

**APROVECHAMIENTO DE LAS ESCAMAS DE
BOCACHICO (*Prochilodus magdalенаe*) PARA LA
OBTENCIÓN DE COLÁGENO CON FINES
ALIMENTICIOS¹¹²**

**USE OF BOCACHICO SCALES (*Prochilodus
magdalенаe*) FOR OBTAINING COLLAGEN FOR
FOOD PURPOSES**

Cristian Giovanni Palencia-Blanco¹¹³

Héctor Julio Paz-Díaz¹¹⁴

Nora Milena Ortiz-García¹¹⁵

Martha Patricia Aparicio¹¹⁶

Mónica María Pacheco-Valderrama¹¹⁷

Oscar Orlando Porras Atencia¹¹⁸

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.¹¹⁹

¹¹² Derivado del proyecto de investigación: Aprovechamiento de las escamas de Bocachico (*Prochilodus Magdalенаe*) para la obtención de colágeno con fines alimenticios.

¹¹³ Ingeniero Químico, Universidad Industrial de Santander – UIS, Magíster en Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander – UIS, Docente, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, correo electrónico: cristian.palencia@unipaz.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9912-1061>

¹¹⁴ Ingeniero Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, Especialista en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo, Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, Docente, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, correo electrónico: hector.paz@unipaz.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3278-7667>

¹¹⁵ Ingeniera Química, Universidad Industrial de Santander – UIS, Docente, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, correo electrónico: nora.ortiz@unipaz.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3339-765X>

¹¹⁶ Ingeniera Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, Especialista en Procesos de Alimentos y Biomateriales, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Docente, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, correo electrónico: martha.aparicio@unipaz.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9059-0478>

¹¹⁷ Ingeniera de Alimentos, Universidad Jorge Tadeo Lozano - UTADEO, Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Pamplona, directora de Investigación y Proyección Social, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, correo electrónico: monica.pacheco@unipaz.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2051-4589>

¹¹⁸ Ingeniero de Alimentos, Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Pamplona, Doctor en Pensamiento Complejo, Multiversidad Mundo Real Edgar Morín, Rector, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, correo electrónico: rectoria@unipaz.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2493-2278>

¹¹⁹ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org



APROVECHAMIENTO DE LAS ESCAMAS DE BOCACHICO (*Prochilodus magdalenae*) PARA LA OBTENCIÓN DE COLÁGENO CON FINES ALIMENTICIOS¹²⁰

Cristian Giovanni Palencia Blanco¹²¹, Héctor Julio Paz Díaz¹²², Nora Milena Ortiz
García¹²³, Martha Patricia Aparicio¹²⁴, Mónica María Pacheco Valderrama¹²⁵, Oscar
Orlando Porras Atencia¹²⁶

RESUMEN

El Bocachico (*Prochilodus magdalenae*), es una especie endémica de gran importancia en el Magdalena Medio Colombiano, puesto que es responsable de la seguridad alimentaria de centenares de familias ribereñas presentes en las cuencas del río Magdalena. De este alimento, se obtienen ciertos residuos como cabeza de pescado, espinas, escamas y vísceras que son subestimados por los pobladores que lo consumen siendo posteriormente desechados. Las escamas son uno de los subproductos no aprovechados que resultan del procesamiento del Bocachico, llegando a desperdiciarse cerca del 30 al 50% del peso total. Este subproducto es una excelente fuente de colágeno el cual es fundamental en la dieta alimentaria debido a que es la principal proteína del tejido conectivo, convirtiéndola en una materia prima importante en el desarrollo de alimentos funcionales. Por lo anterior, la

¹²⁰ Derivado del proyecto de investigación Aprovechamiento de las escamas de Bocachico (*Prochilodus Magdalenae*) para la obtención de colágeno con fines alimenticios.

¹²¹ Ing. Químico, Universidad Industrial de Santander – UIS, M.Sc. en Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander – UIS, Docente Investigador, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, correo electrónico: cristian.palencia@unipaz.edu.co

¹²² Ing. Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, Esp. en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo, Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, Docente Investigador, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, correo electrónico: hector.paz@unipaz.edu.co

¹²³ Ing. Química, Universidad Industrial de Santander – UIS, Docente Investigadora, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, correo electrónico: nora.ortiz@unipaz.edu.co

¹²⁴ Ing. Agroindustrial, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, Esp. en Procesos de Alimentos y Biomateriales, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Docente Investigadora, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, correo electrónico: martha.aparicio@unipaz.edu.co

¹²⁵ Ing. de Alimentos, Universidad Jorge Tadeo Lozano - UTADDEO, M.Sc. en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Pamplona, directora de Investigación y Proyección Social, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, correo electrónico: monica.pacheco@unipaz.edu.co

