

Cambios *post mortem* en la calidad de carne de peces amazónicos de las especies *Piaractus brachypomus*, *Arapaima gigas*, *Brycon amazonicus*, *Pseudoplatystoma punctifer* y *Colossoma macropomum*. Revisión bibliográfica

Postmortem changes in the meat quality of Amazonian fish of the species *Piaractus brachypomus*, *Arapaima gigas*, *Brycon amazonicus*, *Pseudoplatystoma punctifer*, *Colossoma macropomum*. Bibliographic review

Miguel Angel Enriquez Estrella¹ 

¹Universidad Estatal Amazónica, Riobamba–Ecuador ✉ menriquez@uea.edu.ec

Recibido: 03/03/2022 Aceptado: 30/03/2022

Resumen Este trabajo se realizó a partir de la revisión bibliográfica de documentos publicados, sobre la influencia de los cambios *post mortem* de cinco especies de peces amazónicos, *Piaractus brachypomus*, *Arapaima gigas*, *Brycon amazonicus*, *Pseudoplatystoma punctifer* y *Colossoma macropomum* en la calidad de la carne. El objetivo se centró en revisar aquellos artículos que presentan información sobre los cambios físicos, químicos y microbiológicos que suceden en la carne y algunos métodos de conservación que existen. Se seleccionó un total de 33 artículos, de los cuales 18 son en inglés, 5 en portugués y 10 en español. Los resultados obtenidos destacan la importancia del frío en la conservación de las especies, así como el manejo de atmósferas modificadas que regulan la degradación que se genera por el cambio *post mortem*. En conclusión, el sacrificio, el manejo y la conservación tienen mucho efecto en la calidad del producto.

Palabras clave: métodos de conservación, zonas tropicales, biodiversidad, peces, Amazonas.

Abstract This work is based on a bibliographic postmortem changes of 5 species of Amazonian fish, *Piaractus brachypomus*, *Arapaima gigas*, *Brycon amazonicus*, *Pseudoplatystoma punctifer* and *Colossoma macropomu*, and how these influence the quality of the meat. The objective has focused on those articles that present information on the physical, chemical and microbiological changes that occur in meat and some existing conservation methods. A total of 33 articles have been selected, of which 18 are in English, 5 in Portuguese and 10 in Spanish. The results obtained highlight the importance of the cold in the conservation of the species, as well as the management of modified atmospheres that regulate the degradation that is generated by the postmortem change, in conclusion, the slaughter, handling and preservation have a great effect on the quality of the product.

Keywords: conservation methods, tropical zones, biodiversity, fish, Amazonas.

Introducción

El caudal del Amazonas proviene de tres unidades básicas: La Cordillera de los Andes, el Escudo Brasileiro y el Escudo Guayanés. Las aguas que drenan cada una de estas unidades poseen características físicas y químicas muy distintivas, y han sido clasificadas en tres categorías por Sioli (1975): blancas, claras y negras. La cuenca amazónica es mucho más que el río Amazonas: es un complejo mosaico de aguas de diferentes características que recorren ríos, quebradas, várzeas y bosques inundados en íntima relación con el sistema terrestre; definido por Junk (1997) como Zona de Transición Acuática-Terrestre (ATTZ). En este sentido, las planicies de inundación del Amazonas pueden considerarse como una extensión geoquímica de los Andes y de su piedemonte dentro de un medio de características muy diferentes: la tierra firme (Sioli, 1984).

La cantidad de especies de peces de la cuenca amazónica es aún desconocida. Un cálculo conservador estima su número en unas 1.200 ± 200 (Géry, 1990), y otro demasiado optimista en 7.000 (Val y Almeida, 1995). Las especies de la cuenca no se distribuyen de manera homogénea como tiende a pensarse *a priori*, sino que lo hacen de acuerdo con los tipos de aguas descritos. De esta manera, puede hablarse de una ictiofauna típica de aguas negras (Goulding *et al.*, 1988), otra de claras y otra de blancas (Lowe-McConnell, 1987).

En la Amazonia existe una marcada preferencia a estudiar los grandes cauces y las especies de gran tamaño (Rodríguez, 1991; Barthem & Goulding, 1997; Araujo & Goulding, 1997), pero muy poco se conoce de los cauces pequeños selváticos y sus especies.

El río Amazonas, como sus lagunas asociadas y los ríos y arroyos selváticos que vierten allí directa o indirectamente, conforma un mosaico de ecosistemas acuáticos muy variado, intercomunicados entre sí y con al menos tres tipos diferentes de aguas: blancas en el propio río y sus lagunas, negras y mixtas en los arroyos selváticos (Duque *et al.*, 1997). La distribución espacial de los peces responde, en esencia, a las características limnológicas regionales y a la disponibilidad de alimento.

Se ha encontrado una alta riqueza de especies en los arroyos selváticos, pero con una marcada tendencia hacia el predominio de aquellas de tamaños menores a 10 cm de longitud, y que parecen depender del abastecimiento de alimento alóctono (Arbeláez, 2000; Prieto, 2000; Castellanos, 2002; Gutiérrez, 2003). Por el contrario, aunque también el río Amazonas y su plano de inundación mantienen una elevada riqueza de especies, parece existir allí un predominio de las que presentan tallas superiores a los 15 cm de longitud y con una alta dependencia de alimento de origen autóctono (Vejarano, 2000; Santos, 2000; Arce y Sánchez, 2002).

Los siguientes autores determinan los diferentes resultados de investigaciones de peces de agua dulce amazónicos: Arbeláez (2000), Prieto (2000), Vejarano (2000), Santos (2000), Arce y Sánchez (2002), Castellanos (2002), Gutiérrez (2003) y Arroyave (2005). En menor proporción, corresponde a las colecciones depositadas por Ramírez (1986) provenientes del Parque Nacional Natural Amacayacu.

La Etnozoología, como rama de la Etnobiología, estudia el conocimiento local que las comunidades humanas tienen sobre la fauna de su entorno, incluye sus sistemas

de nomenclatura y clasificación (Santos-Fita *et al.*, 2009). Actualmente, las clasificaciones etnotaxonómicas han cobrado mayor relevancia para la conservación biológica, al revelar el conocimiento mediante el cual las sociedades indígenas organizan y manejan la biodiversidad (Retana, 2004). Además, son una rica fuente de información pormenorizada sobre la biología, ecología y etología de la fauna silvestre (Mourão *et al.*, 2006). Particularmente, han sido los pueblos indígenas asentados a orillas de los grandes tributarios amazónicos, por su marcada dependencia hacia los recursos hidrobiológicos, quienes han generado a través del tiempo un amplio conocimiento sobre estos aspectos.

Este conocimiento etnobiológico de clasificación de la ictiofauna se transforma, entonces, en un recurso importante, equivalente al conocimiento académico de sistemática, que incluye familias, géneros y, especie morfológica. Esta, es entendida como un conjunto de individuos morfológicamente similares asociados entre sí por una distribución geográfica definida y separados de otros conjuntos por discontinuidades morfológicas (Llorente y Michán, 2000) y especie biológica, como la unidad básica de clasificación de individuos que pueden reproducirse entre sí y dar una descendencia fértil.

Lo anterior, es usado y enriquecido a diario por los pescadores en sus actividades y debería ser más incorporado en la planificación, manejo y la conservación de la ictiofauna y de las pesquerías (Costa y Marques, 2000; Seixas y Begossi, 2001; Silvano y Begossi, 2002). Este es el caso del Pueblo Ancestral kichwa de Pastaza, ubicado en la Amazonía central ecuatoriana, cuya vida está estrechamente ligada a la fauna lacustre, donde los peces

son la principal fuente para su subsistencia familiar y economía (Sirén, 2011; Guarderas y Jácome-Negrete, 2013). Para estas familias, especialmente las lagunas remanentes, adquieren trascendental importancia por su alta riqueza hidrobiológica como soporte de la subsistencia familiar, y por su condición de santuarios ancestrales sagrados, desde la concepción local (Jácome, 2005).

Los ríos tropicales de Sudamérica, caracterizados por su selva tropical húmeda y densa, con sus sistemas hídricos afluentes al río Amazonas, el más largo y caudaloso del planeta, que posee los bosques más ricos en biodiversidad conocidos por la humanidad y albergan peces que se constituyen como una oportunidad comercial para los pueblos amazónicos. Se estima que a nivel amazónico existen entre 2500 a 3000 especies de peces según Salas y Barriga (2004) y Barriga (2011) establecen que la región Oriental incluye la Alta Amazonía, con cuatro zonas y 125 especies. La Baja Amazonía se divide en dos zonas, con 680 especies.

