

**NO SALE A  
DOMICILIO**



**UNAP**

Facultad de  
Industrias Alimentarias  
Escuela de Formación Profesional de  
Ingeniería en Industrias Alimentarias

## MEMORIA DESCRIPTIVA

**“Química de Alimentos de Pescado”**

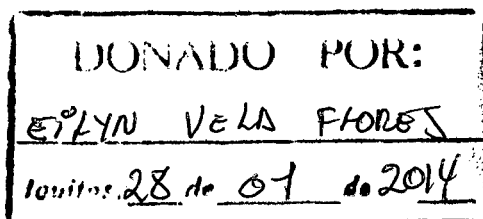
Presentado por la bachiller:

**Eilyn Vela Flores**

Requisito para optar el Título Profesional de  
Ingeniero en Industrias Alimentarias

Iquitos - Perú

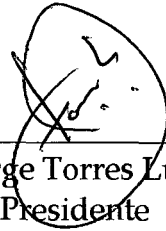
2013



290

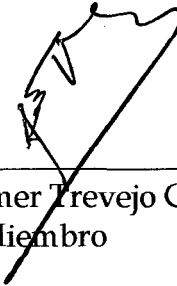
## Miembros del Jurado

Memoria Descriptiva aprobada en Sustentación Pública en la ciudad de Iquitos en las instalaciones del Departamento de Tecnología de la FIA, llevado a cabo el día lunes 28 de enero de 2013 siendo los miembros del jurado calificador los abajo firmantes:



---

Ing° Jorge Torres Luperdi  
Presidente



---

Ing° Msc. Elmer Trevejo Chavez  
Miembro



---

Ing° Juan Flores Garzatúa  
Miembro



---

Ing° Carlos Li Loo Kung  
Miembro Suplente

## **Dedicatoria**

Para mi papá Uben Percy y mis tíos  
Aura y Fernando.

Tienen mi amor incondicional, siempre.

**Eilyn Vela Flores**

### **Agradecimientos**

Primero a Dios por darme vida y salud para disfrutar de este nuevo logro en mi vida profesional.

Debo una gratitud inmensa a mi familia y a Alex Junior por todo su amor y apoyo incondicional y por todo lo que hicieron por mí.

MUCHISIMAS gracias también a todos mis docentes, en especial al Ing. Jorge Torres Luperdi, Ing. Roger Ruiz y al Ing. Genaro Cardaña por su apoyo y enseñanzas en toda mi carrera universitaria.

## INDICE

	Pág.
Introducción.....	9
I. Antecedentes .....	11
II. Objetivos.....	13
2.1. Objetivo General .....	13
2.2. Objetivos Específicos .....	13
III. Revisión Bibliografía .....	14
3.1. Generalidades .....	14
3.2. El mercado de productos pesquero en la ciudad de Iquitos .....	15
3.2.1. Principales especies capturadas.....	16
3.2.2. Capturas locales .....	17
3.3. Oferta total del pescado fresco de captura. ....	18
3.4. Productos de la acuicultura.....	19
3.4.1. Variacion de los precios.....	20
3.5. Clasificación de los peces.....	21
3.6. Anatomía y Fisiología.....	22
3.6.1. El esqueleto .....	22
3.6.2. Anatomía del músculo y su función .....	23
3.6.3. El Sistema Cardiovascular .....	27
3.6.4. Otros Organos .....	29
3.7. Principales Constituyentes.....	30
3.7.1. Agua .....	32
3.7.1.1. Agua libre .....	33
3.7.1.2. Agua ligada.....	33
3.7.2. Lípidos.....	33
3.7.3. Proteínas.....	36
3.7.3.1. Proteinas Sarcoplasmáticas .....	36
3.7.3.1.1. Contenido.....	36
3.7.3.1.2. Coagulacion por calor .....	36
3.7.3.1.3. Compuestos extractables que contienen nitrógeno.....	36

3.7.3.1.4. Enzimas .....	39
a) Hidrolasas.....	39
b) Oxidorreductasas.....	40
c) Proteínas Hemo.....	40
d) Parvalbúminas .....	41
3.7.3.2. Proteínas Miofibrilares.....	41
3.7.3.2.1. Miosina.....	41
3.7.3.2.2. Paramiosina .....	42
3.7.3.2.3. Actina .....	42
3.7.3.2.4. Tropomiosina.....	42
3.7.3.2.5. Troponina.....	42
3.7.3.3. Proteínas del estroma.....	43
3.7.3.3.1. Colágeno .....	43
a) Tipos de colágeno.....	43
3.7.3.4. Valor Nutritivo .....	44
3.7.4. Vitaminas .....	45
3.7.4.1. Vitaminas liposolubles .....	46
3.7.4.1.1. Vitamina A.....	46
3.7.4.1.2. Vitamina D.....	47
3.7.4.1.3. Vitamina E .....	47
3.7.4.2. Vitaminas Hidrosolubles.....	48
3.7.4.2.1. Tiamina.....	48
3.7.4.2.2. Riboflavina.....	48
3.7.4.2.3. Vitamina B6 .....	49
3.7.4.2.4. Acido Pantoténico.....	49
3.7.4.2.5. Biotina .....	49
3.7.4.2.6. Vitamina B12 .....	50
3.7.5. Minerales .....	50
3.7.5.1. Calcio y fósforo.....	50
3.7.5.2. Magnesio .....	50
3.7.5.3. Sodio, Potasio y Cloro .....	51