¹²⁶ Ing. de Alimentos, Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, M.Sc. en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Pamplona, PhD. en Pensamiento Complejo, Multiversidad Mundo Real Edgar Morín, Rector, Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ, correo electrónico: rectoria@unipaz.edu.co



presente investigación tuvo como objetivo extraer el colágeno de las escamas del Bocachico, que son recolectas en el sector el muelle del municipio de Barrancabermeja, Santander. El método de extracción del colágeno utilizado fue en medio ácido, con una concentración de 0,7M a una temperatura de 60°C por 180 min, obteniendo un rendimiento de 14,65%. Referente a la gelatina obtenida a partir del colágeno, se pudo evidenciar una composición proximal de 11,4% de humedad, 85,42% de proteína, 0,25% de grasa, pH de 6,06 y 0,1% de ceniza, valores que se encuentran dentro de las normas COVENIN 2946-92 para gelatinas comestibles. Finalmente, los análisis microbiológicos se encontraron entre los rangos permitidos en comparación a los valores máximos permisibles por la Norma Técnica Colombiana NTC 5592 y por la Resolución N° 591-2008.

ABSTRACT

Bocachico (*Prochilodus magdalenae*), is an endemic species of great importance in the Colombian, Magdalena Medio, since it is responsible for the food security of hundreds of riverside families present in the basins of the Magdalena River. From this food, certain residues are obtained such as fish head, spines, scales and viscera that are underestimated by the inhabitants who consume it being subsequently discarded. The scales are one of the by-products that result from the processing of the small mouth, going to waste about 30 to 50% of the total weight. This byproduct is an excellent source of collagen which is fundamental in the food diet because it is the main protein of the connective tissue, making it an important raw material in the development of functional foods. Therefore, this research aimed to extract collagen from the Bocachico's scales, which are collected in the dock sector of the municipality of Barrancabermeja, Santander. The collagen extraction method used was in acid medium, with a concentration of 0.7M at a temperature of 60°C for 180 min, obtaining a yield of 14.65%. Regarding the gelatin obtained from collagen, it was possible to show a proximal composition of 11.4% moisture, 85.42% protein, 0.25% fat, pH of 6.06 and 0.1% ash, values that are within the norms COVENIN 2946-92 for edible gelatins. Finally, microbiological analyses are among the permitted ranges compared to the maximum permissible values by the Colombian Technical Standard NTC 5592 and by Resolution N° 591-2008.



consideradas como un subproducto no aprovechado en el procesamiento del pescado, llegando a desperdiciarse cerca del 4 al 7% del peso total (Caldato et al., 2019), siendo este residuo una excelente fuente de colágeno el cual puede variar de acuerdo a la especie, edad, estación y estado nutricional.

Por lo anterior, el propósito de este estudio fue generar nuevas metodologías en la elaboración de nuevos productos, a partir del colágeno de las escamas del Bocachico (*Prochilodus magdalenae*), presentándolas como alternativa de solución a la problemática ambiental y sobre todo al fortalecimiento de la investigación en el municipio de Barrancabermeja para propender a un mejor desarrollo sustentable que fomente el impulso socioeconómico del sector pesquero de la región.

MATERIAL Y MÉTODOS

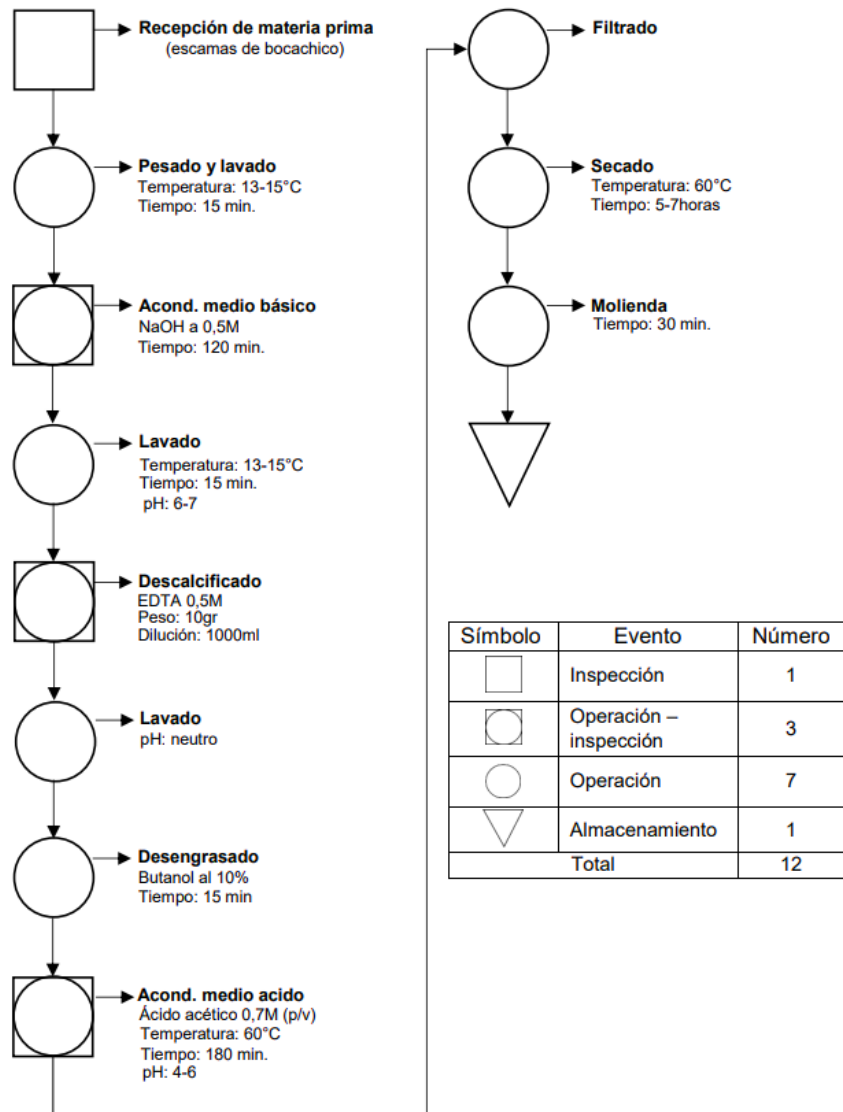
El presente estudio se desarrolló en base al método experimental evaluándose el efecto en la extracción del colágeno de las escamas del Bocachico. Las escamas fueron obtenidas en el sector el muelle del municipio de Barrancabermeja, Santander, donde se recolectaron 2400 g con el fin de garantizar una adecuada representación de la variabilidad. La materia prima recolectada se mantuvo a temperatura de 4°C para su conservación.