La primera lista de peces del Ecuador se debe a Ovchynnyck (1967), quien publicó registros de 295 especies. La segunda publicada por el mismo autor, reúne 306. Estas, se basaron en las colecciones de la Escuela Politécnica Nacional (EPN) y el autor contó con la orientación del Profesor Gustavo Orcés y la tercera fue elaborada por Barriga (1991), se basó en los estudios de la sistemática y ecología distribucional de los peces de las principales cuencas hidrográficas del Ecuador, registrándose 706. Este trabajo incrementó 400 registros al listado de la ictiofauna conocida para el Ecuador; incluye principalmente los resultados de los estudios del nororiente y noroccidente del país.

En los últimos años, se han realizado descripciones de especies nuevas y revisiones de varios géneros de los peces neotropicales, en los que se incluyen las que habitan en el Ecuador (Vari, 1989; Vari *et al.*, 2005; Albert y Crampton, 2003; Armbruster, 2003a, 2003b; Lasso *et al.*, 2003; Reis *et al.* 2003; Bockmann y Guazzelli 2003; Maldonado-Ocampo *et al.*, 2008; Lujan *et al.*, 2010; Ortega *et al.*, 2011).

Según Burgos (2018), el recurso pesquero de la Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno (RPF Cuyabeno), destaca una altísima biodiversidad íctica con 273 registros en el río Aguarico y 307 en el Lagartococha, ambos dentro de la cuenca del Napo, siendo la mayor riqueza acuática del corredor Trinacional La Paya–Cuyabeno–Güepí.

Así, entre estos dos lugares está aproximadamente el 48% de la diversidad piscícola del Ecuador, con 951 especies continentales documentadas para el 2012 a nivel nacional; estos datos se sustentan el incremento de los esfuerzos de investigación, para el uso, manejo y conservación de esta concentración inusual de ictiofauna. Entre la información recabada, se reportan capturas de *Arapaima gigas* (paiche o pirarucú), especie de gran importancia en la cuenca amazónica.

La producción pesquera ha aumentado en los últimos años, principalmente aquella proveniente de la acuicultura, por lo que existe una búsqueda constante para mejorar el aprovechamiento y manejo de especies, con el fin de minimizar las mermas propiciadas por la pérdida de calidad de los productos. Aunado al hecho de que hay un incremento en la demanda de estos, sobre todo de pescado como filetes (Hernández *et al.*, 2009; Hong *et al.*, 2012). Por lo que se hace necesario garantizar su frescura, por tanto, lleva a la industria a la

búsqueda del mejoramiento de las condiciones del proceso para su obtención con alta calidad y con un grado de frescura aceptable para el consumidor, que asegure la estabilidad de los compuestos funcionales y biofuncionales (Judge *et al.*, 2007; Tahergorabi *et al.*, 2012).

Aunque los peces no son el único recurso hidrobiológico aprovechado a nivel mundial, son los más importantes a nivel socioeconómico y alimentario en las zonas rurales de las regiones costaneras y ríos amazónicos, esta cuenca es la más extensa del continente sudamericano, con 7 millones de kilómetros cuadrados (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2018).

Los peces son un grupo importante por su abundancia y diversidad, también, son fuente de proteína para las poblaciones. Según los antecedentes y crónicas de la época de la colonización española, los indígenas entrenaban a sus hijos desde edades tempranas en el arte de la pesca, para transferir el conocimiento sobre el comportamiento de las diferentes especies y las épocas de migración, esta actividad la realizaban con arpones, flechas y también por envenenamiento de las aguas por medio del barbasco y otros elementos vegetales, especies como la *Gamitana colossoma*, *macropomum*, *el paco* *Piaractus brachypomus* y *el Arapaima gigas*, eran las preferidas en el intercambio de productos, que eran despachados hacia Europa, vía marítima (San Román, 1994).

En 2018, la acuicultura continental produjo 51,3 millones de toneladas de animales acuáticos, lo que equivale al 62,5% de la producción mundial de pescado comestible cultivado, en comparación con el 57,9% en 2000. La maricultura y la acuicultura costera

produjeron en conjunto 30,8 millones de toneladas en 2018. A pesar de los avances tecnológicos en la acuicultura de peces de aleta marinos, la acuicultura marina y costera produce actualmente muchos más moluscos que peces de aleta y crustáceos (FAO, 2018). La Amazonía se destaca primero en la producción extractiva de agua dulce, con el 28,0% del total producido en Brasil, pero la contribución a la acuicultura es pequeña, en 2000 se producen 837 toneladas (Ministerio del Medio Ambiente del Brasil *et al.*, 2003).

La participación del tambaquí (*Colossoma macropomum*) en la producción total de pescado ha disminuido a lo largo de los años, del 10,8% en 1994 al 6,3% en 1997, a pesar de ser una especie autóctona, que despierta la preferencia de los consumidores y alcanza un excelente valor de mercado. El tambaquí es una de las especies que más despierta el interés para la piscicultura en Brasil (Graef, 1995).

El *Piaractus brachypomus*, también conocido como paco o cachama blanca, en Colombia y Venezuela, en Bolivia como tambaquí y en Brasil como pirapitinga, es una especie de cuerpo profundo y comprimido, aletas adiposas usualmente ausentes en los adultos, en edades medias su color es plateado con una mancha en el centro del cuerpo, son omnívoros, con una tendencia herbívora.

El *Arapaima gigas*, conocido como paiche en Perú, Ecuador y Colombia, pirarucú en Brasil y arapaima en Guyana. Es un pez de gran tamaño, su longitud puede llegar hasta los 3 metros y su peso máximo 250 kg, su estructura es alargada y cilíndrica, con la cabeza achatada en relación con su cuerpo. Habita en ecosistemas lénticos, preferencialmente en aguas negras, esta especie no realiza migraciones durante el periodo de aguas altas

hasta el bosque inundado.

El *Brycon amazonicus*, sábalo de cola roja en Perú, sabaleta en Colombia, jatuarana en Brasil, y yaturana matrinchán en Bolivia, es un pez robusto de coloración plateada con la región dorsal más oscura, y rojizo en la parte superior de la cabeza, omnívoro, que se alimenta básicamente de semillas, frutos y artrópodos.

El *Pseudoplatystoma punctifer*, conocido como doncella en Perú, pintadillo rayado en Colombia, surubí en Bolivia y bagre pintado en Brasil, es un pez con cuerpo alargado, cabeza deprimida, con coloración gris en el dorso y blanco en el vientre, la mandíbula superior se proyecta levemente sobre la inferior. Es una especie piscívora, consume principalmente carácidos de tallas menores, realizan 2 periodos migratorios, en verano para alimentarse y en invierno para reproducirse.

El *Colossoma macropomum*, gamitana en Perú, tambaquí en Brasil, cachama negra en Colombia y Venezuela pacú en Bolivia y paco en Ecuador, es un pez de cuerpo romboidal, cabeza grande, robusto y de gran tamaño, con aletas adiposas cortas y radios osificados, son omnívoros se alimentan de larvas y zooplancton también consumen frutos, semillas y hojas, son una especie común en bosques inundables.

Ahora bien, el deterioro de la carne de pescado tiene 4 etapas: *rigor mortis*, resolución de rigor, autólisis (pérdida de frescura) y el deterioro bacteriano. Estas, dependen de la conservación de la especie después del faenamiento de acuerdo con factores como el estado fisiológico, la contaminación microbiana y la temperatura (*Alasalvar et al.*,

2001, 2002). Los procesos autolíticos, se llevan a cabo mediante enzimas endógenas presentes en el músculo mientras se deteriora, causado por el crecimiento bacteriano. Otro factor predominante son las condiciones de manipulación y procesamiento (Ocaño *et al.*, 2006). Para extender la vida útil de estas especies, se utilizan métodos de conservación como el ahumado, salado y congelación que permiten mantener la calidad del producto y darle un valor agregado (Enríquez, 2018).

El objetivo de esta revisión bibliográfica es documentar los cambios *post mortem* en la calidad de los peces amazónicos de 5 especies, *Piaractus brachypomus*, *Arapaima gigas*, *Brycon amazonicus*, *Pseudoplatystoma punctifer* y *Colossoma macropomum*.