3.7.5.4. Hierro .....	51
3.7.5.5. Zinc .....	51
3.7.5.6. Manganeseo .....	51
3.7.5.7. Cobre.....	52
3.7.5.8. Yodo.....	52
3.8. Cambios Sensoriales .....	52
3.8.1. Cambios en el pescado fresco crudo .....	52
3.8.2. Cambios en la calidad comestible .....	55
3.8.3. Cambios autolíticos .....	56
3.8.4. Producción de energía en el músculo post mortem.....	56
3.8.5. Autólisis y catabolismos nucleótidos.....	57
3.8.6. Cambios autolíticos que involucran enzimas proteolíticas.....	59
3.8.7. Catepsinas .....	59
3.8.8. Calpainas.....	61
3.8.9. Colagenasas.....	62
3.8.10. Cambios autolíticos durante el almacenamiento en congelación.....	62
IV. Conclusiones.....	64
V. Recomendaciones .....	66
VI. Referencias bibliográficas .....	67
VII. Anexos.....	72
<b>Anexo 1.</b> Valores bromatológicos de las especies hidrológicas amazónicas en vaciante .....	72
<b>Anexo 2.</b> Calidad de agua del estanque para crianza de sábalos de cola roja.....	73
<b>Anexo 3.</b> Comportamiento del desembarque de las principales especies icticas .....	74
<b>Anexo 4.</b> Evolucion de la producción acuícola bruta por especies región Loreto .....	75
<b>Anexo 5.</b> Proceso de traslado de pescado en embarcaciones artesanales.....	76
VIII. Glosario de Términos .....	77

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla I.</b> Principales países productores de pescado, capturas medias y contribución a la producción mundial en el periodo 1989-1991 .....	15
<b>Tabla II.</b> Oferta de pescado fresco de captura en Iquitos (toneladas/año) .....	19
<b>Tabla III.</b> Clasificación de los peces .....	22
<b>Tabla IV.</b> Principales constituyentes (porcentaje) del músculo de pescado .....	30
<b>Tabla V.</b> Composición química de los filetes de varias especies de pescado .....	31
<b>Tabla VI.</b> Principales diferencias en las sustancias extractables del músculo .....	37
<b>Tabla VII.</b> Aminoácidos esenciales (porcentaje) de varias proteínas .....	44
<b>Tabla VIII.</b> Vitaminas en el pescado .....	45
<b>Tabla IX.</b> Algunos constituyentes minerales del músculo de pescado .....	45
<b>Tabla X.</b> Comienzo y duración del rigor mortis en especies de pescado .....	54
<b>Tabla XI.</b> Resumen de los cambios autolíticos en el pescado enfriado .....	63

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Dinámica del río .....	16
<b>Figura 2.</b> Desembarques mensuales de pescado fresco en Iquitos .....	17
<b>Figura 3.</b> Transporte de pescado en embarcación artesanal .....	18
<b>Figura 4.</b> Principales especies de producción acuícola en la región Loreto .....	20
<b>Figura 5.</b> Evolución de los precios en punto de desembarque .....	21
<b>Figura 6.</b> Esqueleto del pez .....	23
<b>Figura 7.</b> Musculatura Esquelética del pez .....	24
<b>Figura 8.</b> Sección de la célula muscular que muestra las diversas estructuras .....	25
<b>Figura 9.</b> Circulación de la sangre en el pez .....	27
<b>Figura 10.</b> Circulación de la sangre en peces y mamíferos .....	28
<b>Figura 11.</b> Distribución del nitrógeno no proteico en el músculo del pez: dos especies marinas con estructura ósea (A, B), un elasmobronquio (C) y una especie de agua dulce (D) .....	38
<b>Figura 12.</b> Cambios en la calidad comestible .....	56
<b>Figura 13.</b> Efecto del NaCl en la actividad de la catepsina .....	60



## RESUMEN

En el presente trabajo, se utilizó información disponible en lo referente al tema en estudio, después de una breve introducción y detallar antecedentes sobre el pescado y su composición química, se ha analizado la anatomía y fisiología del pescado, clasificación, asimismo se detallan las proteínas, lípidos, vitaminas y minerales, y la actividad de agua en el músculo del pescado.

El pescado y los productos pesqueros, como muchos otros productos de origen animal, contienen agua, proteínas y otros compuestos de nitrógeno, lípidos, carbohidratos, minerales y vitaminas. Las proteínas y los lípidos son los principales componentes del pescado. Los micronutrientes esenciales y los minerales que contiene el pescado, de los que carecen los alimentos básicos, son las vitaminas B, y en los pescados grasos, las vitaminas A y D, fósforo, hierro, calcio, magnesio, selenio y, en los peces marinos, yodo (FAO, 1993b).

Los lípidos del pescado tienen hasta un 40% de ácidos grasos de cadena larga en gran medida insaturados, positivos para la salud, pero presentan un problema técnico que consiste en que se arrancian rápidamente. Las proteínas del pescado, formadas por proteínas estructurales, sarcoplasmáticas y tejido conectivo, todas contienen los aminoácidos esenciales y son una fuente excelente de lisina, metionina y cisteína. En el pescado se producen numerosos procesos químicos y biológicos importantes los cuales, si no se toman las medidas pertinentes, conducen a la descomposición. El elevado valor nutritivo del pescado es particularmente importante para muchos grupos de ingresos más bajos que, de otra manera, satisfarían sus necesidades nutricionales con una alimentación a base de cereales. Los cereales por lo general tienen poco contenido de lisina y de los aminoácidos sulfurados, de modo que complementar la dieta con pescado eleva significativamente el valor biológico de la alimentación (FAO, 1993b)

## INTRODUCCIÓN

La composición química de las diferentes especies de pescados muestra diferencias dependiendo de la estación del año, comportamiento migratorio, maduración sexual, ciclos alimenticios, entre otros. Estos factores son observados en peces silvestres, del mar abierto y de aguas continentales. Los peces criados en acuicultura también pueden mostrar variaciones en la composición química, pero en este caso varios factores son controlados y por lo tanto se puede predecir la composición química. Hasta cierto punto el acuicultor tiene la posibilidad de diseñar la composición del pez, seleccionando las condiciones de cultivo. Se ha reportado que factores como la composición del alimento, ambiente, tamaño del pez y rasgos genéticos, tienen un impacto en la composición y la calidad del pescado de acuicultura (REINITZ *et al.*, 1979).

