas costeras y estuarinas, al aportar valor nutricional en la dieta humana, ya que contienen proteínas de gran calidad y algunos oligoelementos, vitaminas y minerales esenciales para el desarrollo (U.S. Agency for International Development, 2007; National Research Council (NRC), 2011; MPA/MMA, 2015; Romdhane et al., 2019; Gobierno de Mexico, 2021), y por ser un sustento económico para la población pesquera

impulsando de cierta manera la explotación de la biodiversidad de la región. Por ejemplo, *M. liza* tiene un considerable valor socioeconómico en el sur-este de Brasil, Uruguay y Argentina (Menezes y Figueiredo, 1985; González-Castro et al., 2009; Herbst y Hanazaki, 2014). *Mugil cephalus* también es una especie muy valorada en diversos continentes, en países tales como la India (Curian, 1975; Jana et al., 2004; Barman et al., 2005), China (Chang et al., 2004), Egipto (Bishara, 1978; Saleh, 2008), Israel (Lupatsch et al., 2003), Italia (Luzzana et al., 2005), Nueva Zelanda (Wells, 1984), Nigeria (Anyanwu et al., 2007), Sri Lanka (De Silva and Silva, 1979), Taiwan (Tang, 1975; Chang et al., 2000), o Tunisia (Khérji et al., 2003), entre otros.

Como se ha expresado, sus gónadas se comercializan en salmuera y se secan siendo consideradas un manjar (Thomson, 1978; Bledsoe et al., 2003; Scano et al., 2008; Mouritsen, 2023); por lo que, también presentan gran importancia comercial en los mercados internacionales, y debido a esto se ha reportado un importante incremento en la demanda de estos productos (Ibañez y Gallardo, 2004; Hung et al., 2006).

Esto se observa en el importante ascenso en la producción de lisas a nivel mundial, como lo expresa la FAO (2022) (tabla 1), y en el incremento promedio porcentual de alrededor del 5% por año en las ventas de Bottarga según Caredda et al. (2018). En las páginas web que ofertan el producto, se observan valores que oscilan entre USD 29 a USD 64 por onza, precios que dependerán de la calidad, cantidad y del origen del producto.

En países como México, las gónadas de la lisa han incrementado su valor económico desde 1995 donde oscilaba entre los 120 \$·kg⁻¹. Esto provocó un alza en el precio del producto y el incremento de la demanda en el mercado, causando un aumento en el esfuerzo pesquero incrementando sensiblemente la rentabilidad de la pesquería. Por esta razón, desde 2003 se implementó un sistema de clasificación por calidad y peso para su comercialización (Uresti et al., 2015). En este sistema, las gónadas grandes, de 6 a 8 onzas (170-226 g), alcanzaron un precio de 145 \$·kg⁻¹; las medianas de 4 a 6 onzas (113,4-170 g) de 125 \$·kg⁻¹ y las pequeñas, de 2 a 4 onzas (56,7-113,4 g) de 105 \$·kg⁻¹ y para el mercado nacional las gónadas pequeñas o rotas tendrían un valor de 3,46 \$·kg⁻¹ (Gómez-Ortiz et al., 2006).

Tabla 1. Producción mundial del grupo lisas en la acuicultura marina y costera (adaptado de FAO, 2022).

Grupo	2000	2005	2010	2015	2020	Porcentaje del total
(Miles de toneladas, peso vivo)						
Lisas nep, Mugilidae	92,4	173,7	102,7	129,2	291,2	3,5

Según la FAO, la producción mundial de pescado fue de aproximadamente 179 millones de toneladas, de los cuales 156 millones de toneladas fueron destinadas para el consumo directo humano y el restante fue empleado para fines no alimentarios

(FAO, 2020), donde la lisa apenas ocupó un 3,5% de la producción total (FAO, 2022). Si bien, no es una cifra significativa en comparación con otras especies, su importancia radica en que, al ser una especie ubicada en un escalón bajo de la cadena alimentaria, no requiere alimentos con alto contenido proteico y puede emplearse en piscicultura como una especie para la economía azul y para la seguridad alimentaria; debido a su nivel alimentario, también hay un uso ambiental mucho más amigable, incrementando la sostenibilidad de la actividad acuícola y la bioseguridad de estos sistemas. A su vez, al ser una especie biorremediadora, es útil en policultivos con otras especies de peces o crustáceos (Sarig, 1981; Lupatsch et al., 2003).

En el contexto nacional, en Colombia, el informe presentado en el año 2015 por el Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC) titulado “Comercialización de productos provenientes de la pesca y la acuicultura en los principales centros de consumo en Colombia”, se mencionó que las especies de mugilidos han sido categorizadas como un producto de valor comercial medio. Estas han mostrado un alto porcentaje de comercialización sobre otras especies (Gonzalez et al., 2015). No obstante, la pesca indiscriminada de alevinos, la contaminación ambiental, la sobre explotación de la especie, entre otros factores, ha conllevado a una disminución significativa de ejemplares que llegan a su plenitud sexual para poder reproducirse afectando la presencia de la especie en el medio y consi go la seguridad alimentaria (Correa, 2021).

En el país, se han reportado desde la bahía de Cispatá hasta Portete (Rey y Acero, 2002, Rueda y Defeo, 2003). Específicamente en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), la más grande y productiva del Caribe colombiano con una extensión de 4.280 km² de los cuales 730 km² son espejos de agua, y con una profundidad que varía de los 2 a los 6 m, las comunidades de pescadores extraen artesanalmente y comercializan los recursos pesqueros, tanto para autoconsumo como para el abastecimiento de los centros urbanos periféricos (Zamora, 2005), siendo las lisas uno de los principales blancos de esta pesquería (Santos-Martínez y Acero, 1991; Marmol et al., 2010; OCDE, 2016) (figura 2).