Extracción del colágeno proveniente de las escamas del Bocachico

La metodología utilizada para la extracción de colágeno fue basada en los procedimientos utilizados por Quispe & Gutierrez (2019), quienes realizaron la extracción por hidrólisis ácida. En la figura 1 se describe el proceso de extracción del colágeno.

Figura 1. Diagrama del proceso de extracción del colágeno





Fuente: Autores

Una vez recolectadas las escamas de Bocachico en el muelle de Barrancabermeja, fueron conservadas y transportadas en frío a 4°C para posteriormente ser pesadas y lavadas con abundante agua a una temperatura de 13 a 15°C con el fin de eliminar residuos e impurezas presentes. Para el acondicionamiento en medio básico, las escamas se adicionaron en una solución de NaOH al 0.5 M por 120 min para eliminar las proteínas no colágenas que modifican las cadenas polipeptídicas y aumentar la solubilidad del colágeno. Posterior a ello, las escamas fueron lavadas con agua durante 15 min con el fin de remover el NaOH presente y alcanzar un pH entre 6-7. Se procedió a realizar la etapa de descalcificado o



desmineralización con una solución 0,5 M de EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) como agente quelante uniéndose a los iones metálicos presentes y evitando así que estos reaccionen en la extracción. Después de 2 minutos, se procedió a lavar las escamas nuevamente con el fin de eliminar la solución EDTA presente. A partir de esto, se realizó el proceso de desengrasado y acondicionamiento en medio ácido con butanol al 10% durante 15 min y se mezcló con ácido acético al 0,7 M en relación 1:10 %p/v a 60°C durante 180 min para solubilizar el colágeno presente en las escamas. Finalmente, la solución se filtró para separar los residuos no colágenicos. El líquido restante fue secado en un Horno secador a una temperatura de 35°C durante 10 horas. Las láminas obtenidas del proceso de secado fueron molidas y pasadas por un tamiz (Malla N°30) para establecer un tamaño de partícula de 600 µm. La harina obtenida se almacenó en recipientes de vidrio tapado herméticamente a una temperatura inferior de 30°C. Se calculó el rendimiento de extracción a partir de la ecuación 1.

$$\% R = \frac{\text{masa de colágeno extraído}}{\text{masa de escamas frescas}} * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Cuantificación del colágeno mediante espectrofotometría UV-VIS

Se realizó la cuantificación del colágeno mediante la determinación de 4-hidroxiprolina, siendo este aminoácido representativo del colágeno, producido por la hidroxilación en presencia de la prolina y la glicina según la Norma AOAC 990.26 (1993). Para esto, se hidrolizó 100 mg de colágeno en 1 mL de ácido clorhídrico a 6 N durante 3 h a 132°C. Posteriormente se tomó 1 mL de la mezcla hidrolizada y se diluyó en agua hasta obtener una solución con relación 1:20. De esta solución se tomó 1 mL de esta dilución y se mezcló con 1 mL de solución de sulfato cúprico 0,01 M y 1 mL de hidróxido de sodio al 2,5 N. Esta solución se agita delicadamente y se adicionó 1 mL de peróxido de hidrógeno al 6 % para posteriormente agitarse durante 2 min. Siguiendo a esto se agregó 0,1 mL de solución de sulfato ferroso 0,05 M y se agitó hasta que aparecieron burbujas de gas. Se adicionaron 4 mL de ácido sulfúrico a 3 N y 2 mL de la solución de pdimetilaminobenzaldehído al 5 %, con agitación, y se colocaron esferas de calentamiento en el tubo de ensayo. Se calentó la solución durante 16 min a 70 °C en un baño maría, con continua agitación. Se enfría en un baño de hielo durante 5 min y se mide la coloración roja resultante empleando un espectrofotómetro