Metodología

Esta revisión bibliográfica presenta un enfoque documental no experimental, y se ajusta a la recopilación de información a través de la lectura analítica de documentos y materiales bibliográficos relacionados a los cambios *post mortem* en la calidad de carne de los peces amazónicos. La investigación es cualitativa con un alcance descriptivo, ya que detalla los parámetros requeridos en los productos (peces).

El método empleado es de tipo exploratorio de orden secundario, ya que se realizó una búsqueda minuciosa de información bibliográfica de documentos obtenidos en bases científicas como: Scopus, Springer, Scielo, Google Scholar, Researchgate y tesis de pregrado, maestría y doctorado. Para cumplir con los objetivos de la investigación, se desarrolló una lectura crítica de los principales

documentos bibliográficos seleccionados, los cuales, posteriormente, se clasificaron y separaron de acuerdo con la información que sustente el trabajo.

Resultados y discusión

La firmeza es un factor muy importante para evaluar la calidad de la carne de pescado, fundamental al momento de comercializarla. Algunos estudios demuestran que, con cierta frecuencia, la carne de pescado se ablanda después de 24 horas de almacenamiento en frío (Toyohara & Shimizu, 1988; Mochizuki y Sato, 1996). Demuestran que los cambios ocurridos en relación con las propiedades físicas de la carne de los peces, conocidos generalmente como ablandamiento de la carne durante el almacenamiento, son más causados por cambios en las estructuras del tejido muscular que en los componentes de las proteínas (Hatae *et al.*, 1985).

El deterioro del pescado es un proceso complejo que involucra mecanismos tanto químicos y físicos, como microbiológicos (Hong *et al.*, 2012), de manera que, es necesario evaluar el impacto de cada uno de estos en el filete de pescado durante su refrigeración mediante hielo. Una vez que el organismo muere, se presentan las siguientes fases: pre-rigor, *rigor mortis*, finalización del rigor, autólisis y desarrollo bacteriano.

Cambios bioquímicos del músculo

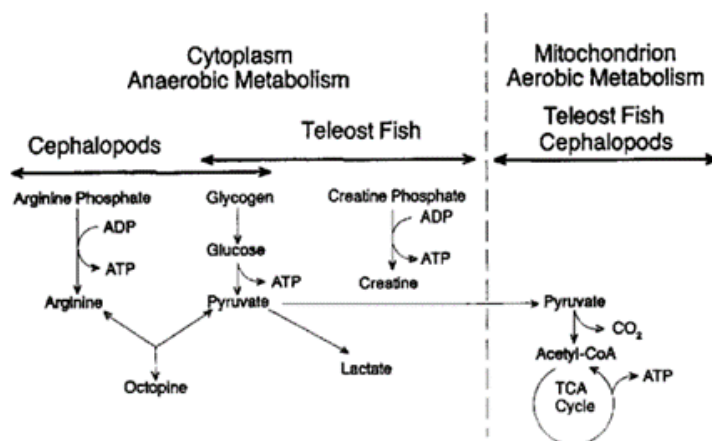
Cambios en fosfatos orgánicos: podemos observar los procesos del ciclo de Krebs.

- La ATP proporciona energía química a diversos procesos celulares.

- Se genera la síntesis de ATP: glucólisis y fosforilación oxidativa (solo si hay aporte de O_2).
- Se genera el consumo de ATP, contrayendo el musculo (ATPasa Miosina) y la Ca-ATPasa de la membrana responsable de la relajación muscular.

Cambios en carbohidratos y fosfágenos:

- Glucólisis anaerobia, degradación del glucógeno muscular, degradación de fosfágenos y la producción de ATP mediante la actividad creatina cinasa, según se detalla en la Figura 1.



Figura

1

Metabolismo anaeróbico-anaeróbico

Nota. Elaboración propia.

Descenso del pH:

- Degradación del glucógeno.
- Por el factor del estado nutricional del recurso (pez), la baja del pH afecta de manera negativa a las cualidades del pescado e influye en la rapidez con la que se alcanza el rigor, según se detalla en la Figura 2.

Instauración del rigor (estrés):

El estrés previo a la muerte determina la rapidez con la que se alcanza el rigor o los tratamientos que prolonguen el estado de pre-rigor retardan la pérdida de calidad e incrementan la vida útil del producto.

Duración del rigor:

Es importante en la conservación del pescado. Durante esta fase se bloquea la permeabilidad de las membranas, y los procesos enzimáticos o bacterianos se ralentizan.

Índice de rigor y degradación del ATP

En el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre el Índice de Rigor, las tasas más aceleradas de contracción muscular se presentaron en los pescados almacenados a $0^{\circ}C$, los cuales alcanzaron el estado de máximo rigor (100% de IR) 2 horas después del almacenamiento a esta temperatura. Por el contrario, a $10^{\circ}C$, el estado de máximo rigor se alcanzó después de 10 horas de almacenamiento, mientras que a $27 \pm 3^{\circ}C$,

el *rigor mortis* se desarrolló lentamente y el valor máximo fue de 82,7%, alcanzado después de 10 horas de almacenamiento. Los estudios morfológicos de la cachama blanca se han centrado en la descripción macro y microscópica del bazo (Herrera *et al.*, 1996), la descripción del tejido sanguíneo (Eslava *et al.*, 1995) y la organización general del sistema circulatorio (Pardo *et al.*, 1999).

En la evaluación genética aún no se ha puesto particular interés en aplicar mejoramiento genético, a pesar de que la especie ha demostrado tener condiciones zootécnicas importantes, como también limitaciones en el fileteado por EIMT. La contribución del contenido de colágeno a

las propiedades de textura en la carne de pescado ha sido estudiada por varios autores (Ando *et al.*, 1999). En este sentido, la carne de algunas especies de peces pierde textura después de algunos días de almacenamiento bajo refrigeración, y estudios histológicos muestran que el rápido ablandamiento de la carne de los peces es causado por la degradación de las fibras delgadas de colágeno (Ando, 1997, Suárez *et al.*, 2009).

Con estos antecedentes se presentan los diferentes cambios *post mortem* de las especies amazónicas.

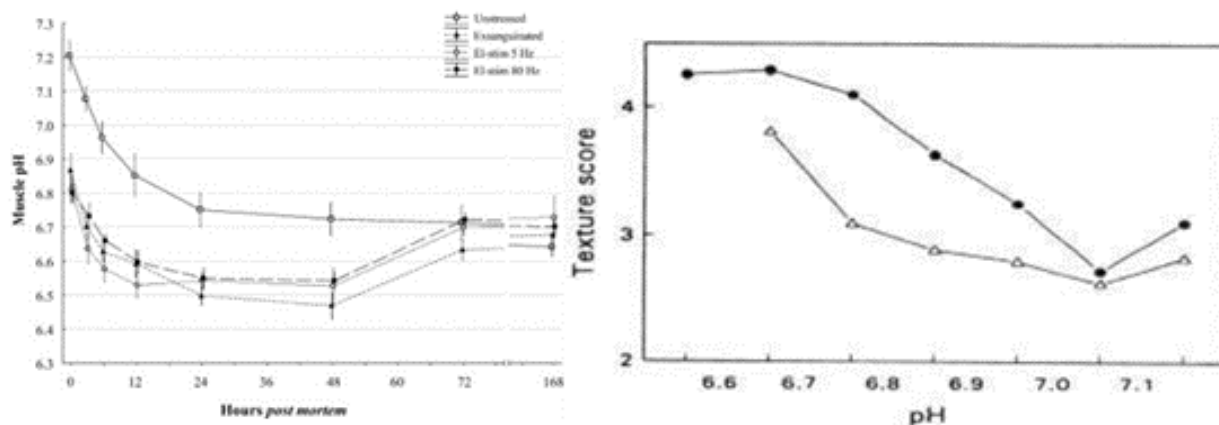


Figura 2

Cambio de pH en los cambios *post mortem*

Nota. Elaboración propia.

Piaractus brachypomus



Figura 3

Piaractus brachypomus

Nota. Elaboración propia.

Entre las especies destacadas, en la región, se encuentra la Pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), teleósteo de agua dulce, de la familia *Characidae*, originaria de la Amazonía, y de gran importancia para la piscicultura brasileña (Figura 3). Es una especie rústica de rápido crecimiento. Además de lograr un

Arapaima gigas



Figura 4

Paiche

Nota. Elaboración propia.