El músculo comestible del pescado marino consiste nominalmente en un 18% de proteína y suele contener de un 1 a 2% de desperdicios. El "pescado completo" contiene algo más de cenizas y algo menos de proteínas (NUNES *et al.*, 1992). El 80% del peso del músculo fresco consiste en lípidos y agua.

Los lípidos del pescado, contienen ácidos grasos Poliinsaturados  $C_{20}$  y  $C_{22}$  de la familia linolénica son beneficiosos en la alimentación y en la salud de los seres humanos. El contenido de colesterol en peces grasos y magros es bajo haciéndolos aptos para dietas rigurosas de control de colesterol.

Los ácidos grasos  $\omega 3$  y  $\omega 6$  son esenciales, ya que los dobles enlaces ubicados en la posición 3 y 6 a partir del grupo metilo, no pueden sintetizarse en el cuerpo animal y deben ser aportados por los alimentos.

Los pescados y mariscos, al igual que otros organismos vivos, contienen la mayor parte de los 90 elementos que hay en la naturaleza. La mayor proporción de su

cuerpo está formada por carbono, hidrogeno, nitrógeno, oxígeno y azufre. Además, hay otros seis macroelementos que se encuentran en cantidades de gramos por kilogramo, se trata del calcio, magnesio, fosforo, sodio, potasio y cloro (FAO, 1993b).

En consecuencia, en la presente memoria descriptiva, se pretende estudiar la química de alimentos de pescado de origen marino y de origen de aguas continentales.

## I. ANTECEDENTES

- Los peces generalmente se definen como vertebrados acuáticos, que utilizan branquias para obtener oxígeno del agua y poseen aletas con un número variable de elementos esqueléticos llamados radios (THURMAN Y WEBBER, 1984).
- Los peces son los más numerosos de los vertebrados; existen por lo menos 20.000 especies conocidas y más de la mitad (58 por ciento) se encuentran en el ambiente marino. Son más comunes en las aguas cálidas y templadas de las capas continentales (unas 8.000 especies). En las frías aguas polares se encuentran alrededor de unas 1.100 especies. En el ambiente pelágico del océano, alejado de los efectos terrestres, se encuentran sólo unas 225 especies. Sorprendentemente, en las profundidades de la zona mesopelágica (entre 100 y 1000 metros de profundidad) el número de especies incrementa. Existen unas 1.000 especies de los denominados peces de media agua ("midwater fish") (THURMAN Y WEBBER, 1984).
- Los principales componentes químicos de la carne de pescado son: agua, proteína y lípidos que en conjunto representan el 98% del peso total. Estos componentes tienen relación con el valor nutritivo, propiedades texturales, calidad organoléptica, capacidad de almacenamiento, etc. Los restantes: hidratos de carbono, vitaminas, y sales minerales, aunque presentes en menor cantidad representan un significativo papel en procesos bioquímicas, características sensoriales, valor nutritivo y salubridad.
- La vía normal para reducir el contenido de grasa en el pescado de acuicultura, antes de la cosecha, es privar al pez de alimento por un tiempo. Se ha demostrado tanto para especies magras como grasas, que esto afecta el contenido de lípidos (REINITZ, 1983).
- El músculo blanco de un pez magro típico como el bacalao, contiene menos del 1 por ciento de lípidos. De este porcentaje, los fosfolípidos constituyen el 90 por ciento (ACKMAN, 1967).

- Los lípidos almacenados son usados típicamente durante las largas migraciones del desove y durante el desarrollo de las gónadas (ANDO et al., 1985a).
- Los lípidos del pescado tienen hasta un 40% de ácidos grasos de cadena larga en gran medida insaturados, positivos para la salud, pero presentan un problema técnico que consiste en que se arrancian rápidamente. Las proteínas del pescado, formadas por proteínas estructurales, sarcoplasmáticas y tejido conectivo, todas contienen los aminoácidos esenciales y son una fuente excelente de lisina, metionina y cisteína. El elevado valor nutritivo del pescado es particularmente importante para muchos grupos de ingresos más bajos que, de otra manera, satisfarían sus necesidades nutricionales con una alimentación a base de cereales (FAO, 1993a).

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Describir químicamente los componentes nutricionales del pescado.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✓ Describir químicamente las proteínas del músculo del pescado.
- ✓ Describir químicamente los lípidos en el músculo del pescado.
- ✓ Describir químicamente las vitaminas y minerales del músculo del pescado.
- ✓ Describir la composición del agua en el músculo del pescado.

### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Generalidades

La producción mundial de pescado ha crecido enormemente durante la segunda mitad del siglo XX. De poco más de 20 millones de toneladas (Mt) a principios de los años 50, la producción se ha acercado a los 100 Mt a finales de los 80 (FAO, 1993a).

El termino "producción" se utiliza en este caso de forma deliberada ya que las estadísticas generales sobre pesca mundial de la FAO (Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación) no distinguen entre capturas naturales y producción en piscicultura.

Durante los años 60 se mantuvo el alto índice de crecimiento, fundamentalmente en los países en vías de desarrollo, mientras las pesquerías tradicionales del mundo industrializado se acercaban al límite de su capacidad. A principios de los 70, el fracaso de la pesquería de anchoveta peruana provocó una gran caída en la producción pesquera de los países desarrollados, de la que solo pudieron recuperarse muy lentamente, pero durante los años 80 el índice de crecimiento volvía de nuevo a ser el 5%. En 1985 la producción pesquera de los países en vía de desarrollo sobrepasó a la del mundo desarrollado. En este, el índice medio de crecimiento entre 1970 y 1988 fue de alrededor del 1.5%, pero a partir de entonces ha disminuido, cayendo hasta el nivel de 1980 en 1991. La tabla I muestra que los 11 países que producen más de 2Mt de pescado del año suman las dos terceras partes del total de la producción mundial (RUITER, 1999).