a 540 nm, comparándola con un blanco de agua destilada. La curva de calibración se realizó teniendo en cuenta el Método Oficial (AOAC 990.26, 1993). Las ecuaciones que relacionan la 4-hidroxiprolina con el colágeno son las siguientes:

$$H = \frac{h * 2,5}{m * V} \quad \text{Ecuación 2}$$

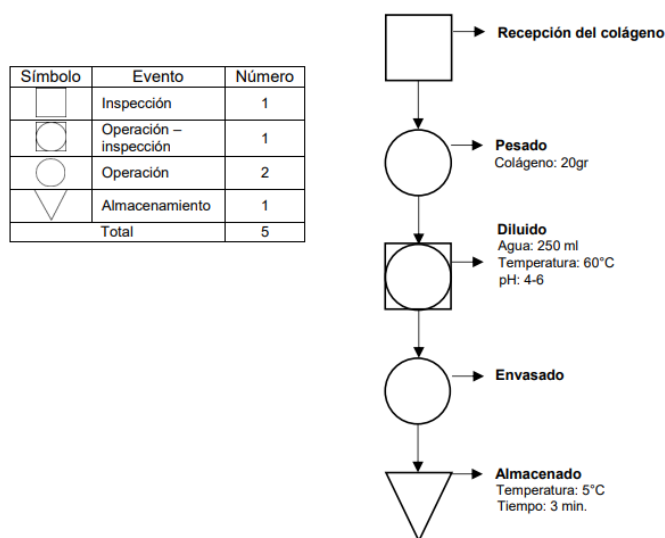
$$B = H * 8 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde H= 4-hidroxiprolina [mg/mL], m= masa de la muestra [mg], V= volumen [mL] y B=Tejido conjuntivo colágeno [mg/mL]

Obtención de la gelatina a base de colágeno

La preparación de la gelatina como producto alimentario se obtuvo a partir de 20 g de colágeno extraído siguiendo el diagrama de proceso de la figura 2.

Figura 2. Diagrama obtención de gelatina a partir del colágeno extraído



Fuente: Autores



Se pesaron 20 g de colágeno para ser diluidos en 250 ml de agua a una temperatura de 60°C con un pH de entre 4-6. Una vez diluido el colágeno, la solución se envasó en recipientes de media onza para posteriormente ser llevados a enfriamiento 5°C.

Determinación de la composición fisicoquímica y sensorial de la gelatina

Se determinó el % de humedad (AOAC 931.04, 2000), % de ceniza (AOAC 923.03, 2000), % de proteína (AOAC 920.87, 2005), % de grasa (AOAC 963.15, 2006), pH (AOAC 943.02 2000), y se realizó un análisis del color y olor con el fin de verificar los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la gelatina obtenida (ISO 4121, 2003).

Determinación de los parámetros microbiológicos de la gelatina

Se realizó un análisis microbiológico en el cual se determinó el contenido de microorganismos de aerobios mesófilos, recuento de mohos y levaduras, recuento de coliformes totales y determinación de *Staphylococcus aureus* con el fin de establecer la calidad higiénico-sanitaria de la gelatina (ICONTEC, 2023).

RESULTADOS

Resultados extracción del colágeno proveniente de las escamas del Bocachico

A partir de 2400 g de escamas de Bocachico se calculó el rendimiento de extracción mediante la ecuación 1. En la tabla 1 se muestra el rendimiento obtenido.

Tabla 1. Resultados rendimiento extracción de colágeno.

Masa de escamas de Bocachico [g]	Masa de colágeno extraído [g]	Rendimiento [%]
2400	351,6	14,65