Las investigaciones realizadas puntualmente en la CGSM han documentado que la mayoría de las especies están siendo capturadas en tallas muy pequeñas, por debajo de sus tallas medias de madurez sexual (TMM) (Santos-Martínez et al., 1991; Rueda y Defeo, 2003; Narváez et al., 2008). En el caso de *M. incilis*, por ejemplo, durante el período 1994-2004 se capturó en un amplio ámbito de tallas (5,5 a 49 cm), observándose un incremento en las capturas de individuos juveniles y una mayor presión sobre tallas por debajo de la TMM (Narváez et al.,

2008). Ha sido evidente el efecto sobre su biología reproductiva, que probablemente también es afectada por cambios en las condiciones ambientales de la CGSM, debido a las alteraciones de su régimen hidrológico (Botero y Salzwedel, 1999; Blanco et al., 2006).



Figura 2. Pescadores artesanales de la Ciénaga Grande de Santa Marta y sus productos de la pesca.

Analizando el historial de la captura de peces en la CGSM, en 1976 esta zona era de gran importancia pesquera produciendo aproximadamente 27.000 Tm·año⁻¹, en 1987 se había reducido a 1,785 Tm, en 2008 hubo una leve recuperación (5,113 Tm de peces y 1.208 de mariscos). Según datos estadísticos, entre 2000 y 2010 la producción pesquera se redujo de 12 a 6 Tm. En la actualidad la producción anual es de 3 Tm, siendo la lisa componente de al menos el 40% de la misma (Boletín SEPEC, 2018). Se calcula que para 2022 su pesquería se reduzca a su mínima expresión o esta sea únicamente empleada como forrajera. Esto es una respuesta entre otras, a más de 60 años de explotación pesquera y otros factores de origen antropogénico. Está expresado que se superó la capacidad de carga del ecosistema y la recuperación del recurso no genera ingresos para vivir dignamente.

Por otro lado, aun cuando durante siglos se ha practicado el cultivo de mugilidos, en esencia de *M. cephalus*, especialmente en Europa y Asia, su producción como fuente alimenticia ha sido a escala pequeña y no intensiva (Aizen et al., 2005; Biswas y Samanta, 2006; Saleh, 2008; Ramos-Júdez et al., 2021). La mayoría de los alevinos de lisa son utilizados en la acuicultura comercial, los cuales se capturan en la naturaleza, especialmente en el Mediterráneo oriental y meridional, Arabia Saudita y los Estados del Golfo y el sudeste asiático (Mylonas et al., 2019). En Colombia su cultivo aún no existe.

Debido a su resistencia al manejo en cautiverio, hábitos alimentarios y rápido crecimiento, algunas especies son objeto de cultivo (Barman et al, 2005; Biswas y Samanta, 2006). Algunos países como Brasil, Colombia, Cuba y Chile están priorizando o intentando priorizar el cultivo de estas especies autóctonas como fuente de proteína animal para el consumo humano y como fuente de seguridad alimentaria (Franco y Bashirullah, 1992; Valenzuela, 2022).

Adicional a esto, la industria pesquera y acuícola dentro de sus problemáticas genera elevadas cantidades de residuos que podrían ser aprovechados para el desarrollo de nuevos productos con alto valor nutricional y económico. Numerosas vísceras entre las que se cuentan las gónadas son desechadas día a día en los mercados, pesquerías y cultivos locales, sin que sus comerciantes tengan conocimiento del valor económico que puede representar la comercialización de subproductos como gónadas, estómagos o escamas, entre otros. A nivel mundial, se estima que cada año aproximadamente el 35% de las capturas en el sector acuícola son desperdiciadas (FAO, 2020), lo que representa una problemática tanto económica como ambiental, originando el estancamiento en el desarrollo y progreso de las regiones que subsisten de la pesca, por lo que es necesario pensar en el aprovechamiento integral de estos subproductos.

La reducción de la pérdida y el desperdicio de pescado puede conducir a una reducción de la presión sobre las poblaciones de peces y contribuir a mejorar la sostenibilidad de los recursos, así como a la seguridad alimentaria (FAO, 2020).

Subproductos de la pesca y la acuicultura: caviar y sustitutos

La generación de nuevos productos a partir de subproductos del pescado como la cabeza, cola, espinas, vísceras, huevas, escamas, entre otros, ha aumentado con los avances biotecnológicos. Un ejemplo de ello son las gónadas del pescado, que son los órganos reproductivos de la especie, que en el caso de las hembras son ovarios y en los machos son los testículos, y a partir de allí se extraen los productos que durante la temporada de desove no han sido utilizados (Waldrop et al., 2019). Estos son considerados como un alimento altamente nutritivo por su contenido de vitaminas como la B12, D, E y niacina, minerales como selenio y fósforo, proteínas y oligoelementos como el omega 3 aportando beneficios saludables para el consumo humano como la regulación de los niveles de colesterol y triglicéridos (Eras, 2016) y son consumidas en diferentes presentaciones como crudas, saladas, ahumadas o hervidas (Rosa et al., 2020).

En el mercado pueden encontrarse en seis categorías: (a) caviar verdadero (utilizando huevos de esturión); (b) caviar sustituto (huevos derivados de otras especies de peces o de otros animales); (c) caviar de imitación (productos similares al caviar elaborados con otras sustancias biológicas, que imitan al caviar en apariencia y sabor); (d) caviar simulado (producido por otras sustancias biológicas para simular solo el sabor del caviar, pero no la apariencia); (e) derivados (productos que contienen caviar verdadero como componente de la receta); (f) productos con asociaciones emocionales con el caviar (no relacionados en absoluto con el caviar, pero utilizan el nombre como una estrategia de marketing para evocar una imagen de lujo e inferir un alto valor) (Bronzi y Rosenthal, 2014).

En la actualidad, el caviar es el manjar mayormente comercializado que se obtiene a partir de los huevos del esturión; no obstante, y debido a su alto costo de adquisición,

se aprovechan los huevos de otras especies como alternativa cultural, económica o nutricional (Marquina y Vidaurre, 2015; FAO, 2020; Bekhit, 2022; Mouritsen, 2023), por lo que se han empleado los huevos de más de 38 especies de peces, además de los esturiones, para producir sustitutos de este codiciado producto (Bronzi y Rosenthal, 2014, Mouritsen, 2023), como el caso de la botarga. Debido a la sobrepesca de las poblaciones de estos peces, la acuicultura se ha establecido como la técnica en la que se logra producir con éxito caviar de buena calidad. China es uno de los países con mayor producción de caviar mediante su cultivo con una participación mundial del 78% (Bronzi et al., 2019).