Arapaima gigas (Figura 4), llamado en Brasil pirarucú y paiche en Perú, es considerado uno de los peces más grandes de agua dulce. Goulding (1980) cita que es común la existencia de ejemplares de 125 kg de peso. Llega a alcanzar un peso máximo cercano a 200 kg y 2-3 metros de longitud (Saint-Paul, 1986). En el Amazonas, son capturados por la pesca comercial, individuos con peso que van de 30 a 40 kg, cuya carne tiene un ingreso promedio en alrededor del 57%. El pirarucú (*Arapaima gigas*), por su gran tamaño, es el pez más famoso y emblemático de la ictiofauna amazónica, representa un papel histórico en la pesca y el desarrollo de la situación socioeconómica de la región.

Es endémico, único en la región, que se encuentra en las aguas de zonas tranquilas del río Amazonas y sus afluentes, así como en la vasta llanura aluvial e *igapó* vinculado a ella (Bard & Imiriba, 1986; Imbiriba, 2001). Es la especie más prometedora para el desarrollo de la piscicultura intensiva en la región amazónica, ya que tiene una alta tasa de crecimiento, alcanzando de 7 a 10 kg en el primer año de vida (Imbiriba, 2001; Pereira-

excelente valor de mercado, despierta el interés nacional (Ribeiro *et al.*, 2016). Las branquias se encuentran en la cavidad orofaríngea, en estas se observan las laminillas primarias, por encima y por debajo del eje longitudinal de estas se ubican las secundarias.

Filho *et al.*, 2002; Ono *et al.*, 2004). El paiche se encuentra en toda la cuenca del Amazonas y también otros ríos desde Guyana hasta Bahía en el Brasil. En el Perú se encuentra en las cuencas bajas de los ríos Napo, Putumayo, Marañón, Pastaza y Ucayali, con abundancia en la Reserva Nacional Pacaya-Samiria (Rebaza *et al.*, 1999).

Salas y Barriga (2004), realizaron un estudio sobre los aspectos bioquímicos y cambios *post mortem* en el filete de paiche. Al evaluar la vida útil de la especie en filetes almacenados en hielo se encontraron rangos de valor K que pueden utilizarse como índices de calidad, a diferencia de las pruebas BVN y pH, que no demuestran ser indicadores adecuados. Según de Oliveira *et al.* (2014), se midió los cambios sensoriales, físico-químicos y microbiológicos que ocurrieron en muestras almacenadas a $(2 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C})$. Los resultados mostraron que la vida útil para el consumo, según la evaluación sensorial, fue de $27 \pm 0,5$ días en hielo. a 10 (UFC/g) y los índices de pH y N-BVT no presentaron valores altos durante todo el período de almacenamiento. El rendimiento promedio obtenido para el filete

de paiche, sin piel y sin escamas, fue del 41,41%, este puede ser considerado tecnológicamente idóneo. El rendimiento está de acuerdo con los datos reportados para filetes de paiche analizado por Días (1983) e Imbiriba (2001).

En relación con la homogeneidad de las muestras, se observó que el coeficiente de variación, tanto en longitud el peso promedio total, como el peso total promedio, fue menor al 10%, mostrando una baja dispersión de datos. Según Casp y Jose (2003), existen diversos

Brycon amazonicus



Figura 5

Brycon amazonicus

Nota. Elaboración propia.

Brycon amazonicus (Figura 5) pertenece al género *Brycon*, conformado por especies (más de 40) acuícolas (Howes, 1982). Es nativa y la que más se ha investigado Cruz *et al.* (2000). Sin embargo, sí la industria piscícola desea desarrollar una producción intensiva de este pez, debe afrontar varios desafíos. Sin duda alguna, el más grande es el del rápido ablandamiento de su carne cuando esta es sometida a congelación.

No se sabe con certeza, cuáles son los factores, ni cómo se dan los mecanismos (Ladrat *et al.*, 2003). Se cree que este cambio en la carne puede ser producto tanto de la degradación de las proteínas miofibrilares (15) como del tejido conectivo intramuscular (Ofstad *et al.*, 2006), debido a la acción enzimática que se presenta durante el periodo *post-mortem* (Verrez-Bagnis *et al.*, 1999; Caballero *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2011; St-Hilaire *et al.*, 1997), que puede variar su

métodos para conservar alimentos, los más comunes para el pescado son la deshidratación, el uso de agentes químicos y la congelación. Rodríguez (1991), refiere que usando el sistema AMD (Accelerated Mechanical Drying) el pescado salado tiene un valor NPU (Net Protein Utilization Standardized) de 96% cuando es secado a una temperatura máxima de 100°C, comprado con el valor NPU de 87% cuando es secado a 115°C. Cuando el pescado es medianamente secado (10.8% de NaCl) o fuertemente salado (28.9% de NaCl) el valor de NPU es de 94% o 90% respectivamente, después del secado a 12°C.

intensidad según la especie y el origen de los peces (Ang y Haard, 1983; Sigholt *et al.*, 1997), su manejo pre-sacrificio (Fletcher *et al.*, 1997), y el sistema de sacrificio.

Enríquez (2018) evaluó la adición de sorbitol al músculo del yamú, a temperaturas entre 2 y -18°C. Como resultado las propiedades fisicoquímicas evaluadas en la carne, se vieron afectadas principalmente por la interacción entre la temperatura y el tiempo de almacenamiento. Las proteínas miofibrilares sufrieron una degradación parcial y se evidenciaron cambios en el tejido conectivo, relacionados con la pérdida de textura, especialmente cuando la carne no fue tratada con sorbitol a temperatura de congelación (-18 ± 2 °C). Viana *et al.* (2018) en un estudio de atmosferas modificadas para alargar el tiempo de vida útil y la calidad de la especie por debajo de 2 ± 1 ° C, determinan que las muestras envasadas al vacío mostraron un mayor

crecimiento microbiano, pero mantuvieron una buena calidad durante aproximadamente 17 días de almacenamiento. Las muestras tratadas con AMI CO₂ / N₂ (60/40%) y CO₂ (100%), mostraron buena calidad durante unos 35 días.

La carne del pez Yamú, una vez sacrificado y sometido a congelación, presenta un problema al que deben enfrentarse los productores y comercializadores. Este radica en el rápido ablandamiento que sufre la carne al conservarse a bajas temperaturas. No se sabe con certeza cuales son los factores, ni cómo se dan los mecanismos que la afectan. No obstante, algunos autores sugieren que la pérdida de textura es ocasionada por la acción de proteasas sobre proteínas miofibrilares (Verrez-Bagnis *et al.*, 1999), en especial catepsinas, calpaínas y enzimas hidrolíticas como elastasas y colagenasas.

Aunque ha sido reconocido que el efecto de las proteasas es posterior e independiente a la pérdida inicial de textura en algunos peces sometidos a refrigeración (Ladrat *et al.*, 2003; Shigemura *et al.*, 2003). El objetivo de este trabajo consistió en evaluar las variaciones en el perfil de proteínas miofibrilares de la carne de Yamú, tras haber sido almacenado en frío. Las propiedades texturales dependen de la composición química y de las propiedades estructurales, en particular de las miofibrillas y proteínas del tejido conectivo, forma una red que proporciona soporte corporal a través de la musculatura de los peces y su contenido es bajo y mejor distribuido en el músculo de los peces, comparado con animales de sangre caliente. A través de este se incrementa la firmeza a lo largo del eje anteroposterior del filete (Kiessling *et al.*, 2006).

que los efectos sobre la textura pueden considerarse como una manifestación de las propiedades funcionales y reológicas, donde la carne de pescado difiere de la carne de bovino porque contiene menos tejido conectivo y los enlaces cruzados formados entre las moléculas de colágeno son más débiles, resultando en una estructura más blanda (Ashie *et al.*, 1996).

La distribución de la fibra muscular ha sido relacionada por varios autores con la afectación de la textura en la carne de pescado. La comparación entre los cortes histológicos a lo largo del periodo de almacenamiento muestra incremento del área entre las fibras musculares mientras disminuye la firmeza en la prueba instrumental. Similares resultados también fueron reportados para carne cocinada de pescado (Hurling *et al.*, 1996). Diversos estudios muestran una disminución en la firmeza de la carne al incrementar el tamaño aparente de las fibras o la disminución óptica de las mismas (Johnston, 2000; Bugeon *et al.*, 2003).