Fuente: Autores

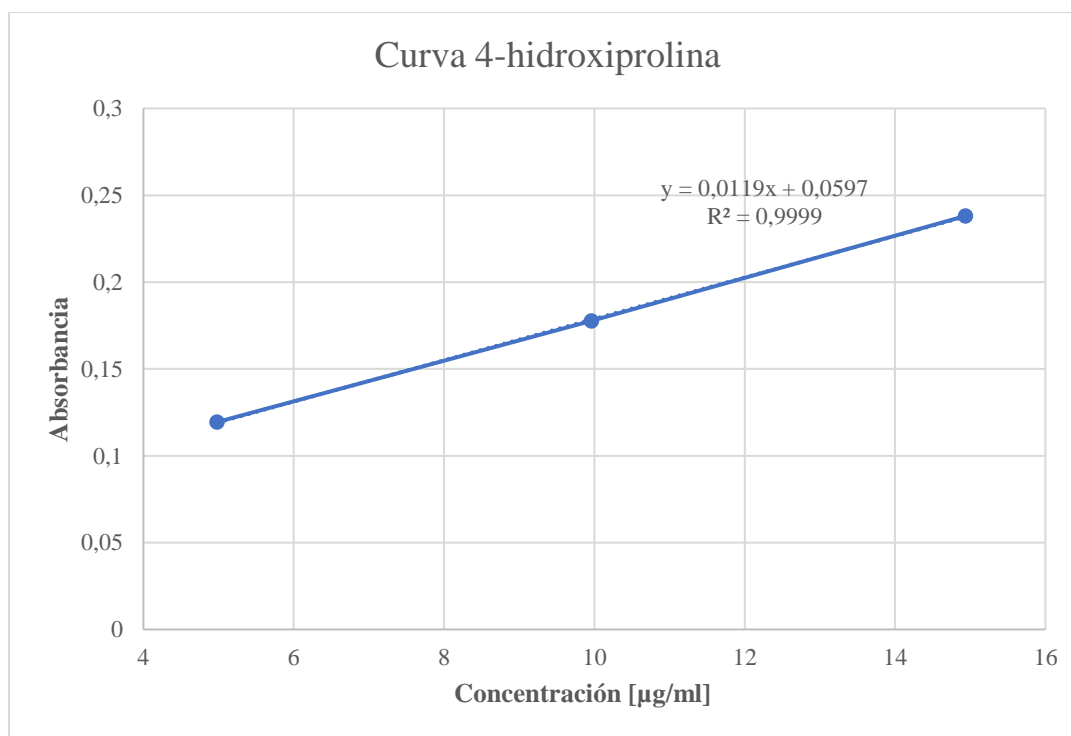


El rendimiento obtenido fue similar a los obtenidos por Quispe & Gutierrez (2019) , quienes obtuvieron un porcentaje de 12,33% menor al obtenido en este trabajo. Cabe aclarar que estos autores extrajeron el colágeno de la piel, escamas, cabeza, cola, aletas y espinas del pescado, a diferencia de la extracción realizada en esta investigación, la cual se llevó a cabo con las escamas del Bocachico.

Resultados cuantificación del colágeno mediante la técnica instrumental de espectrofotometría UV-VIS

Se determino la cantidad de 4-hidroxirolina (h) a partir de la medida de la absorbancia y la curva de calibración como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Curva de calibración 4-hidroxirolina



Fuente: Autores

La tabla 2 muestra los resultados del contenido de 4-hidroxirolina y colágeno en las diferentes especies de peces y el tipo de muestra utilizados por cada autor.



Tabla 2. Comparación del contenido de 4-hidroxi prolina y colágeno con otras fuentes

Especie	Tipo de Residuo	Resultados		Referencia
		4-Hidroxi prolina [mg/mL]	Colágeno [%]	
Bocachico (<i>Prochilodus magdalenae. L</i>)	Escamas	6,042	48,33	Autores
Tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Escamas	2,665	20,3	(Rodríguez et al., 2017)
Bocachico (<i>Prochilodus magdalenae. L</i>)	Aletas	-	40,3	(Gómez-contreras & Ortega-toro, 2023)
	Huesos	-	9,3	
	Piel	-	55,6	
	Escamas	-	16,1	
BONITO (<i>Sarda chiliensis chiliensis</i>)	Residuos	-	12,43	(Esthegany, 2021)
Tilapia de Nilo	Piel		11,35	(Barajas, 2021)
	Columna+aletas	0,464	8,71	
Mahi-Mahi(<i>Coryphaena hippurus</i>)	Residuos	0,187	20,4	(Romero-Santivañez et al., 2023)

Fuente: Autores

De acuerdo con los resultados de las investigaciones, se puede apreciar variaciones en el contenido de 4-hidroxi prolina y colágeno. Por un lado, el valor promedio en esta investigación fue de 6,042 mg/mL mientras que para la especie Tilapia fue de 2,665 mg/mL



(Rodríguez et al., 2017). Según los autores los resultados varían de una especie a otra, dependiendo de la edad, estado nutricional, el medio ambiente y/o hazienda donde se encuentren, alimentación, el medio de cultivo y también el proceso o tipo de extracción (Esthegany, 2021; Gómez-contreras & Ortega-toro, 2023). Además, el factor multiplicado utilizado por los otros autores fue diferente al utilizado en esta investigación.