Botarga de lisa

La botarga (Bottarga), cuyo nombre parece provenir del griego *obtarikhon*, una combinación que significa huevo y escabeche, o huevas de pescado secas y saladas, o del árabe *butarich*, cuyo sonido es muy similar al nombre sardo *buttariga*; *ootarikhon* (literalmente: pepinillo de huevo: la palabra griega es la fuente del copto *outarakhon* y, por lo tanto, del árabe *butarkhah* y del término moderno “botargo”). Del producto se empieza a conocer en la antigüedad con los fenicios, quienes lo extendieron a Egipto en donde se ha detectado la existencia de un mural del siglo X a.C. que representa a pescadores preparando sacos de huevas. Sin embargo, también se ha descrito por Andrew Dalby, un historiador y lingüista, que señala que los habitantes de Bizancio, colonizado por los griegos hacia el año 600 a.C., disfrutaban de la botarga, tal como se describe: “Además de todas las delicias de mariscos conocidas en la Grecia clásica, los bizantinos apreciaban las huevas de salmonete saladas”; lo que parece indicar que los griegos pueden reclamar el nombre, si no el proceso en sí, tal como se menciona en “Tastes of Byzantium: The Cuisine of a Legendary Empire” (Hughes y Wasson, 1947; Dalby, 2013).

Más tarde, hacia 1386, piratas catalanes o aragoneses mencionaron la captura de un cargamento de botarga y anguila ahumada como un producto de gran valor. En 1473 se mencionó el “oro sardo” en el primer libro de cocina italiano “De honesta voluptate te valetudine” de Bartolomeo Platina. Es un producto que se obtenía fácilmente a partir de la captura de los peces cerca de la línea de costa y lejos de los peligros de internarse en alta mar (Hughes y Wasson, 1947; Dalby, 2013).

La botarga se obtiene de los ovarios maduros que son separados completamente, sin romperlos, son lavados y puestos en salmuera o en sal marina, prensados y escurridos para eliminar la humedad, para lo cual son secados al aire o al sol, o se exponen en un ambiente seco y limpio sobre estantes de madera o sobre el techo de las casas. Una vez secas las bolsas de botarga se recubren con cera con el fin de detener su maduración en el momento preciso y para conservarla y protegerla de cualquier contacto exterior que pueda disminuir su calidad. El tiempo de maduración es de al menos 90 días, hasta obtener una coloración dorada o ámbar, y este dependerá de la época del año y de la temperatura en la que se desarrolla el secado, con un contenido de sal de 4% y entre el 20 y el 30% de humedad. Finalmente, son vendidas como ovarios enteros (sacos ováricos intactos) envasados al vacío o

rallados y empacados como un producto delicatessen o gourmet (Hsu y Deng, 1980; Rosa et al., 2020; Farag et al., 2021).

La hueva es un alimento rico en proteínas (45%) y lípidos (12,8%), de hecho, son consideradas como una valiosa fuente de omega-3 HUFA (ácidos grasos altamente insaturados), EPA y DHA, esenciales para una extensa variedad de funciones biológicas que afectan directamente a la salud, al crecimiento y al bienestar humano (Cahu et al., 2004). Algunos estudios como el de Rosa et al. (2009) denominado “Oxidative stability of lipid components of mullet (*M. cephalus*) roe and its product botarga”; el proyecto de Caredda et al. (2018) denominado “Physico-chemical, colorimetric, rheological parameters and chemometric discrimination of the origin *M. cephalus*’ roes during the manufacturing process of Bottarga”, han demostrado que este tipo de productos tiene un papel importante en la prevención de las enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer, incluyendo el de colon, de mama y de próstata. Además, el aceite de pescado también ayuda a prevenir el envejecimiento cerebral y la enfermedad de Alzheimer (Caredda et al., 2018).

Se llama poutargue en Francia, batarekh en Egipto y el Líbano, Yu chian-cha en China, Wuoze en Taiwan y Karasumi en Japón (Bekhit, 2010). En Italia, la bottarga di Muggine es reconocida como un producto alimenticio tradicional (Corrias et al., 2020). Esta se elabora principalmente con las huevas de especies de *Mugil*; no obstante, con el paso del tiempo se han venido utilizando las huevas de otras especies como las de atún, el pez espada e incluso la corvina, aunque para los italianos más conservadores, la botarga de *Mugil* debe ser la única considerada como tal (Uresti et al., 2015).

Algunos estudios como el presentado por Ramírez et al. (2006), denominado “Aprovechamiento integral de la lisa: alternativa de desarrollo económico para la laguna madre de Tamaulipas”, aseguran que las huevas de la lisa son el recurso de mayor apreciación y abundancia comercial a nivel internacional después de la hueva de esturión. En muchos países este producto se obtiene de forma semiartesanal costando alrededor de 100 \$·kg⁻¹. Debido a esto, la demanda de las huevas del *Mugil* ha crecido considerablemente en las últimas décadas convirtiéndose en un producto atractivo para los mercados de países como Taiwán, Japón y China. Como consecuencia, como ya se mencionó, se comercializan como sucedáneo del caviar, aunque las ovas son de menor tamaño y son mucho más asequibles económicamente en comparación con aquellas del esturión (Marquina y Vidaurre, 2015; Mouritsen, 2023). Al ser considerada la botarga desde el siglo XX un alimento de lujo y haber aumentado fuertemente la demanda de las huevas de los pescados con las que se confecciona, los mugílidos actualmente son escasos en el Mediterráneo, por este motivo se importan

desde Mauritania, Senegal, Australia, Brasil, México, entre otros (Kung et al., 2008; Uresti et al., 2015).