De otra parte, algunos estudios realizados en salmón del atlántico y bacalao no concuerdan con estas observaciones, posiblemente esta discrepancia podría estar relacionada al hecho de que la textura varía como un factor sobre la localización rostro-caudal del filete (Bjørnevik *et al.*, 2003). La apariencia del color de la carne de pescado es una propiedad muy importante en la industria de alimentos. En salmónidos, el color rojo de la carne es de particular importancia y para peces de carne blanca, debe estar suavemente manifiesto. Es aceptado que percibir cambios en el color de la carne puede ser causado por una reflexión alterada, debido a cambios en las propiedades de la superficie por alteración de las fibras. Resultados de estudios difieren y no es posible verificar esta hipótesis. Espe *et al.*,

También es necesario tener en cuentaar

(2004) reportan una posible relación entre la puntuación de color y la densidad de la fibra muscular en salmón del atlántico, mientras que ninguna relación fue encontrada para otros peces (Fenema, 1993).

El colágeno es un grupo de moléculas similares, sin embargo, sus componentes aún no han sido completamente identificados (Masniyom *et al.*, 2005). En algunos casos, las cadenas de péptidos que constituyen el colágeno están unidas mediante enlaces covalentes cruzados. En los mamíferos, con el pasar de los años, los enlaces cruzados de colágeno cambian de una forma reducible a otra no reducible más estable.

Una de las especies más conocidas de bagres gigantes es la doncella *Pseudoplatystoma punctifer* (Figura 6), la cual se encuentra ampliamente distribuida en la cuenca amazónica (Goulding *et al.*, 1996). Es un bagre de hábitos piscívoros (Barbarino & Winemiller, 2003), de carne muy apreciada en los mercados

Pseudoplatystoma punctifer



Figura 6

Bagre

Nota. Elaboración propia.

Colossoma macropomum



Figura 7

Cachama

Nota. Elaboración propia.

locales de la Amazonía peruana debido a la ausencia de espinas intramusculares y por el tamaño que alcanza.

A temperatura ambiente, los cambios de composición de los gases en la atmosfera de almacenamiento del bagre afectan fuertemente a los procesos biológicos y los cambios bioquímicos, químicos y microbiológicos. El O_2 descende, consumiendo totalmente los microorganismos de la actividad metabólica microbiana, esto sucede cuando se crean ambientes donde el acceso al oxígeno es restringido.

Este resultado identificado coincide con los estudios realizados por Reddy *et al.* (1994) en filetes de tilapia, y por Fletcher *et al.* (1997) en de Salmón Rey, donde los niveles de O_2 descendieron hasta valores cercanos a cero (0%). En el espacio de cabeza de los empaques contentivos de las mezclas de gases CO_2/N_2 se observó un comportamiento similar de decrecimiento lineal en la concentración de CO_2 .

Los peces dulceacuícolas, tanto en condiciones naturales como de cultivo, son susceptibles al ataque e invasión de agentes virales, bacterianos, micóticos y parasitarios, conocidos como patógenos facultativos, que ingresan a las instalaciones de cultivo, y conviven con los peces sin ocasionarles daño, ya que son reducidos por las defensas del organismo sin presentar manifestaciones clínicas de la enfermedad. Sin embargo, si las condiciones se tornan desfavorables para los peces, pueden bajar sus defensas naturales y el organismo atacante invade desmedidamente al hospedero, comportándose como un patógeno y ocasionando altas tasas de mortalidades en las piscifactorías.

De manera general, se conoce que los pescados continentales tropicales presentan un comportamiento diferente a la mayor parte de las especies marinas, principalmente por alcanzar una rápida rigidez a temperaturas de refrigeración, fenómeno conocido como *cold shock* (Curran *et al.*, 1986; Almeida *et al.*, 2005; Batista *et al.*, 2004). Se evaluó la influencia de la temperatura sobre los cambios *post mortem* de la cachama, el desarrollo de *rigor mortis* (IR), concentración de adenosina trifosfato (ATP), adenosina difosfato (ADP), adenosina monofosfato (AMP), inosina monofosfato (IMP), inosina (HxR), hipoxantina (Hx) por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) e índice de frescura (valor K).

En los pescados almacenados a 0°C, se presentó una contracción violenta, con valores de IR máximo de 100% en 2 horas, mientras que a 10°C la máxima contracción se presentó después de 10 horas y a 27,3°C el máximo valor de IR fue de 82,97% después de 24 horas. La tasa de hidrólisis de ATP fue mayor durante las primeras 24 horas en los pescados almacenados a 10°C. El bajo contenido de grasa presentado por híbridos de cachama

cultivados, al contrario de lo observado por Ng (1983), pudo estar relacionado con su edad, ya que los ejemplares utilizados en la investigación fueron pequeños, aun cuando su talla y peso estaban dentro del tamaño comercial (300–500 g de peso corporal).

El alto contenido en proteína y bajo contenido en grasa puede clasificar a estos ejemplares como pescado de grado A, de acuerdo con la clasificación propuesta por Mendes *et al.* (2017) que realiza un estudio sobre la comparación de la calidad de los tambiquis (*Colossoma macropomum*) sacrificados por asfixia, el método tradicional y la hipotermia, donde contenido de bases nitrogenadas volátiles totales (TVB-N) y el pH eran más altos en los peces muertos por asfixia. El análisis sensorial indicó que la calidad del pescado sacrificado inmediatamente después del transporte fue menor que la del pescado al que se le permitió recuperarse del estrés previo al sacrificio. Los peces sacrificados inmediatamente después del transporte muestran menor calidad. En relación con los indicadores de estrés (cortisol plasmático, glucosa, proteínas, sodio, cloruro y potasio) y el desarrollo del *rigor mortis*.

La frescura del tanbaquí en hielo durante 30 días y el control del pescado en el almacenamiento mediante la evaluación sensorial del método índice de calidad (QIM), un método basado en la determinación de atributos característicos (piel, ojos, branquias, etc.) seleccionados para cada especie o producto en particular. La pérdida de la frescura ocurre, en una primera etapa, por la acción de enzimas endógenas presentes en las vísceras y músculos (autólisis) y posteriormente por el desarrollo de microorganismos deteriorantes (Haard, 1992; Huss, 1998). La velocidad en que proceden ambas etapas depende de la especie, del método de captura, de la manipulación

y particularmente de la conservación post-captura.

Numerosos métodos han sido propuestos para evaluar la frescura de las especies pesqueras. Dentro de estos, la evaluación sensorial es el procedimiento más utilizado en las inspecciones diarias de puertos y mercados, durante el procesamiento y por los consumidores. El Índice de Calidad (QI) genera un incremento lineal, que va desde 0 (máxima frescura) a 34 (pérdida total de frescura), con una fuerte correlación con el tiempo de almacenamiento.

Conclusiones

El rigor es un proceso no del todo comprendido, pero siempre ocasiona el reblandecimiento (relajación) posterior del tejido muscular y está relacionado con la activación de una o más enzimas musculares presentes en el pescado que digieren ciertos componentes del complejo *rigor mortis*. El reblandecimiento del músculo durante la resolución del rigor (y eventualmente el proceso de deterioro) coincidió con los cambios autolíticos. De estos, el primero en ser reconocido en las 5 especies estudiadas, que se forma más o menos después de la muerte, fue la degradación de los compuestos relacionados con el ATP.

Asimismo, la degradación de nucleótidos es sólo coincidental con los cambios percibidos en la frescura, y no está necesariamente relacionada con su deterioro, considerándose que sólo la hipoxantina tiene un efecto directo en el sabor amargo percibido en el pescado deteriorado. Uno de los factores en el manejo de la calidad de la carne de pescado es el método de conservación que se aplica a la especie. En los 5 casos estudiados, se utiliza la refrigeración

y congelación en un rango de temperatura que oscila entre los 2° hasta los -18°C. Los cambios *post mortem* también tienen mucho que ver con la forma de sacrificar a las especies.

En la actualidad, la innovación en los métodos de conservación de los recursos hidrobiológicos, brinda la posibilidad de ofertar al consumidor un producto fresco y sin alteraciones en sus estructuras fisicoquímicas y microbiológicas. El manejo de atmósferas modificadas y la selección de envases son una oportunidad de manejo de la cadena de producción y almacenamiento por más tiempo de las especies, que les permite tener un valor agregado.