Otra explicación puede deberse a las diferencias en el proceso de extracción del colágeno, ya que por ejemplo Rodríguez et al., (2017), utilizó una concentración de 0,2 M de EDTA por 48 h, mientras que en esta investigación se utilizó 0,5 M de EDTA, lo anterior es relevante, ya que se puede suponer que el tiempo de desproteización y la concentración de EDTA, afectan directamente el rendimiento de extracción del colágeno (Rodríguez et al., 2017). Dicho lo anterior, cabe aclarar que no se encuentra ningún valor estándar sobre el contenido de 4-hidroxiprolina ni de colágeno debido a todos los factores, tipo de muestra y métodos que inciden en el resultado final. Sin embargo, durante toda la investigación los resultados varían entre el 3 y 20% del contenido de colágeno, aunque autores expresan que se ha encontrado especies de las cuales se han cuantificado desde un 49,8 a un 51,4% de colágeno.

Resultados composición fisicoquímica y sensorial de la gelatina

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos del análisis de contenido proximal de la gelatina elaborada a partir del colágeno extraído de las escamas del Bocachico.

Tabla 3. Resultados composición fisicoquímica y sensorial de la gelatina.

Parámetro	Unidades	Resultados	Ref. Método
Humedad	%	11,4	AOAC 931.04, (2000)
Proteína total	%	85,42	AOAC 920.87, (2005)
Cenizas	%	0,1	AOAC 923.03, (2000)
Grasa	%	0,25	AOAC 963.15, (2006)
pH	Unidad	6,06 (20°C)	AOAC 943.02 (2000)
Color	-	Característico	ISO 4121, (2003)
Olor	-	Sin olor	

Fuente: Autores



Dentro de los resultados se pudo observar que el color y olor son característicos y sin olor, valores similares a los reportados por Quispe & Gutierrez (2019), quienes obtuvieron un color casi transparente y sin olor. Lo anterior debido a que el ácido influye en el color de la gelatina haciéndola transparente y limpia, además de neutralizar el olor (Suárez, 2022). En referencia al color, Santos, (2017) expresa que las gelatinas de pescado presentan un color amarillo.

Cabe resaltar que, que el color de la gelatina no influye en sus propiedades funcionales, pero la transparencia de la gelatina es una propiedad deseable que debe ser considerada dependiendo a la aplicación a la que se destine. Sin embargo, a pesar de que el color es un atributo de gran importancia comercial, todavía no existe un método universal aceptado para su medición.

En la tabla 4 se muestra una comparación del análisis proximal de la gelatina obtenida a partir del colágeno extraído de las escamas del Bocachico, Doncella, Piel de perico y algunas gelatinas comerciales.

Tabla 4. Comparación del análisis proximal de la gelatina de pescado con otras fuentes

N°	Muestra	Humedad [%]	Proteína [%]	Grasa [%]	pH	Ceniza [%]
1	Bocachico	11,4	85,42	0,25	6,06	0,1
2	Doncella	8,78	99,36	0,45	ND	0,2
3	Piel de perico	7,00	89,0	0,20	ND	1,3
4	Comercial ^a	10,76	85,35	0,89	4,7	2,30
5	Comercial ^b	8,5-12	ND	ND	5-6	Max.2
6	Comercial ^c	8,97	13,1	0,21	ND	0,09

Fuente: Autores; Montes, (2019)

Comparando los resultados de los diversos autores, se aprecia que la variabilidad de la humedad no es significativa, encontrándose en un rango de 8,5-11,4%. Lo anterior concuerda con lo estipulado por Gómez-contreras & Ortega-toro (2023), donde expresan que



según la norma NTC 219 (2018) en la gelatina comestible, la ceniza no debe ser más del 2%, la humedad no mayor a 12%. Ahora bien, en cuanto a la proteína, se menciona que no debe ser menor al 85% por lo que la gelatina Comercial^c no cumpliría con ello. El alto valor del contenido proteico se debe al aporte de la proteína colagénica constituyente principalmente de la piel (Pandía Estrada, 2020)

Los resultados de la grasa obtenida en la gelatina fueron de un 0,25%., en comparación con los resultados de los demás autores los cuales varían entre 0,20 a 0,89 %, lo que indica que es un producto alimentario adecuado debido a que según la FAO el estándar de grasa, debe estar por debajo de 0,5 % (m/m) para el consumo humano, puesto que un mayor contenido de grasa oscurece los productos finales, a causa de la liberación de los pigmentos marrones de la oxidación de los lípidos (Montero-Barrantes, 2021).

Además, autores como Suárez (2022), expresan que la composición de la gelatina no contiene grasa o que es un alimento bajo en grasa. En cuanto al pH de la gelatina puede variar dependiendo del procesamiento, si es por medio ácido el pH estaría entre 6 – 9,5 y si se realiza por medio alcalino su pH varía de 4,7 – 5,67. Dado que la metodología implementada fue por medio ácido, el valor obtenido de 6,06 se encuentra en el rango de las gelatinas producidas por medios ácidos las cuales son pertenecientes al tipo A.

Resultados parámetros microbiológicos de la gelatina

Como se puede observar en la tabla 5 y teniendo en cuenta las distintas normas y resultados obtenidos por autores, se puede determinar que tanto las bacterias mesófilas como el *Staphylococcus aureus* y el recuento de mohos y levaduras dieron resultados elevados pero que se encuentran entre los rangos permitidos para la Resolución Ministerial N° 591-2008-MINSA, la cual es una norma Peruana que establece los criterios microbiológicos de la calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano y la Norma Técnica Colombiana NTC 1629.