En este sentido, el alto valor comercial que adquieren las gónadas de lisa durante la época reproductiva propicia que las hembras sean el objetivo de la pesca y predominen en la captura comercial del recurso en cierta época del año haciendo a esta especie vulnerable (Uresti et al., 2015). Por ejemplo, en Estados Unidos, las huevas de lisa representan un margen de exportación de hasta un millón de libras enviadas al extranjero; sin embargo, esta situación ha rezagado el valor en el mercado de la carne de lisa, ya que la calidad de esta es inferior durante la etapa de desove (Waldrop et al., 2019).

Lo anterior da a entender que aun cuando la botarga es un producto con alto valor comercial, este auge comercial vulnera de forma progresiva la conservación y reproducción de la especie (ITC, 2021), al incrementar su captura por lo que es importante una alianza efectiva entre la comunidad científica y el sector productivo acuícola para generar oportunidades de desarrollo en pro de las necesidades del entorno, tal como lo indicó Valenzuela (2022). También lo mencionaron investigadores del Trade Map (Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas), que informaron cómo China, Tailandia, Ecuador y España lideran exportaciones de productos relacionados con la preparación y conservación del pescado, caviar y sus sucedáneos preparados con huevas de pescado, obteniendo valores exportados para el año 2021 de alrededor de 20 millones de dólares (ITC, 2021), cifra muy prometedora para el desarrollo del sector productor acuícola en el área de valor agregado.

Situación en Colombia con respecto al procesamiento de productos pesqueros con valor añadido

En Colombia el desarrollo del sector de producción de valor agregado en productos originarios del pescado ha sido lento y sin una planificación adecuada, basado en pocas especies con relación a la amplia biodiversidad que existe en el país y con muy bajo cubrimiento de la demanda nacional (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019).

El lento desarrollo de nuevos productos a partir de los “desechos” del procesamiento del pescado se debe principalmente a la falta de acceso a la información, gestión y recursos para el avance investigativo; y especialmente a la marginación que existe para este sector, puesto que las poblaciones dedicadas a la pesca, la cual en el país es mayormente artesanal, se encuentra en situación de pobreza extrema, sin acceso a un sistema educativo, al sistema de salud y a servicios públicos, dificultando el progreso de la población y de la industria acuícola (OCDE, 2016) (figura 3).



Figura 3. A la izquierda, comercializador artesanal de pescado. A la derecha, pescado secado y salado al sol. Ciénaga Grande de Santa Marta.

El pescador artesanal en general cuenta con poco desarrollo tecnológico (figura 4). Su trabajo no es permanente en el tiempo y este depende de la temporada de pesca que puede ser estacional, de los turnos que se pactan para las faenas entre pescadores en cada comunidad y de las calidades técnicas con que cuentan sus aparejos de pesca, que la mayoría de las veces se encuentran en pobres condiciones. Factores como la sobreexplotación conllevan a la poca estabilidad en las capturas que, sumado a la presión pesquera, desempleo y necesidades básicas insatisfechas traen efectos en la tecnificación del producto obtenido. Se calcula que un pescador gana unos 1.500 USD·año⁻¹, mientras que una mujer en similares condiciones obtiene menos de la mitad de este valor al año (Lavalle et al., 2019).



Figura 4. Tipo de embarcación utilizado por los pescadores artesanales.

Por otro lado, a nivel nacional los principales productos obtenidos en la acuicultura corresponden a especies como tilapia, trucha y camarón, los cuales actualmente generan un alto porcentaje para exportación, siendo, además, especies foráneas, las ícticas, e introducidas de la cuenca del Pacífico al Atlántico, el crustáceo. La acuicultura presenta un mayor nivel de desarrollo a pequeña y mediana escala con relación a la pesca (OCDE, 2016). Según recientes cifras de la Dirección de Cadenas Pecuarias, Pesqueras y Acuícolas, de la Cadena de la Acuicultura (3er Trimestre 2020), en Colombia, hasta el año 2020 se exportaron más de 10.000 toneladas de pescado, distribuido entre camarón tilapia y trucha, por un valor cercano a USD 54,5 millones. Además, se produjeron a nivel nacional alrededor de 133 mil toneladas de pescado y camarón provenientes de 36 unidades productivas como resultado de lo cual, la acuicultura creció alrededor 213% entre 2010 y 2020. Las cifras son sorprendentes si se mira desde la perspectiva de una pandemia que ha llevado a la ruina a múltiples actividades del sector económico, mientras la acuicultura ha crecido increíblemente.

El consumo per cápita en 2019 fue de 7,8 kg de pescado, cifra que también se incrementó. Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la actividad tuvo un 0,19% en la participación del PIB nacional y de 2,88% en el PIB agropecuario (con una variación positiva del 50% durante el segundo trimestre de 2020), habiéndose incrementado permanentemente los empleos directos e indirectos de la actividad.

En general, la acuicultura marina colombiana, presenta un enorme potencial de cara a la producción de alimentos de alta calidad, para la seguridad alimentaria de los pobladores costeros, ribereños y en general para la población y su potencial de crecimiento es amplio no solo para producir alimento en el país, sino para exportarlo mediante valor agregado. Los recientes avances de la ciencia, relacionados con la reproducción artificial y la producción de alevinos de mugilidos en otros países, incentivan y motivan nuevas posibilidades para su desarrollo en Colombia.

Recientemente, Hanna et al. (2023) en el marco del doceavo “International Symposium on the Reproductive Physiology of Fish (ISRPF)”, destacaron el cierre del ciclo de producción de *M. cephalus* y expusieron su exitoso estudio en el que masculinizaron hembras y las cruzaron con hembras normales para producir 100% hembras, esto con objeto de producir a largo plazo, botarga mediante la acuicultura. Estos estudios se constituyen en un avance que posibilitará la producción de la botarga sin extraer peces del medio natural, sino mediante el empleo de técnicas de acuicultura y feminización, con lo cual mediante esta actividad se contribuye no solo a la conservación del recurso, sino también a generar subproductos con valor agregado que potencian la economía nacional.