Referencias

- Alasalvar, C., Taylor, K., Ksuè, A., Garthwaite, T., Aléxis, M. & Grigorakis K. (2001). Freshness Assessment of Cultured Sea Bream (*Sparus aurata*) by Chemical, Physical and Sensory Methods. *Food Chem.* 72:3340.
- Alasalvar, C., Anthony, K.D. & Shahidi, F. (2002). Comparative Quality Assessment of Cultured and Wild Sea Bream (*Sparus aurata*) Stored in Ice. *J Agri Food Chem*, 50:20392045.
- Albert, J.S. & Crampton, W.G.R. (2003). Seven new species of the Neotropical electric fish *Gymnotus* (*Telesostei*, *Gymnotiformes*) with a redescription of *G. carapo* (Linnaeus). *Zootaxa* 287:1-54.
- Almeida, M., Batista, G., Kodaira, M., Val, L. & Lessi, E. (2005). Determinação do índice de rigor-mortis e sua relação com a degradação dos nucleótidos em tambaqui (*Colossoma macropomum*), de piscicultura e conservados em gelo. *Ciência Rural*, 35 (3): 698-704.
- Ando, M., Nishiyabu, A., Tsukamasa, Y. & Makinodan, Y. (1999). Postmortem softening of fish muscle during chilled storage as affected by bleeding. *J Food Sci*, 64 (3): 423-428.

- Ando, M. (1997). Softening Mechanism of Fish Meat. *Suisangaku Series*. Tokyo, Japan:Kouseisha Kouseikaku.
- Ang, J.F. & Haard, N.F. (1983). Chemical composition and postmortem changes in soft textured muscle from intensely feeding atlantic cod (*Gadius morhua*, l). *Journal of Food Biochemistry*, 9 (1):49-64
- Araujo-Lima, C. & Goulding, M. (1997). *So fruitful a fish. Ecology, conservation and aquaculture of the Amazon's tambaqui*. Columbia University Press, New York, 191 p.
- Arbeláez, F. (2000). *Estudio de la ecología de los peces de un caño de aguas negras amazónicas en los alrededores de Leticia*. [Tesis de pregrado, Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá].
- Arce, M. & Sánchez, P. (2002). *Estudio ecológico de la fauna íctica del río Amazonas en los alrededores de Leticia, Amazonia Colombiana*. [Tesis de pregrado, Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá].
- Armbruster, J.W. (2003a). The species of the *Hypostomus cochliodon* group (*Siluriformes: Loricariidae*). *Zootaxa* 249: 1-60.
- Armbruster, J.W. (2003b). *Peckoltia sabaji*, a new species from the Guyana Shield (*Siluriformes: Loricariidae*). *Zootaxa* 344: 1-12.
- Arroyave, J. A. (2005). *Estructura de la comunidad íctica de una quebrada de aguas negras amazónicas en el Parque Nacional Natural Amacayacu, Amazonas, Colombia*. [Tesis de pregrado, Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá].
- Ashie, N., Smith, P. & Simpson, K. (1996). Spoilage and shelf life extension of fresh fish and shell fish. *Food Sci Technol Res*, 36: 87-121.
- Barbarino, A. & Winemiller, K. O. (2003). Dietary segregation among large catfishes of the Apure and Arauca Rivers, Venezuela. *Journal of Fish Biology*, 63: 410-427
- Bard, J. & Imbiriba, E. P. (1986). *Piscicultura do pirarucu, Arapaima gigas*. Belém: Embrapa - CPATU. 17 p.
- Barriga, R. (1991). Los Peces de Agua dulce del Ecuador. *Rev. Politécnica, Biología*, XVI (3): 7-88.
- Barriga, S. (2011). Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. Instituto de Ciencias Biológicas. *Revista Politécnica*, 30 (3): 83-119. [https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5068/4/Peces%20agua%20dulce-intermareales%20Ecuador%202012Politecnica30\(3\).pdf](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5068/4/Peces%20agua%20dulce-intermareales%20Ecuador%202012Politecnica30(3).pdf)
- Batista, G., Lessi, E., Kodaira, M. & Falcao, P. (2004). Alteracoes bioquímicas post-mortem de matrinxá *Brycon cephalus* (Gunther, 1869) procedente da piscicultura, mantido em gelo. *Cien. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 24 (4): 573-581
- Barthem, R. & Goulding, M. (1997). *The Catfish Connection. Ecology, Migration, and Conservation of Amazon Predators*. Columbia University Press, New York
- Bjørnevik, M., Karlsen, Ø., Johnston, A., Kiessling, A. (2003). Effect of sustained exercise on white muscle structure and flesh quality in farmed cod. *Aquaculture*, 34: 55-64.
- Bockmann, F.A. & Guazzelli G.M. (2003). *Heptapteridae*. Pp. 406-431. en: Reis, R.E., Kullander, S.O. & Ferraris Jr., C.J. (Eds.), *Check list of the fresh water fishes of South and Central America*. EDIPUCRS, Porto Alegre, Brasil.
- Bugeon, J., Jefeve, F. & Fauconneau, B. (2003). Fillet texture and muscle structure in brown trout (*Salmo trutta*) subjected to longterm exercise. *Aquaculture Res*, 34: 1287-1295.
- Burgos, R. (2018). *Lineamientos a nivel comunitario para el uso y manejo sostenible de peces con énfasis en Arapaima gigas para la Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno. Proyecto IAPA - Visión Amazónica. Unión Europea, Redparques, WWF, FAO, UICN, ONU Medio Ambiente*. Bogotá, Colombia.

Caballero, M.J., Betancor, M., Escrig, J.C., Montero, D., Espinosa, de M. A. & Castro, P. (2009). Post mortem changes produced in the muscle of sea bream (*Sparus aurata*) during ice storage. *Aquaculture*, 291(3-4):210-6.

Castellanos, C. (2002). *Distribución especial de la comunidad de peces en una quebrada de aguas negras amazónicas, Leticia, Colombia*. [Tesis de pregrado, Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá].

Casp, A. & Jose, A. (2003). *Procesos de conservación de alimentos*. Editorial MundiPrensa.

Costa-Neto, E. y J. G. W. Marques. (2000). Etnoictológicos pescadores artesanales de Siribinha, municipio de Conde (Bahía): aspectos relacionados con a etológicos peixes. *Acta Scientiarum*, 22 (2): 553-560.

Cruz, C., Arias, C., Vásquez, T. & Eslava, M. (2000). Cultivo de la cachama y el yamú en los Llanos Orientales de Colombia. *Revista Colombiana de ciencia y tecnología*, 18 (10).

Curran, C., Poulten, R., Brueton, A., Jones, N. (1986). Cold shock reactions in iced tropical fish. *J. Food Tech*, 21: 288-299

Dias, A. F. (1983). *Salga e Secagem do Pirarucu, Arapaima gigas (CUVIER, 1929) Com a Aplicação de Coletores Solares*. [Dissertação (Mestrado em Biología de Água Doce e Pesca Interior)-Universidade Federal do Amazonas, Manaus].

Duque, S. R., Ruiz, J. E., Gómez J. & Roessler E. (1997). Limnología. En IGAC (Ed.). *Zonificación ambiental para el plan modelo Colombo – Brasileiro (Eje Apaporis – Tabatinga: PAT)*. Editorial Linotipia. Santafé de Bogotá: 71-134

Enríquez, M. Á. (2018). Atmósfera modificada en la conservación de carne de trucha arcoiris (*oncorhynchus mykiss*). *NOVASINERGIA. Revista Digital de Ciencia, Ingeniería y Tecnología*, 1(1).

Eslava, P.R., Hernández C.P. & Gómez LA. (1995). Hematología básica de la cachama blanca (*Piaractus brachyomus*). *Rev MVZ Unillanos*, 1. 3:5.

Espe, M., Ruohonen, K., Bjørnevik, M., Frøyland, I., Nortvedt, R. & Kiessling A. (2004). Interactions between ice storage time, collagen composition, gaping and textural properties in farmed salmon muscle harvested at different times of the year. *Aquaculture*, 204: 489-504.

Fenema, R. (1993). *Química de los alimentos*. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España.