**Tabla I.** Principales países productores de pescado, capturas medias y contribución a la Producción Mundial en el periodo 1989 - 1991.

<i>País</i>	<i>Captura</i>	<i>Contribución</i>
	<i>(1.000 t)</i>	<i>(%)</i>
China	12.150	12.4
Japón	10.305	10.5
URSS	10.277	10.5
Perú	6.891	7.0
Chile	5.884	6.0
EE.UU	5.698	5.8
India	3.824	3.9
Indonesia	3.059	3.1
Corea del Sur	2.850	2.9
Tailandia	2.728	2.8
Filipinas	2.206	2.2
Otros países	32.316	32.9
<b>Total mundial</b>	<b>98.189</b>	<b>100.0</b>

Fuente: FAO (1993a)

Por otro lado, hay tres tipos de aguas de alta productividad:

- ❖ Las aguas poco profundas que cubren las plataformas continentales;
- ❖ Las zonas de ascendencia y divergencia de las costas continentales occidentales y ecuatoriales, en las que afloran aguas frías ricas en nutrientes a la superficie;
- ❖ Las aguas templadas y sub-árticas del Pacífico Norte, del Atlántico Norte y del Océano Sur.

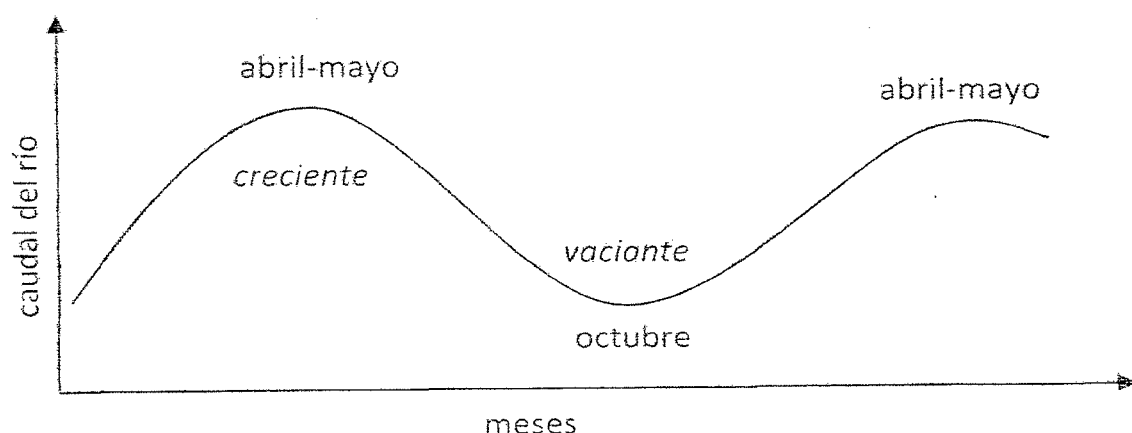
Las principales zonas pesqueras se encuentran en el Atlántico Este, desde el norte al sur, y en el Pacífico Noroeste y Sureste. Japón, Perú, Chile, la antigua URSS y los EE.UU son los mayores productores de pequeños pescados pelágicos, pero muchos otros países están más o menos interesados en estas pesquerías (RUITER, 1999).

### **3.2. El mercado de productos pesqueros en la ciudad de Iquitos**

La disponibilidad de productos de captura esta fuertemente atada a la dinámica del río Amazonas y sus afluentes. El río tiene ciclos de vaciante y creciente en su caudal



de agua, que afectan fuertemente la disponibilidad de pescado. En los meses de abril y mayo, la creciente alcanza su máximo y las aguas del río se elevan varios metros. Como consecuencia del mayor caudal, los cardúmenes de peces se dispersan y la disponibilidad de pescado disminuye. En los meses siguientes, el nivel del río comienza a bajar, alcanzando los niveles mínimos de la vaciante entre setiembre y octubre. En estos meses, como resultado de la vaciante, los cardúmenes (o "mijanos") son más fáciles de ubicar, y se registra una mayor abundancia de productos de captura. A partir de octubre, comienza a aumentar la frecuencia de las lluvias y comienza un nuevo proceso de llenado del cauce de los ríos. En el gráfico 1 se representa gráficamente los ciclos de los ríos (LOPEZ, 2010).



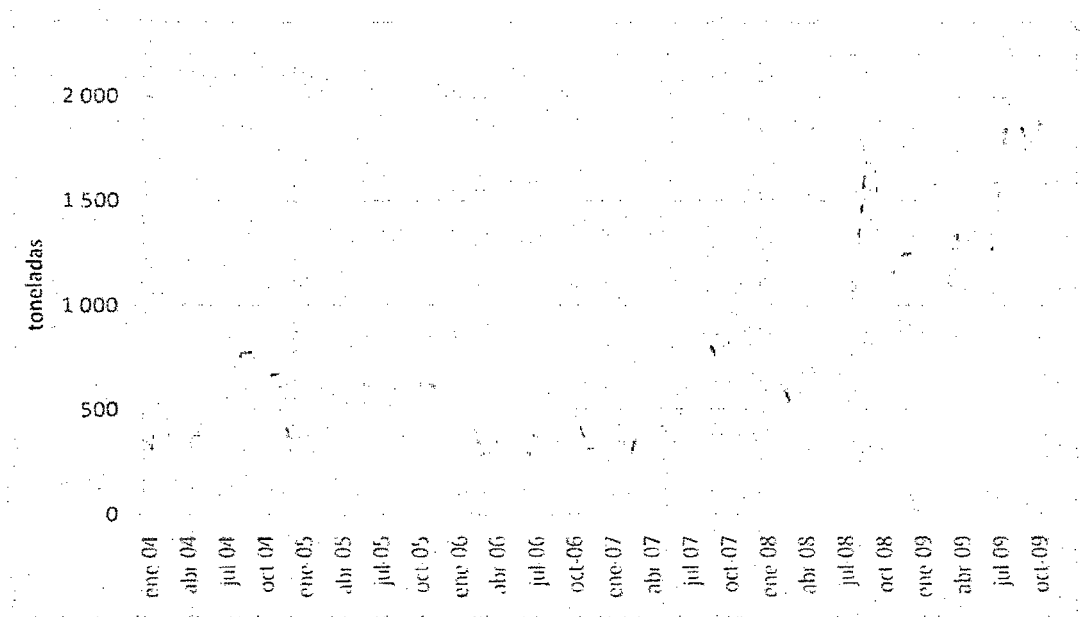
**Figura 1.** Dinámica del río  
Fuente: LOPEZ (2010)

Esta dinámica tiene como resultado importantes oscilaciones en los precios y niveles de actividad de la comercialización de productos sustitutos, consecuencia de los cambios en la disponibilidad de pescado fresco (LOPEZ, 2010).