Por otro lado, en el país, más del 45% de la materia prima del pescado (proveniente de la pesca o la acuicultura) es considerada como un desecho, en él se incluyen la cabeza, las espinas, viseras, huevas, entre otras, y la carne, es un pequeño porcentaje, que se comercializa y consume. Estos desechos son dispuestos de manera inadecuadas ocasionando impactos negativos en el ambiente (Gaviria, 2021).

En ese impacto ambiental negativo, también se incluye la sobre explotación y la pesca ilegal, otro desafío que enfrenta el sector productivo. Como es el caso que se ha presentado en la Ciénaga Grande de Santa Marta en que se realiza la captura indiscriminada de alevinos de especies como la lisa (*M. incilis*), que son empleados como forraje para alimentar los cultivos de otras especies marinas carnívoras como el sábalo (*T. atlanticus*) o el róbalo (*C. undecimalis*), o los utilizan como carnada para la pesca de otros peces, promoviendo la desaparición acelerada de la especie (Correa, 2021). Por lo tanto, puede decirse que el empleo de técnicas acuícolas, como aquellas relacionadas con la reproducción artificial, la feminización y el mejoramiento genético y biotecnológico auguran un mejor panorama para la producción de recursos ícticos que tienen importancia ecológica, económica y gran valor social y cultural.

Conclusión

Sin duda alguna la lisa en el país no se ha valorado de la forma que este amerita, siendo una especie en la que, hasta sus subproductos, como el caso de sus huevas, poseen no solo grandes propiedades nutricionales, sino que también tienen un alto valor comercial, más que la pulpa (carne), un hecho desconocido por los acuicultores y hasta por los mismos pescadores, quienes, en ese afán de tener un sustento, sobreexplotan la especie y categorizan dichos productos como desechos, sin saber lo valiosos que son y las posibilidades que tendrían a largo plazo mediante un comercio justo y sostenible.

En Colombia el sector de la pesca y la acuicultura está rezagado y marginado. Si en el país es difícil tener acceso a los productos básicos de la canasta familiar, o a una educación de calidad, tener acceso a la ciencia, tecnología e innovación es casi imposible para las comunidades acuícolas y pesqueras situadas en zonas de pobreza extrema. Más allá, se hace inalcanzable por el costo que acarrea este tipo de desarrollo para poder ser competitivos ante los grandes mercados internacionales, puesto que, esto no es algo que solo beneficie a una minúscula población.

Es una actividad productiva que puede poner al país en la misma igualdad “social” que otros países desarrollados, explotando al máximo todo su potencial biodiverso. Aunque, este tipo de productos en otros lugares del mundo son un alimento tradicional, en Colombia, por lo menos, la botarga de lisa sería un producto innovador, exquisito y que podría ser el sustituto en el consumo de otros “pasabocas” o “snacks” que no son beneficiosos para la salud como las galletas, dulces, fritos, hasta la carne de res, y pasar a tener un impacto positivo para el ambiente al aprovechar de forma integral a la especie.

Agradecimientos

Este trabajo se desarrolló a partir de la financiación del Sistema General de Regalías (Colombia) al proyecto: “Fortalecimiento de las capacidades institucionales para la investigación del cultivo y reproducción inducida de la lisa (*Mugil incilis*) como una alternativa para su conservación en el Caribe Colombiano Magdalena”, Código BPIN2 021000100084.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de interés en la presente publicación en ninguna de sus fases.

Referencias bibliográficas

Araneda, M. (2022). *Pescados y mariscos. Composición y propiedades. Educación en Alimentación y Nutrición*. <https://www.edualimentaria.com/pescados-y-mariscos-composicion-y-propiedades>

- Barman, U., Jana, S., Garg, S., Bhatnagar, A. and Arasu, A. (2005). Effect of inland water salinity on growth, feed conversion efficiency and intestinal enzyme activity in growing grey mullet, *Mugil cephalus* (Linn.): Field and laboratory studies. *Aquaculture International*, 13, 241-256.
- Bekhit, A., 2022. *Fish Roe: Biochemistry, products, and safety*. William Andrew Publishing, Oxford.
- Besbes, R., Benseddik, A. B., Kokokiris, L., Changeux, T., Hamza, A., Kammoun, F. and Missaoui, H. (2020). Thicklip (*Chelon labrosus*) and flathead (*Mugil cephalus*) grey mullets fry production in Tunisian aquaculture. *Aquaculture Reports*, 17(), 100380. doi:10.1016/j.aqrep.2020.100380
- Biswas, R. and Samanta, A. (2006). Assessment of physiological strain in inland fishing activity. *All India Institute of Hygiene and Public Health*, 10(1), 19-23.
- Blanco-Racedo, J. (1983). The condition factor of *Mugil incilis* Hancock (Pisces: Mugilidae) and its seasonal changes in the Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia). *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín*. <https://aquadocs.org/handle/1834/3976>
- Blanco, J. A., Vilorio, E. A. and Narváez B., J. C. (2006). ENSO and salinity changes in the Ciénaga Grande de Santa Marta coastal lagoon system, Colombian Caribbean. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 66, 157-167.
- Bledsoe, G. E., Bledsoe, C. D., y Rasco, B. (2003). Caviars and fish roe products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43, 317-356.
- Bledsoe, G., y Rasco, B. (2006). *Caviar and fish roe*. Handbook of food science, technology, and engineering (pp. 2867-2886). CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Bronzi, P., Chebanov, M., Michaels, J. T., Wei, Q., Rosenthal, H. and Gessner, J. (2019). Sturgeon meat and caviar production: Global update 2017. *Journal of Applied Ichthyology*, 35(1), 257-266. <https://doi.org/10.1111/jai.13870>
- Bronzi, P., y Rosenthal, H. (2014). Present and future sturgeon and caviar production and marketing: A global market overview. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(6), 1536-1546.
- Brusle, J. (1981). Food and feeding in grey mullet. *Aquaculture of grey mullets*. p. 185-218.