Fletcher, G.C., Hallett, I.C., Jerrett, A.R. & Holland, A.J. (1997). Changes in the Fine Structure of the Myocommata-Muscle Fibre Junction Related to Gaping in Rested and Exercised Muscle from King Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *LWT - Food Science and Technology*, 30(3):246-52.

Géry, J. (1990). The fishes of Amazonia. En Sioli, H. (Ed.). *The Amazon: Limnology and landscape ecology of mighty tropical river and its basin. Monographiae Biologiae*, 56. Dr Junk Pub. Dordrecht, 763 p.

Goulding, M. (1980). *The Fishes and the Forest: explorations in Amazonian natural history*. Berkeley, University of California. 280p.

Graef, E.W. (1995). As espécies de peixes com potencial para criação no Amazonas. In: Val. A.L.; Honzary, A. (Eds) *Criando peixe na Amazônia*. Manaus: INPA: 29-43.

Guarderas, Lida e I. & Jácome-Negrete. (2013). *Curaray Causac Yacu Conocimiento y gestión territorial de los humedales del Pueblo Kichwa de la cuenca media y baja del río Curaray desde la visión del Sumac Allpa y del Sumac Causai*. Instituto Quichua de Biotecnología Sacha Supai. Dimensión Alternativa, Quito.

Gutiérrez, A. L. (2003). *Análisis de algunos aspectos tróficos y reproductivos de la comunidad de peces de un caño de aguas negras amazónicas en cercanías de Leticia (Amazonas, Colombia)*. [Tesis de pregrado, Biología Universidad Nacional de Colombia, Bogotá].

Haard, N.F. (1992). Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International* 25:289-307. [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(92\)90126-P](https://doi.org/10.1016/0963-9969(92)90126-P)

Hatae, K., Tamari, S., Miyayaga, K. & Matsumoto, J. (1985). Species Difference and Changes in the Physical

Properties of Fish Muscle as Freshness Decreases. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55. <https://doi.org/10.2331/suisan.51.1155>

Hernández, M.D., López, M.B., Álvarez, A., Ferrandini, E., García, B.G. & Garrido, M.D. (2009). Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. *Food Chemistry*, 114(1): 237-245. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.045>

Herrera, D.C, Eslava, P.E. & Iegui, C.A. (1996). Aspectos de anatomía macro y microscópica del bazo de cachama blanca (*Piaractus brachipomus*). *Rev ACOVEZ*, 21.16-21.

Hong, H., Luo, Y., Zhou, Z. & Shen, H. (2012). Effects of low concentration of salt and sucrose on the quality of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fillets stored at 4°C. *Food Chemistry*, 133(1): 102-107. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.002>

Howes, G. (1982). *Review of genus brycon*. Bulletin of the British Museum (Natural History): 43:336.

Hurling, R., Rodell, B. & Hunt, D. (1996). Fiber diameter and fish texture. *J Texture Stud*, 27: 679-685.

Huss, H.H. (1998). *El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, p. 202. <http://www.fao.org/3/v7180s/v7180s00.htm>

Imbiriba, E. P. (2001). *Crescimento e produção de pirarucu, Arapaima gigas, sob diferentes densidades de estocagem em associação com búfalos leiteiros*. Belém. [Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Pará].

Jácome, I. (2005). *Sumac Yacu – Introducción al conocimiento de los ecosistemas acuáticos y la diversidad, ecología, aprovechamiento y conservación de los peces de los territorios quichuas de Yana Yacu, Nina Amarun y Lorocachi*, Pastaza. Instituto Quichua de Biotecnología Sacha Supai. Ediciones AbyaYala, Quito.

Johnston, A., Alderson, R., Sandham, C., Dingwall, A., Mitchell, D., Selkirk, C., Nickell, D., Baker, R., Robertson, B., Whyte, D., Springate, J. (2000). Muscle fibre density in relation to the colour and texture of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 189: 335-349.

Judge, M.P., Harel, O. & Lammi-Keefe, C.J. (2007). Maternal consumption of a docosahexaenoic acid-containing functional food during pregnancy: benefit for infant performance on problem-solving but not on recognition memory tasks at age 9 mo. *American Journal of Clinical Nutrition*, 85(6): 1572-1577. <https://academic.oup.com/ajcn/article/85/6/1572/4633030?login=false>

Junk, W. (1997). *The central amazon floodplain. Ecology of a pulsing system*. Springer, Germany.

Kiessling, A., Ruohonen, K. & Bjørnevik, M. (2006). Muscle fibre growth and quality in fish. *Arch Tierz*, 49: 137-146.

Lasso, C.A, Lew, D., Taphorn, D.C., Do Nascimento, C., Lasso-Alcala, O., Provenzano, F. & Machado, A. (2003). *Biodiversidad ictiológica continental de Venezuela. Parte I. Lista de especies y distribución por cuencas*. Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales No.43: 105-195.

Ladrat, C., Verrez-Bagnis, V., Noël, J. & Fleurence J. (2003). In vitro proteolysis of myofibrillar and sarcoplasmic proteins of white muscle of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effects of cathepsins B, D and L. *Food Chemistry*, 81(4):517-25.

Lowe-McConnell, R. 1987. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge University Press, Cambridge.

Lujan, N.K., Hidalgo, M. y Stewart, D.J. (2010) Revision of Panaque with descriptions of three new species from the Amazon Basin (*Siluriformes, Loricariidae*). *Copeia*, 4:676-704.

Llorente, J. y L. Michán. (2000). El concepto de especie y sus implicaciones para el desarrollo de inventarios y estimaciones en biodiversidad. En Piera, F., Morrone, J. y A. Melic (eds.). *Hacia un proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica*. Monografías Tercer Milenio Vol.1. SEA, Zaragoza.

Maldonado-Ocampo, J.A, Vari, R.P. & Usma, J.S. (2008) Checklist of the Freshwater Fishes of Colombia. *Biota Colombiana* 9 (2):143 -237.

Masniyom, P., Benjakul, S. & Visessanguan, W. (2005). Collagen changes in refrigerated sea bass muscle treated with pyrophosphate and stored in modified

atmosphere packaging. *Eur Food Res Technol*, 220: 322-325.

Mendes, J. M., Dairiki, J. K., Inoue, L. A., Kioshi A. & Rogério, J. (2017). Advantages of recovery from pre-slaughter stress in tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier 1816) agroindustry in the Amazon. *Food Science and Technology*, 37(3), 383-388. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.14316>

Ministério do Meio Ambiente [Mma], Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis [Ibama] & Diretoria de Fauna e Recursos Pesqueiros-DIFAPCoordenação Geral de Gestão de Recursos Pesqueiros [CGREP]. (2003). *Estatística da Pesca - Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação, Tamandaré, Pernambuco*. 96p. <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/gestao-pesqueira/estatistica-pesqueira/2003-ibama-estatistica-da-aquicultura-e-pesca-no-brasil.pdf>

Mochizuki S. & Sato A. (1996). Effects of Various Killing Procedures on Post mortem Changes in the Muscle of Horse Mackerel. *Bull Japan Soc Sci Fish*, 64. 276-279.

Mourão, J., Araujo H. & Almeida. F. (2006). Ethnotaxonomy of mastofauna as practiced by hunters of Municipality of Paulista, state of Paraíba-Brasil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2(19). 1-7. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-2-19>

Ng, C.S, Chin, Y.N., Lim, P.Y., Tan, C.E., Yeap, S.E., Nikkuni, S. & Bito, M. (1983). Changes in quality of white pomfret, Chinese pomfret and grouper during ice-storage. *Bull Jap Soc Sci Fish*, 49 :769-775.

Ocano-Higuera, V. M., Maeda-Martínez, A. N., Lugo-Sánchez, M. E., & Pacheco Aguilar, R. (2006). Postmortem biochemical and textural changes in the adductor muscle of catarina scallop stored at 0 C. *Journal of Food Biochemistry*, 30(4), 373-389

Ofstad, R., Olsen, R.L., Taylor, R., Hannesson, K.O. (2006). Breakdown of intramuscular connective tissue in cod (*Gadus morhua* L.) and spotted wolffish (*Anarhichas minor* O.) related to gaping. *LWT-Food Science and Technology*, 39(10):1143-54.