Por último, los análisis de coliformes totales obtuvieron un resultado aceptable según la Norma Técnica Colombiana la cual indica que el valor máximo permisible debe ser <3 UFC/g.



Tabla 5. Resultados parámetros microbiológicos de la gelatina

Parámetro	Unidades	Resultados	Ref. Método
Bacterias mesófilas	UFC/g	240	UNE-EN ISO 4833, (2014)
Coliformes totales	UFC/g	1	ISO 4831, (2015)
Recuento de mohos y lev. Alta	UFC/g	85	NTC 4132 (ICONTEC, 1997)
<i>S. aureus</i> coag.POS. y otras esp.	UFC/g	< 100	NTC 4779 (ICONTEC, 2007)

Fuente: Autores

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se logró determinar las variables independientes (temperatura de reacción, tiempo de reacción y concentración de los reactivos) para la extracción de colágeno de las escamas de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) mediante procesos de acidificación, obteniendo un rendimiento de 14,65%.

Los resultados obtenidos mediante el análisis espectrofotométrico para el contenido de 4-hidroxiprolina a partir de subproductos de las actividades pesqueras descritos en la tabla 3, pueden variar significativamente según el proceso empleado para la extracción del colágeno, además de la edad del pescado, su habitat, y alimentación.

Referente a la gelatina obtenida a partir del colágeno de las escamas del Bocachico, se pudo evidenciar una composición proximal de 11,4% de humedad, 85,42% de proteína, 0,25% de grasa, pH de 6,06 y 0,1% de ceniza. Estos rangos se encuentran dentro de los parámetros normales de las gelatinas provenientes de la piel de pescado y a su vez con respecto a las gelatinas comerciales descritas en la tabla 3.

Por otra parte, los resultados obtenidos del análisis de color y olor descrito en la tabla 5, fueron comparados junto con los resultados de distintos autores como Quispe & Gutierrez, (2019) autores que obtuvieron resultados similares a esta investigación, el color fue casi transparente, característico de las escamas, además la gelatina no presentaba ningún olor, por



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC 990.26. (1993). Método Oficial AOAC 990.26 Hidroxiprolina en Carnes y Productos Cárnicos. *Association of Official Agricultural Chemists*.
<https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- AOAC 920.87. (2005). AOAC Of ficial Method 920.87 Protein (Total) in Flour. *Association of Official Agricultural Chemists*
<https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- AOAC 923.03. (2000). AOAC Official Method 923.03 Ash of Flour. Direct Method. *Association of Official Agricultural Chemists*, 132(1923), 2000–2000.
<https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- AOAC 931.04. (2000). AOAC Official Method 931.04 Moisture in Cacao Products Gravimetric Method. *Association of Official Agricultural Chemists*, 20(1931), 2000–2000. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- AOAC 943.02. (2000). AOAC Official Method 943.02 pH of Flour Potentiometric Method. *Association of Official Agricultural Chemists*.
<https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- AOAC 963.15. (2006). AOAC Official Method 963.15 Fat in Cacao Products Soxhlet Extraction Method. *Association of Official Agricultural Chemists*
<https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- Barajas, D. A. (2021). Síntesis de compósitos hidroxiapatita/colágeno a partir de residuos de pescado con orientación a la regeneración ósea. Tesis de Maestría, Maestría en Ciencias e Ingeniería de Materiales, *Universidad Autónoma Metropolitana*, Ciudad de México, México. <https://doi.org/10.24275/uama.6737.9428>
- Caldato, K., Naves, F. K. da S., & Zatta, L. (2019). Gelatina extraída de escamas da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) produzidas no município de Pato Branco: caracterizações e comparações com amostras comerciais. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 13(1), 2730–2751. <https://doi.org/10.3895/rbta.v13n1.8386>
- Contreras-almazo, I. A. E., Cantillo-gonzález, O. E., & Coronel-, I. Y. (2019). Aspectos