- Cahu, C., Salen, P. and de Lorgeril, M. (2004). Farmed and wild fish in the prevention of cardiovascular diseases: Assessing possible differences in lipid nutritional values. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 14(1), 34-41.
- Cardona L. (2016). *Food and feeding of mugilidae*. In: Crosetti DBS, editor. Biol. Ecol. Cult. Grey mullets. Boca Raton, FL: CRC Press. pp. 165e95.
- Cardona, O. (2001). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo: "Una crítica y una revisión necesaria para la gestión". Universidad de los Andes. <https://www.desenredando.org/public/articulos/2001/repvuln/RepensarVulnerabilidadyRiesgo-1.0.0.pdf>
- Caredda, M., Addis, M., Pes, M., Fois, N., Sanna, G., Piredda, G. and Sanna, G. (2018). Physico-chemical, colorimetric, rheological parameters and chemometric discrimination of the origin of *Mugil cephalus* roes during the manufacturing process of Bottarga. *Food Research International*, 108, 128-135.
- Castro, M. ., Vieira, J. P., Brick Peres, M., Albieri, R. J., Mendonça J. T., Villwock de Miranda, L., Fadré, N. N., Padovani-Ferreira, B., da Silva, F. M. S., Rodrigues, A. M. T. and Chao L. (2015). *Mugil liza*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015. e.T190409A1951047. <http://dx.doi.org.biblioteca.unimagdalena.edu.co:2048/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T190409A1951047.en>
- Caviar Centre. (2022). *Botargo/Bottarga*. <https://caviarcentre.com/shop/non-sturgeon-caviar/bottarga-botargo/>
- Cervigon, F. (1993). *Los peces marinos de Venezuela*. Caracas: Fundación Científica Los Roques.
- Cervigon, F., Cipriani, R., Fischer, W., Garibaldi, L., Hendrickx, M., Lemus, A. J., Márquez R., Poutiers, J. M., Robaina, G. y Rodríguez, B. (1992). *Fichas FAO de identificación de especies para los fines de la pesca*. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. Roma. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 513 p.
- Colil, A. (2019). *Estudio biológico preliminar para cultivo intensivo de Mugil cephalus*. Concepción, Chile. Universidad de Concepción. <http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/626/1/Tesis%20Estudio%20Biologico%20mage.Marked.pdf>
- Comission European. (2021). *Communication from the commission to the European parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. Strategic guidelines for a more sustainable and competitive EU aquaculture for the period 2021 to 2030*. COM/2021/236 Final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/Bem/TXT/?uri%40COM:2021:236:FIN>.
- Correa, G. (2021). *Continúa depredación de la lisa en la Ciénaga Grande de Santa Marta*. El Heraldo. Hanna Instruments: <https://www.elheraldo.co/magdalena/continua-depredacion-de-la-lisa-en-la-cienaga-grande-de-santa-marta-827410>
- Corrias, F., Atzei, A., Giglioli, A., Pasquini, V., Cau, A., Addis, P., Sarais, G. and Angioni, A. (2020). Influence of the technological process on the biochemical composition of fresh Roe and Bottarga from *Liza ramada* and *Mugil cephalus*. *Foods*, 9(10), 1408. <https://doi.org/10.3390/foods9101408>
- Crosetti. D. (2016). *Current state of grey mullet fisheries and culture*. In: Crosetti D., Blaber S. (Eds). Biol. Ecol. Cult. Grey mullets. Boca Raton, FL. CRC Press. p. 398e450.
- Dalby, A. (2013) [1996]. *Siren Feasts*. Routledge. p. 189. ISBN 0-415-11620-1.
- Eras, N. (2016). *Aplicación de métodos de conservación (congelación en empaque al vacío y conserva en salmuera) de huevas de pescado dorado (Coryphaena hyppurus) y determinación de presencia de ácidos grasos tipo omega en la materia prima*. Guayaquil, Ecuador. Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/18030/1/401-1206%20-%20Aplicaci%3%b3n%20de%20m%3%a9todos%20de%20conservaci%3%b3n%20de%20huevas%20de%20pescado%20dorado.pdf>
- Eschmeyer, W. and Fricke, R. (2011). *Catalog of fishes*. <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E and Niem, V. H. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. I. Plantas e invertebrados*. Roma, FAO. 646 p.
- Franco, L. y Bashirullah, K. (1992). Alimentación de la lisa (*Mugil curema*) del Golfo de Cariaco-Estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 10(2), 219-238.
- Gaviria, N. (2021). Al menos 45% de residuos de pesca podrían usarse para obtener productos de valor. *Agronegocios*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/al-menos-45-de-residuos-de-pesca-podrian-usarse-para-obtener-productos-de-valor-3264364>
- Gobierno de Mexico. (2021). *Lisa, especie que alimenta a México*. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/lisa-especie-que-alimenta-a-mexico#:~:text=La%20lisa%20es%20un%20pescado,color%20entre%20gris%3%A1ceo%20y%20plateado>.
- Gómez-Ortiz, M. G., González Cruz, A., Hernández Tabares, I. (2006). Lisa en el Golfo de México y Mar Caribe.