Oliveira, P. R. de J., Souza, R. de B., Machado, G. & Lessi, E. (2014). Avaliação sensorial, físico-química e microbiológica do pirarucu (*Arapaima gigas*, Schinz 1822) durante estocagem em gelo. *Brazilian Journal of Food Technology*, 17(1), 67-74. <https://doi.org/10.1590/bjft.2014.010>

Ono, E. A., Halverson, M. R. & Kubtiza (2004). F. Pirarucu, o gigante esquecido. *Revista Panorama de Aquicultura*, 14 (81): 14-25.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. <https://doi.org/CC BY-NC-SA 3.0 IGO>

Ortega, H., Hidalgo, M., Correa, E., Espino, J., Chocano, L., Trevejo, G., Cortijo, A.M. & Quishpe, R. (2011). *Lista anotada de los Peces de Aguas Continentales del Perú. Estado Actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación*. Universidad Mayor San Marcos de Lima- Ministerio del Ambiente. 37 pp.

Ovchynnyk, M. (1967). *Freshwater fishes of Ecuador*. Latin American Studies Center. Michigan State University Monograph. Series 1:1-44.

Pardo-Carrasco, S., Atencio, V. & Arias, A. (1999). Contribución al conocimiento del aparato circulatorio de la cachama blanca (*Piaractus brachipomus*). *Rev Asoc Col Ict*, 3. 63:68.

Pereira-Filho, M., Caveiro, B. A. S., Roubach, R., Ituassu, D. R., Gandra, A. L. & Crecêncio, R. (2002). Resultados preliminares da engorda do pirarucu (*Arapaima gigas*) em viveiro escavado. In: *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Aquicultura, Goiânia- GO*. 24 a 29 de junho de 2002. 18 p.

Prieto, E. (2000). *Estudio ictiológico de un caño de aguas negras de la Amazonía Colombiana, Leticia*. [Tesis de pregrado, Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá].

Ramírez, A. (1986). *Estudio sobre las capturas realizadas en la época seca de 1984 en la desembocadura de la quebrada Mata-Mata al río Amazonas, contemplando algunos aspectos ecológicos y taxonómicos*. [Tesis de pregrado, Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá].

Rebaza, M., Alcántara, F. & Valdiviezo, M. (1999). *Manual de piscicultura del paiche*. Caracas, Venezuela: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), FAO, Secretaria Pro Tempore Venezuela (Eds). 35 p.

Reddy, N., Schreiber, C., Buzard, K., Skinner, G., Armstrong, D. (1994). Shelf Life of Fresh Tilapia Packaged in High Barrier Film with Modified

Atmospheres. *Food Sci.* 59(2):260-264.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1444-2906.2003.00696.x>

Reis, R.E., Kullander, S.O. & Ferraris, C.J. (2003). *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. Edipucrs, Porto Alegre.

Retana, O. (2004). Principios de Taxonomía Zoológica Chinanteca: Aves. *Etnobiología*, 4(1). 29-40. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5294409.pdf>

Sigholt, T., Erikson, U., Rustad, T., Johansen, S., Nordtvedt, T.S. & Seland, A. (1997) Handling Stress and Storage Temperature Affect Meat Quality of Farmed-raised Atlantic Salmon (*Salmo Salar*). *Journal of Food Science*, 62(4):898-905.

Ribeiro, F.M., Freitas, P.V.D.X., Santos, E.O., Sousa, R.M., Carvalho, T.A., Almeida, E.M., Santos, T.O. & Costa, A.C. (2016a). Alimentação e nutrição de pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*): revisão. *Pubvet*, 10 (12). 873-882. <http://doi.ofg/10.22256/pubvet.v10n12.873-882>

Silvano, R. A. y Begossi. A. (2002). Ethnoicthyology and fish conservation in the Piracicaba River (Brasil). *Journal of Ethnobiology*, 22(2): 285-306.

Rodríguez, C. (1991). *Bagres malleros y cuerderos en el bajo río Caquetá. Estudios en la Amazonia Colombiana*. Tropenbos-Colombia, Bogotá

Sirén, A. (2011). *Consumo de pescado y fauna acuática en la amazonia ecuatoriana*. COPESCAL Documento Ocasional No. 12. FAO, Roma.

Sioli, H 1975. Amazon tributaries and drainage basins. *Ecol. Stud.*, 10: 199-213.

Salas, A. y Barriga, M. (2004). Aspectos Bioquímicos y cambios post mortem del filete de paiche (*Arapaima gigas*) almacenado en hielo. *Repositorio del Instituto Tecnológico de la Producción - ITP*. <http://repositorio.itp.gob.pe/handle/ITP/85>

Sioli, H. 1984. The Amazon limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin, Dr. W.Junk Pub. Dordrecht, 763 pp.

Saint-Paul, U. (1986). Potencial for aquaculture of south American freshwater fishes; a review. *Aquaculture Amsterdam*, 54: 205-240.

St-Hilaire, S., Hill, M., Kent, M., Whitaker, D. & Ribble, C. (1997). A comparative study of muscle texture and intensity of Kudoa thyrsites infection in farm-reared Atlantic salmon *Salmo salar* on the Pacific coast of Canada. *Diseases of Aquatic Organisms*, 31(5).

San Román, J.V. (1994). *Perfiles Históricos de la Amazonía Peruana*. Rodríguez, M. & García, J. (Eds). Centro de Estudios Teológicos de la Amazonia/Centro Amazónico de Antropología y Aplicación Práctica/ Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. 281 p.

Suarez, H., Pardo, C., Cortés, M., Ricaurte, C. & Rojano, B. (2009). Evaluación de nueva tecnología para mitigar las espinas intramusculares en filetes de cachama *piaractus brachypomus* (pisces: characidae). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 62 (1): 4989-4997. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24894/25425>

Santos-Fita, D., Costa-Neto, E. & Cano-Contreras, E. (2009). El quehacer de la Etnozoología. En Costa-Neto, E., Santos-Fita D. y Vargas-Clavijo M. (Eds.). *Manual de Etnozoología*. Tundra Ediciones, Valencia.

Tahergorabi, R., Beamer, S.K., Matak, K.E. & Jaczynski, J. (2012). Functional food products made from fish protein isolate recovered with isoelectric solubilization/precipitation. *LWT - Food Science and Technology*, 48 (1): 89-95. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.02.018>

Seixas, C. & Begossi. A. (2001). Ethnozoology of fishing communities from Ilha Grande (Atlantic Forest Coast, Brazil). *Journal of Ethnobiology* 21(1): 107-135.

Toyohara, H. & Shimizu, Y. (1988). Relation of the Rigor mortis of Fish Body and the Texture of the Muscle. *Bull Japan Soc Sci Fish*, 54:1795-1798.

Shigemura, Y., Ando, M., Tsukamasa, Y., Makinodan, Y. & Kawai, T. (2003). Correlation of type V collagen content with post-mortem softening of fish meat during chilled storage. *Fisheries Sci.* 69(4), 842-848.

Val, A. Y V. Almeida-Val. 1995. Fishes of the Amazon and their environment. Physiological and biochemical aspect.. Springer-Verlag, Berlin, 223 p.

Vari, R.P. (1989). Systematics of the neotropical characiform genus *Pseudocurimata* Fernández-Yépez (Pisces: Ostariophysi) *Smithsonian Contributions to Zoology* 490: 1-28.

Vari, R.P., Ferraris Jr. C.J. & de Pinna M.C.C. (2005). The neotropical whale catfishes (Siluriformes: Cetopsidae: Cetopsinae), a revisionary study. *Neotrop. Ichthyol.* 3(2):127-238.

Vejarano, S. (2000). *Ictiología de la laguna de Yahuaracaca y aspectos tróficos y reproductivos de cinco especies predominantes, Leticia, Colombia*. [Tesis de pregrado, Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá].

Verrez-Bagnis, V., Noel, J., Sautereau, C. & Fleurence, J. (1999). Desmin Degradation in Postmortem Fish Muscle. *Journal of Food Science*, 64(2):240-2.

Viana, A., Inhamuns, A., Oliveira, P., & Souza, L. (2016). Effect of modified atmosphere packaging on *Brycon amazonicus* conservation. *Boletim Do Instituto De Pesca*, 42(1), 17-28.

Wang, P.A., Vang, B., Pedersen, A.M., Martinez, I. & Olsen, R.L. (2011). Post-mortem degradation of myosin heavy chain in intact fish muscle: Effects of pH and enzyme inhibitors. *Food Chemistry*, 124(3):1090-5.