### 3.2.1. Principales especies capturadas

En base a los registros del año 2008, en Iquitos se desembarcaron más de 60 especies de pescado fresco, totalizando 11 186 toneladas. La principal especie capturada fue el boquichico (*Prochilodus nigricans*), con una participación de 26% en el total. Otras

especies de importancia son la llambina (*Potamorrhyna altamazonico*) con el 12% del total, la palometa (*Mylossomoa sp.*) (9%), la sardina (*Triporthesus sp.*) (8%) y el ractacara (*Curimata amazónica*) (6%). Entre estas 5 especies acumulan el 62% de los desembarques de pescado fresco en Iquitos. Otras especies de importancia desde el punto de vista comercial, dado su precio y la valoración por parte de los consumidores son la doncella (*Pseudoplatystoma fasciatum*) y el paiche (*Arapaima gigas*). Durante el año 2008, se desembarcaron en Iquitos 296 toneladas de doncella (3% del total) y 27 toneladas de paiche. Es importante notar que esta última especie tiene una veda para su captura entre octubre y febrero para proteger la especie (LOPEZ, 2010).



**Figura 2.** Desembarques mensuales de pescado fresco en Iquitos – 2004 al 2009  
Fuente: LOPEZ (2010)

### 3.2.2. Capturas locales

Las embarcaciones artesanales tienen aproximadamente 15 metros de largo, y realizan viajes de hasta 20 días para completar la carga, que en épocas de abundancia (vaciante del río) pueden alcanzar a 10 toneladas de pescado. En épocas de menor disponibilidad de capturas, la carga se puede ubicar en el entorno de las 2 o 3 toneladas con lo cual el margen de ganancia es menor respecto a los costos. Dentro

del barco la producción se almacena en cajones que pueden tener o no aislación, los cuales se recubren en plástico. Las capturas son conservadas con hielo y posteriormente cubiertas con plástico y cascara de arroz como aislante, como se puede observar en la Figura 3. Las embarcaciones compran el hielo en barra y lo van fraccionando durante el viaje. Según la duración del viaje y la distancia prevista, parten con el hielo desde Iquitos o lo compran en localidades del litoral (LOPEZ, 2010).



**Figura 3.** Transporte de pescado en embarcación artesanal

Fuente: LOPEZ (2010)

### **3.3. Oferta total del pescado fresco de captura**

De acuerdo a los registros de la Dirección Regional de la Producción, en el año 2008 la oferta de pescado fresco entero de captura en la ciudad de Iquitos totalizó 12 072 224 Kilogramos (LOPEZ, 2010).

**Tabla II.** Oferta de pescado fresco de captura en Iquitos (toneladas/año)

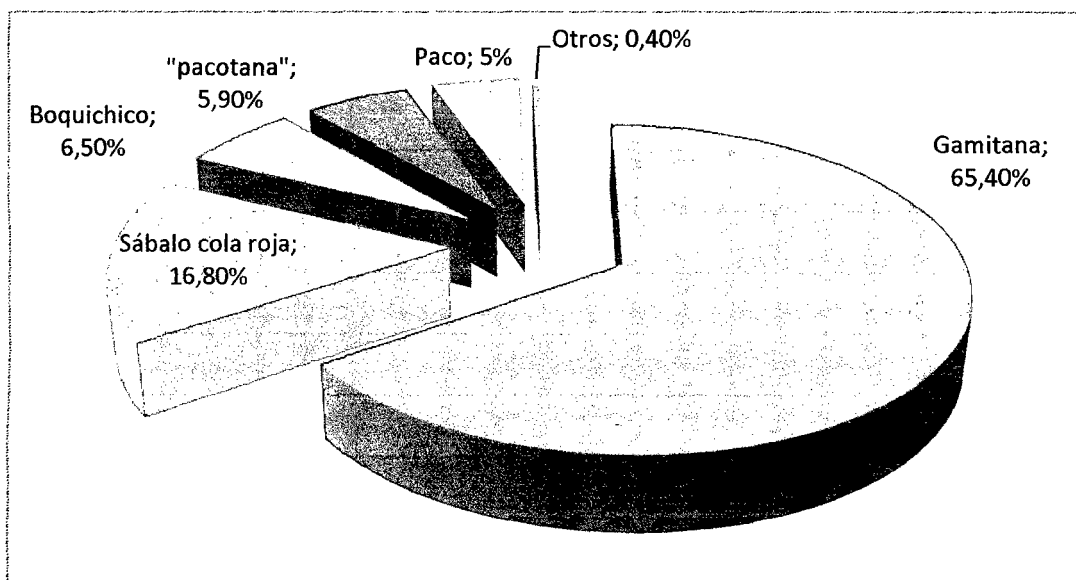
<b>Especie</b>	<b>Kg</b>
Boquichico	3 186 427,7
Llambina	1 589 249,4
Palometa	1 067 359,0
Sardina	940 739,9
Ractacara	895 910,5
Doncella	293 858,8
Paiche	29 032,0
Otros	4 069 646,4
TOTAL	12 072 223,7

**Fuente:** LOPEZ (2010)

### **3.4. Productos de la acuicultura**

En la región de Loreto, según los registros de la Dirección Regional de la Producción, existen actualmente 772 productores acuícolas, de los cuales 518 (67%) se encuentran en la provincia de Maynas, y 40 se encuentran registrados en la provincia de Loreto, más específicamente en Nauta. A estos últimos es importante referirse, ya que la zona de la carretera entre Iquitos y Nauta es una de las regiones donde se concentra la producción acuícola que se vuelca a la ciudad de Iquitos (LOPEZ, 2010).