- Sustentabilidad y Pesca Sustentable en México*. pp. 477-502.
- Gonzalez, J., Altamar, J., Cuello, F., y Alvarez, T. (2015). *Comercialización de productos provenientes de la pesca y la acuicultura en los principales centros de consumo en Colombia*. Bogotá. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP.
- González-Castro, M., Abachian, V. and Perrotta, R. G. (2009). Age and growth of the stripped mullet *Mugil platanus* (Actinopterygii, Mugilidae), in a Southwestern Atlantic coastal lagoon (37°32'S-57°19'W): a proposal for a life-history model. *J. Appl. Ichthyol.* 25, 61-66.
- González-Castro, M., Ibáñez, A. L., Heras, S., Roldán, M. I. and Cousseau, M. B. (2012). Assessment of lineal versus landmark-based morphometry for discriminating species of Mugilidae (Actinopterygii). *Zool. Stud.*, 51, 1515-1528.
- González-Porto, J., Rangel-Durán, M. R. y Manjarrés-Martínez, L. (2021). *Comercialización de productos pesqueros en 19 ciudades de Colombia durante el periodo enero-diciembre de 2021*. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). Bogotá, 71 p.
- Haq, M., Suraiya, S., Kaizer Ahmmed, M. and Bekhit, A. El-D. A. (2022). *Fish roe products: Asian perspective*. Bekhit, A. El-D. A. (Ed.). Fish Roe. Chapter 8. Academic Press. pp. 243-281. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819893-3.00008-4>.
- Herbst, D. F. and Hanazaki, N. (2014). Local ecological knowledge of fishers about the life cycle and temporal patterns in the migration of mullet (*Mugil liza*) in Southern Brazil. *Neotrop. Ichthyol.*, 12, 879-890.
- Hughes, J. P. and Wasson, R. G. (1947), The etymology of Botargo. *The American Journal of Philology*, 68(4), 414-418, doi:10.2307/291531, JSTOR 291531
- Hung, C., Lam, J., Connell, D., Lam, M., Nicholson, S., Richardson, B. and Lam, P. (2006). A preliminary risk assessment of organochlorines accumulated in fish to the Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) in the Northwestern waters of Hong Kong. *Environmental Pollution*, 144(1), 190-196.
- Hsien-Feng, K., Liang-Tan, C., Hsuan-Jung, L., Chung-Saint, L., Ean-Tun, L., Wen-Chieh, C. and Yung-Hsiangm, T. (2008). Chemical characterisation and histamine-forming bacteria in salted mullet roe products. *Food Chemistry*, 110, 480-485.
- Hsu, W. H. and Deng, J. C. (1980). Processing of cured mullet roe. *Journal of Food Science*, 45, 97-101.
- Ibáñez, A. and Gallardo, M. (2004). Reproduction of *Mugil cephalus* and *M. curema* (Pisces:Mugilidae) from coastal lagoon in the Gulf of Mexico. *Bul. Mar. Sci.* 75(1), 37-49.
- Lavalle Cera, R. y Pretel., J. (2019). *Evaluación y lineamientos enfocados en la formulación del plan de ordenamiento pesquero*. Santa Marta. 40 p.
- Lupatsch, I., Katz, T. and Angel, D. L. (2003). Assessment of the removal efficiency of fish farm eZuents by grey mullets: A nutritional approach. *Aquacult. Res.* 34, 1367-1377.
- Marañón, M., Perez, L., Font, O. y Moya, A. (2016). Modelos y ensayos para el estudio de la angiogénesis. *MEDISAN*, 20(1), 102-110.
- Marmol, D., Vitoria, E. y Blanco, J. (2010). Efectos de la pesca sobre la biología reproductiva de la lisa *Mugil incilis* (Pisces:Mugilidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, 39(2), 215-231.
- Marquina, C., y Vidaurre, S. (2015). *Propuesta de exportación de huevos de Lisa (Mugil cephalus) al mercado de Japon 2015*. Pimentel, Peru. Universidad Señor de Sipan.
- Menezes, N. A. e Figueiredo, J. L. (1985). *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil*. Teleostei, V. (Ed.). Museu Zoolologia da USP, Sao Paulo. 100 p.
- MinAgricultura. (2021). *Acuicultura en Colombia: Cadena de la Acuicultura*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Mohamed, A., Bishoy Abib, F., Tawfik, S., Shafik, N. and Khatta, A. R. (2021). Caviar and fish roe substitutes: Current status of their nutritive value, bio-chemical diversity, authenticity and quality control methods with future perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 405-417.
- Ministério da Pesca e Aquicultura, Ministério do Medio Ambiente (MPA/MMA). (2015). *Plano de gestão para o uso sustentável da tainha, Mugil liza Valenciennes, 1836, no sudeste e sul do Brasil*. MAPA/MMA, Brasília, DF.
- Mylonas, C., Grigorakis, K., Rosenfeld, H., Koven, E., Guerrero, L. y Robles, R. (2019). *Potencial biológico y socioeconómico de la Lisa*. International Aquafeed. Disponible: <https://aquafeed.co/entrada/potencial-biologico-y-socioeconomico-de-la-lisa-20896/>



- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the World*. Fourth Ed. John Wiley & Sons, Hoboken. 601 p.
- Nona Morado, C., Fernandes de Andrade-Tubino, M. and Araújo, F. G. (2021). Local ecological knowledge indicates: There is another breeding period in the summer for the mullet *Mugil liza* in a Brazilian tropical bay. *Ocean and Coastal Management*, 205, 105569.
- Nordlie, F. G. (2016). *Adaptation to salinity and osmoregulation in mugilidae*. In: Crosetti, D., Blaber, S. (Eds.). *Biol. Ecol. Cult. Grey mullets*. Boca Raton, FL: CRC Press. 293e323.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). (2016). *Pesca y acuicultura en Colombia*. 34 p.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Organización de las Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: <http://www.fao.org/publications/sofia/2020/es/>
- Perez, I., Chavez, A. y Casas, E. (1999). Presencia de formas parasitarias en peces comerciales del mar Peruano. *Rev. Inv. Vet. de Perú*, 10(1), 34-38.
- Perez, M. (2001). *Biología Pesquera de la LISA Mugil curema en Lagunas Costeras de la Región Autónoma Atlántico Sur*, Nicaragua/Manuel Pérez Moreno. Nicaragua: Bluefields.
- Pomarico, J. (2013). *Indicadores reproductivos de la Lisa Mugil incilis (Hancock, 1830) en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia*. Santa Marta, Magdalena, Colombia. Universidad del Magdalena.
- Ramírez, J., Vázquez, M., Uresti, R., Velásquez, G. y Tellez, S. (2006). Aprovechamiento integral de la lisa: alternativa de desarrollo económico para la laguna madre de Tamaulipas. *CienciaUAT*, 1(1), 57-60.
- Revista Naval. (2018). Acuicultura: Top 10 de países de mayor producción acuícola. *Revista del Sector Marítimo. Ingeniería Naval*. <https://sectormaritimo.es/acuicultura-top-10-paises-de-mayor-produccion-acuicola>
- Rey, I. y Acero, A. (2002). *Biodiversidad ictica del caribe colombiano*. Universidad Bogota Jorge Tadeo Lozano. 190 p.
- Romdhane, M. S., Fassatoui, C., Shaeik, M., Rejeb Jenhani, A. B. and Changeux, T. (2019). Mugilids fisheries of Tunisian coasts and lagoons. *Aqua Liv. Resour.*, 32, 6.
- Rosa, A., Isola, R., Nieddu, M. and Masala, C. (2020). The role of lipid composition in the sensory attributes and acceptability of the salted and dried Mullet roes (Bottarga): A study in human and animal models. *Nutrients*, 12(11), 3454. <https://doi.org/10.3390/nu12113454>
- Rosa, A., Nieddu, M., Masala, C., Marincola, F., Porcedda, S. and Piras, A. (2020). Waste salt from the manufacturing process of mullet bottarga as source of oil with nutritional and nutraceutical properties. *J. Sci. Food Agric.*, 100(15), 5363-5372.
- Rosa, A., Scano, P., Melis, P., Deiana, M., Atzeri, A. and Dessi, A. (2009). Oxidative stability of lipid components of mullet (*Mugil cephalus*) roe and its product "bottarga". *Food Chemistry*, 115(3), 891-896.
- Rueda, M. and Defeo, O. (2003). Linking fishery management and conservation in a tropical estuarine lagoon: biological and physical effects of an artisanal fishing gear. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 56, 935-942.
- Ruiz, L., y Vallejo, A. (2013). Parametros de infección por nematodos de la familia Anisakidae que parasitan la Lisa (*Mugil incilis*) en la bahía de Cartagena (Caribe Colombiano). *Intropica*, 8(1), 53-60.
- Sahya, M., Kundananji, N., Mohsen, A. and Saber, K (2021). Fish nutritional value as an approach to children's nutrition. *Frontiers in Nutrition*, 8, 780844. DOI=10.3389/fnut.2021.780844
- Santafe, A. (2008). *Bioecología y algunos aspectos pesqueros de los mugilidos (PISCES:Mugilidae) de la bahía de Cispatá, Golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano*. 162 p. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/17692>.
- Santos-Martinez, A. and Acero, A. (1991). Fish community of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Composition and zoogeography. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 2(3), 247-263.
- Sarig, S. (1981). *The Mugilidae in polyculture in fresh and brackish water Wshponds*. In: Oren, O.H. (Ed.). *Aquaculture of Grey Mullet*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 391-409.
- Scano, P., Rosa, A., Cesare Marincola, F., Locci, E., Melis, M. P., Dessi, M. A. and Lai, A. (2008). 13C NMR, GC and HPLC characterization of lipid components of the salted and dried mullet (*Mugil cephalus*) roe "bottarga". *Chemistry and Physics of Lipids*, 151(2), 69-76.
- Siccha, R., Menezes, N., Nirchio, M., Foresti, F. and Oliveira, C. (2014). Molecular identification of Mullet species of the Atlantic South Caribbean and South America and the phylogeographic analysis of *Mugil liza*. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 22(1), 86-96.

- Sukumaran, K. (2021). *Reproductive maturation and induced breeding of two geographical groups of grey mullet, Mugil cephalus Linnaeus, 1758*. Tesis Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736423>.
- Thomson, J. (1978). *FAO species identification sheets for fishery purposes*. Western Central Atlantic (Fishing Area 31). Roma: FAO.
- Thomson, J. M., (1997). The Mugilidae of the world. *Memoir. Queensl. Mus.*, 41, 457-562.
- Trade Map (ITC). (2021). Lista de los exportadores para el producto seleccionado. Producto: 1604 Preparaciones y conservas de pescado; caviar y sus sucedáneos preparados con huevas de pescado. https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=3%7c%7c%7c%7c1604%7c%7c%7c4%7c1%7c2%7c
- Uresti, R., Delgado, D., Martínez, M., Velazquez, G. y Ramirez, J. (2015). *Pesca, procesamiento y calidad nutritiva de la lisa (Mugil cephalus) y la hueva de lisa*. En: Marquez, E., Toro, C. del V., Ocaño, J., Ezquerra, J., Ramirez, A. y Uresti, R.. *Análisis, calidad y procesamiento de alimentos en México*. Primera ed. pp. 447-469. Ciudad de México, México: Plaza y Valdez Editores. Disponible: https://www.researchgate.net/profile/Norma-Flores-Martinez/publication/342601265_Aplicacion_de_productos_naturales_en_la_elaboracion_de_películas_comestibles/links/5efcb3d2a6fdcc4ca440b826/Aplicacion-de-productos-naturales-en-la-elaboracion-de-películas-c
- U.S. Agency for International Development. (2007). *Bureau for global programs, filed support and research, center for economic growth and agricultural development (2007)*. Final report.
- Valencia, A. (2019). *Estrategia de política para el sector de pesca y acuicultura*. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Valenzuela, A. (2022). *Bottarga de Lisa, el exclusivo caviar que producen científicos en el Campus UdeC de Chillán*. (N. UdeC, Entrevistador).
- Waldrop, T., Main, K., Tarnecki, A., Brennan, N. y Boggis, E. (2019). *Las dietas a base de lisas rayadas son prometedoras como ingrediente de alimentos acuícolas*. Responsible Seafood. <https://www.globalseafood.org/advocate/las-dietas-a-base-de-lisas-rayadas-son-prometedoras-como-ingrediente-de-alimentos-acuicolas/>
- Zamora, A. (2005). *Evaluación de impacto socioeconómico asociado a cambios ambientales del ecosistema Ciénaga Grande de Santa Marta en el periodo 1999-2003*. Santa Marta, Colombia: Universidad del Magdalena. 124 p.

Contribución de los autores

Autor	Contribución
Katherine Rocío Obeid-Manjarres	Diseño de la investigación; revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación y edición del manuscrito.
Adriana Rodríguez-Forero	Revisión bibliográfica, análisis e interpretación de los datos, preparación, edición del manuscrito y corrección de estilo.