- biológicos y reproductivos en hembras *Prochilodus magdalenae* (Steindachner, 1879) Ciénagas del Departamento del Cesar, Colombia Illgner. *Revista AquaTIC*, (54), 1–14.
- Duarte, L. O., Cuervo, C., Vargas, O., Gil-Manrique, B., Cuello, F., León, G., Isaza, E., Tejada, K., Manjarrés–Martínez, L., & Reyes-Ardila, H. (2022). Estadísticas de desembarco y esfuerzo de las pesquerías artesanales de Colombia 2022. *Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP)*. Universidad del Magdalena, Colombia.
- Espinoza, D., Castillo, A. (2022). Technological advances in obtaining, identifying and producing protein hydrolysates from fish residues by enzymatic action: bioactive and techno-functional properties, application in food, market and regulation. *Scientia Agropecuaria*, 13(2), 135–148. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.012>
- Esthegany, C. (2021). Obtención del colágeno a partir de los residuos del bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) mediante hidrólisis alcalina. Tesis de Pregrado, Ingeniería Química, Escuela profesional de Ingeniería Química, Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión, Huacho, Perú.
- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022*. ISSN 2663-8649. Roma. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- Gómez-contreras, P., Ortega-toro, J. H. R. (2023). Obtención y caracterización de colágeno del pez de agua dulce *Prochilodus magdalenae* : aplicación en películas biodegradables. *Información tecnológica*, 34(2), 89–98. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-07642023000200089>
- ICONTEC - Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2023). NTC 1629: *Gelatina pura*. Bogotá, Colombia. <https://bit.ly/3sTENJ1>
- ICONTEC - Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1997). NTC 4132 - *Microbiología*. Guía general para el recuento de mohos y levaduras. Técnica de recuento decolonias a 25°C. Bogotá, Colombia.
- ICONTEC - Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2007). NTC 4779. Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Metodo horizontal para el



- recuento de estafilococos coagulasa positiva (*staphylococcus aureus* y otras especies). Bogotá, Colombia.
- ISO - International Organization for Standardization. (2003). International Standard - 4121, Análisis sensorial - Lineamiento para el uso de escalas de respuestas cuantitativas. International Organization for Standardization. <https://bit.ly/489gZXU>
- ISO - International Organization for Standardization. (2015). International Standard - 4831, Horizontal method coliforms. International Organization for Standardization.
- Latimer, G. W. (2023). Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 22. *AOAC Publications*, New York, <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- Montero-Barrantes, M. (2021). Protein hydrolyzed from byproducts of the fishery industry: Obtaining and functionality. *Agronomia Mesoamericana*, 32(2), 681–699. <https://doi.org/10.15517/am.v32i2.41437>
- Montes, L., (2019). Diseño de una planta productora de postre de gelatina en polvo para atender la demanda insatisfecha de la empresa Agroinversiones Shalom S. A. C. Tesis de Pregrado, Ingeniería Agroindustrial, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chicayo, Perú.
- Olarte Pardo, J. D., Gallo Muñoz, G. A. (2020). Evaluación de la extracción de colágeno en piel de bovinos. Tesis de Pregrado, Ingeniería Química, Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia.
- Pandia Estrada, S. E. (2020). Obtención de películas comestibles empleando gelatina de pescado con extracto de orégano, y utilización como recubrimiento en filetes de trucha. Tesis de Maestría, Maestría en Tecnología de Alimentos, *Universidad Nacional Agraria La Molina*, Lima, Perú.
- Quispe Mendoza, S. M., Gutierrez Ramos, L. D. (2019). Extracción del colágeno a partir de los residuos de la trucha y determinación del rendimiento y su aplicación como gelatina. Teis de Pregrado, Escuela de Ingeniería Química, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Arequipa, Perú.
- Rodríguez, A., López, R., Ramírez, C., Andrade, J. (2017). Propuesta para extracción de



colágeno soluble en ácido (CSA) de escamas de tilapia del Nilo. *Coloquio de Investigación Multidisciplinaria*, 5(2), 1059–1066. <https://bit.ly/3PI76tf>

Romero-Santivañez, R., Pandia-Estrada, S., Solari-Godiño, A., Salas-Maldonado, A., & Pizardi-Díaz, C. (2023). Revalorización de la proteína colagénica de residuos de mahi-mahi (*Coryphaena hippurus*) mediante la extracción de gelatina de calidad superior. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 34(1), e22182. <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i1.22182>

Santos, G. T. dos. (2017). Filmes poliméricos biodegradáveis a partir de gelatina extraída da pele de tilápia-do-Nilo. Tesis de Maestría, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Suárez Monsalve, D. E. (2022). Elaboración de gelatina de colágeno a partir de las escamas resultantes del fileteo de la cachama (*Piaractus Brachypomus*) en el municipio La Esperanza Norte de Santander. Tesis de Pregrado, Producción Agroindustrial, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 1–82.

Tejada Periche, E. E., Fernández Jerí, Y., Salazar Salvatierra, M. E. (2020). Actividad antioxidante y antimicrobiana del hidrolizado de gelatina de pieles de *Sarda chiliensis chiliensis* “bonito”. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 86(3), 207–218. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v86i3.295>

Torres Ospina, C. D. (2022). Obtención de colágeno a partir de subproductos avícolas con potencial uso en la síntesis de materiales poliméricos para aplicaciones biomédicas. Trabajo de pregrado, Programa de Ingeniería Biomédica, Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/2107>

UNE-EN ISO 4833-2. (2014). Método horizontal para el recuento de microorganismos. Parte 2: Recuento de colonias a 30°C mediante la técnica de siembra en superficie. Modificación 1: Clarificación del objeto y campo de aplicación.