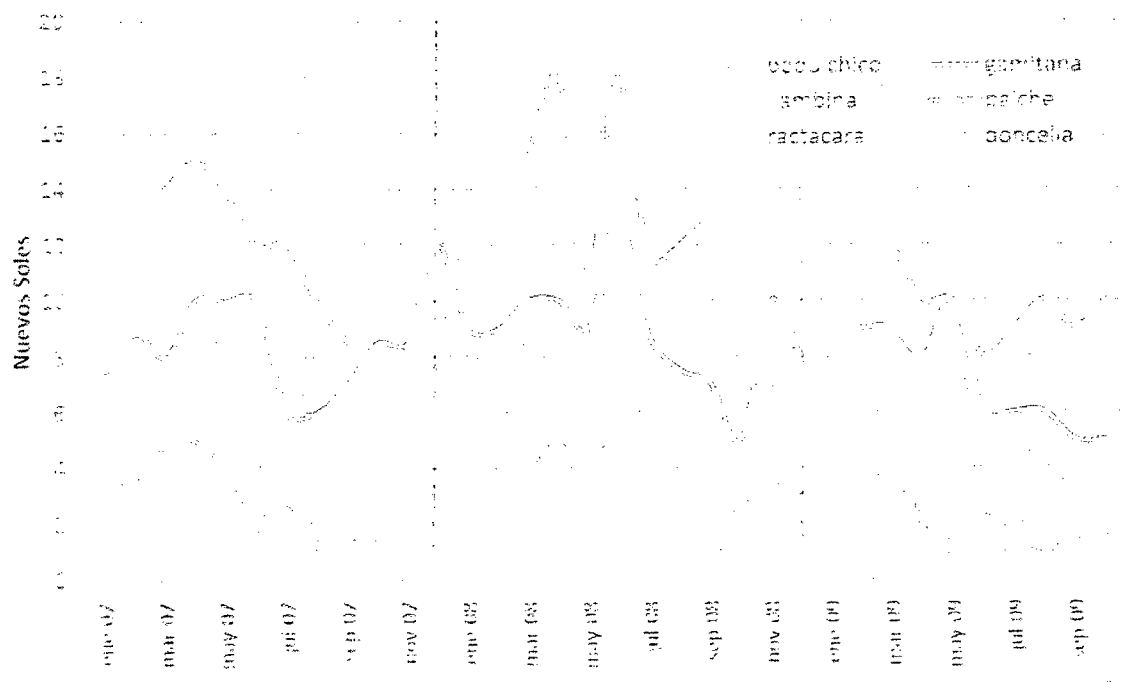
La principal especie cultivada en la región es la gamitana (*Colossoma macroponum*), que representa el 65% de la producción acuícola. Esta especie ha logrado una buena inserción en el mercado local, siendo una de las principales alternativas como sustituto en las épocas de menor disponibilidad de productos pesqueros en los meses de creciente de los ríos (LOPEZ, 2010).



**Figura 4.** Principales especies de producción acuícola en la región Loreto  
Fuente: LOPEZ (2010)

### 3.4.1. Variación de los precios

El componente principal de la oferta imprime a su vez a los precios de un importante variación estacional. En la figura 5 se puede observar la variación de los precios de desembarque para algunas especies seleccionadas. En el mismo se puede ver que los precios pueden registrar aumentos de hasta por encima del 100% en el correr del año. Asimismo se puede observar que los precios del paiche, la gamitana y la doncella son sensiblemente mayores que para el caso del boquichico, la llambina y el ractacara, en consonancia con lo planteado anteriormente que estas últimas especies presentan un precio menor, mas accesible a sectores de menores ingresos (LOPEZ, 2010).



**Figura 5.** Evolución de los precios en punto de desembarque  
Fuente: LOPEZ (2010)

### 3.5. Clasificación de los peces

La clasificación de los peces en cartilaginosos y óseos (los peces no mandibulados son de menor importancia) resulta importante desde el punto de vista práctico y también por el hecho de que estos grupos de peces se deterioran en formas diferentes y varían respecto a su composición química (RUTER, 1999).

Además, los peces pueden ser divididos en especies grasas y especies magras, pero este tipo de clasificación se basa en características biológicas y tecnológicas según se muestra en el Tabla III (RUTER, 1999).

**Tabla III.** Clasificación de los peces

<b>Grupo científico</b>	<b>Características biológicas</b>	<b>Características tecnológicas</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>Ciclóstomomos</b>	Peces no mandibulados		lampreas, anguilas, tiburones, rayas, mantas
<b>Condriictios</b>	Peces cartilaginosos	Alto contenido de urea en el músculo	
<b>Teleósteos o peces óseos</b>	Peces pelágicos	Pescado graso (lípidos almacenados en el tejido muscular)	arenque, caballa, sardina, atún, sábalo, palometas, dorado, doncella, boquichico,
	peces demersales	pescado (blanco) magro, almacena lípidos solamente en el hígado	bacalao, eglefino, merluza, mero, cherna, carachama, tucunare,

Fuente: FAO (1993b)

### 3.6. Anatomía y fisiología

#### 3.6.1. El esqueleto

Siendo un vertebrado, el pez tiene columna vertebral y cráneo cubriendo la masa cerebral. La columna vertebral se extiende desde la cabeza hasta la aleta caudal y está compuesta por segmentos (vértebras). Estas vértebras se prolongan dorsalmente para formar las espinas neurales y en la región del tronco tienen apófisis laterales que dan origen a las costillas. Estas costillas son estructuras cartilaginosas u óseas en el tejido conectivo (miocomata) y ubicadas entre los segmentos musculares (miotomas). Por lo general, hay también un número correspondiente de costillas falsas ubicadas más o menos horizontalmente y hacia el interior del músculo (FAO, 1993b).

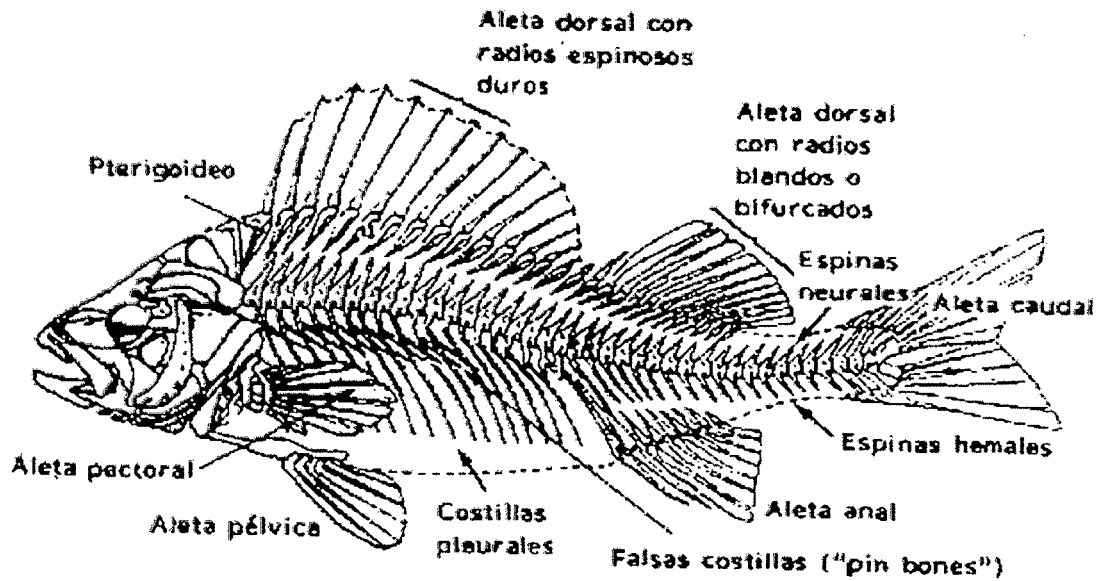
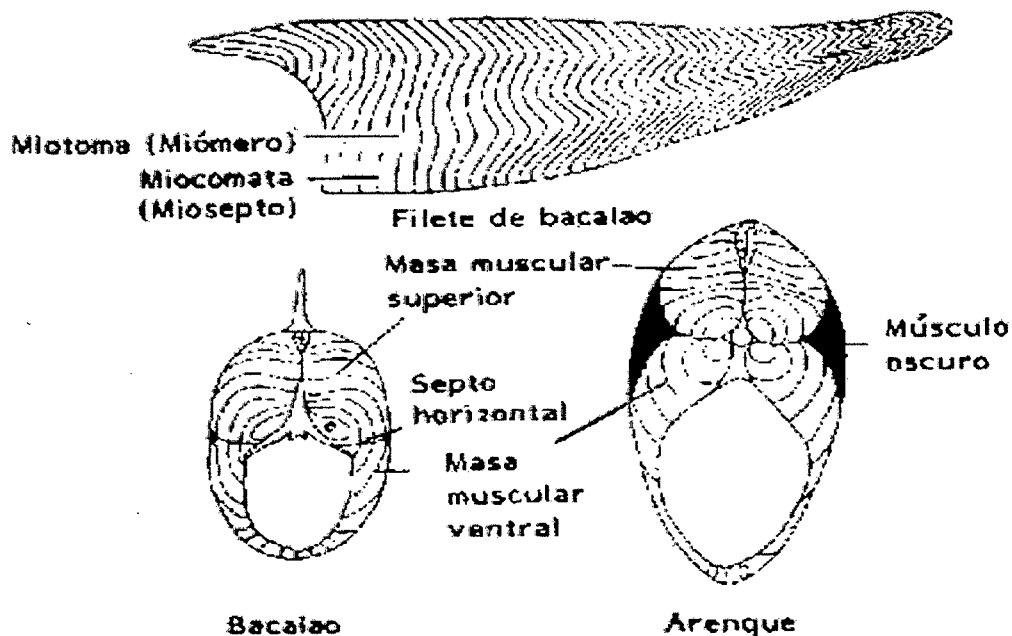


Figura 6. Esqueleto del pez  
Fuente: ERIKSSON Y JOHNSON, 1979

### 3.6.2. Anatomía del músculo y su función

La anatomía del músculo del pez difiere de la anatomía de los animales terrestres, porque carece del sistema tendinoso (tejido conectivo) que conecta los paquetes musculares al esqueleto del animal. En cambio, los peces tienen células musculares que corren en paralelo, separadas perpendicularmente por tabiques de tejido conectivo (miocomata), ancladas al esqueleto y a la piel. Los segmentos musculares situados entre estos tabiques de tejido conectivo se denominan miotomas (FAO, 1993b).





**Figura 7.** Musculatura esquelética del pez

Fuente: KNORR (1974)

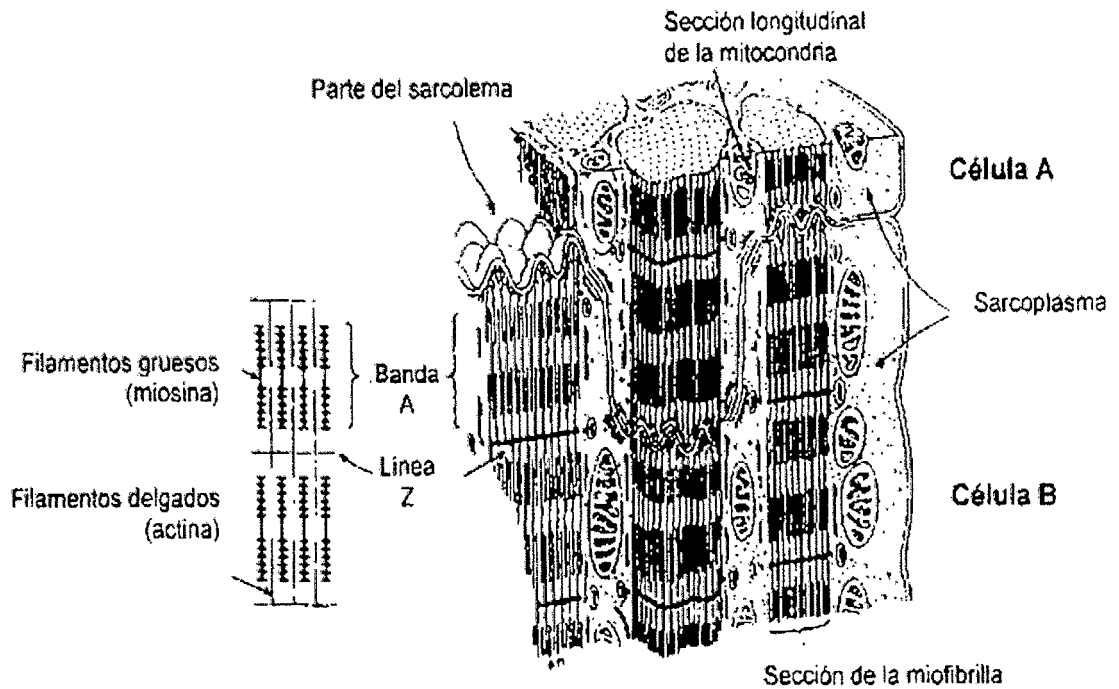
Todas las células musculares extienden su longitud total entre dos miocomatas, y corren paralelamente en el sentido longitudinal del pez. La masa muscular a cada lado del pez forma el filete. La parte superior del filete se denomina músculo dorsal y la parte inferior músculo ventral (FAO, 1993b).

El largo de las células musculares del filete es heterogéneo, variando desde el final de la cabeza (anterior) hasta el final de la cola (posterior). La célula muscular más larga se encuentra en el duodécimo miotoma contado desde la cabeza y su longitud media es de alrededor 10 mm para un pescado de 60 cm de largo (LOVE, 1970). El diámetro de las células también varía, siendo más ancho en la parte ventral del filete.

Los miocomatas corren en forma oblicua, formando un patrón de surcos perpendiculares al eje longitudinal del pez, desde la piel hasta la espina. Esta anatomía está idealmente adaptada para permitir la flexibilidad del músculo en los movimientos necesarios para propulsar el pez a través del agua (LOVE, 1970).

La célula muscular, consta de sarcoplasma que contiene el núcleo, granos de glucógeno, mitocondria, etc. y miofibrillas. La célula está envuelta por una cubierta

de tejido conectivo denominada sarcolema. Las miofibrillas contienen proteínas contráctiles, actina y miosina (LOVE, 1970).



**Figura 8.** Sección de la célula muscular que muestra las diversas estructuras, inclusive las miofibrillas

Fuente: BELL et al. (1976)

Generalmente el tejido muscular del pez es blanco pero, dependiendo de la especie, muchos presentan cierta cantidad de tejido oscuro de color marrón o rojizo. El músculo oscuro se localiza exactamente debajo de la piel a lo largo del cuerpo del animal.

La proporción entre músculo oscuro y músculo blanco varía con la actividad del pez. En los pelágicos, es decir, especies como el arenque y la caballa, que nadan más o menos en forma continua, hasta el 48 por ciento de su peso puede estar constituido por músculo oscuro (LOVE, 1970). En los peces demersales, o sea, especies que se alimentan en el fondo del mar y se mueven sólo periódicamente, la cantidad de músculo oscuro es muy pequeña.

Hay muchas diferencias en la composición química de los dos tipos de músculo, siendo algunas de las más notables el alto contenido de lípidos y hemoglobina presentes en el músculo oscuro. Desde el punto de vista tecnológico, el alto contenido de lípidos del músculo oscuro resulta importante debido a los problemas asociados con la rancidez. La contracción muscular comienza cuando un impulso nervioso libera  $\text{Ca}^{++}$  del retículo sarcoplasmático y lo lleva a las miofibrillas. Cuando la concentración de  $\text{Ca}^{++}$  aumenta en las enzimas activas situadas en el filamento de la miosina, la enzima ATP-asa se activa. Esta ATP-asa degrada el ATP que se encuentra entre los filamentos de actina y miosina, originando liberación de energía. La mayor parte de la energía es utilizada como energía de contracción, haciendo que los filamentos de actina se deslicen entre los filamentos de miosina, a modo de enchufe, con lo cual la fibra muscular se contrae. Cuando la reacción se invierte (o sea, cuando el  $\text{Ca}^{++}$  es impulsado a su lugar de origen, la actividad contráctil de la ATP-asa se detiene y permite que los filamentos se deslicen pasivamente recuperando cada uno su estado inicial), el músculo se relaja (LOVE, 1970).

La fuente de energía para la generación de ATP en el músculo blanco es el glucógeno, mientras que en el músculo oscuro también puede ser obtenida a partir de los lípidos. La mayor diferencia, radica en que el músculo oscuro posee muchas más mitocondrias que el músculo blanco, permitiéndole al músculo oscuro operar extensivamente un metabolismo de energía aeróbico, resultando en la producción de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  como productos finales. El músculo blanco, genera la energía principalmente mediante el metabolismo anaeróbico, acumulando ácido láctico, el cual debe ser transportado al hígado para su posterior metabolización.

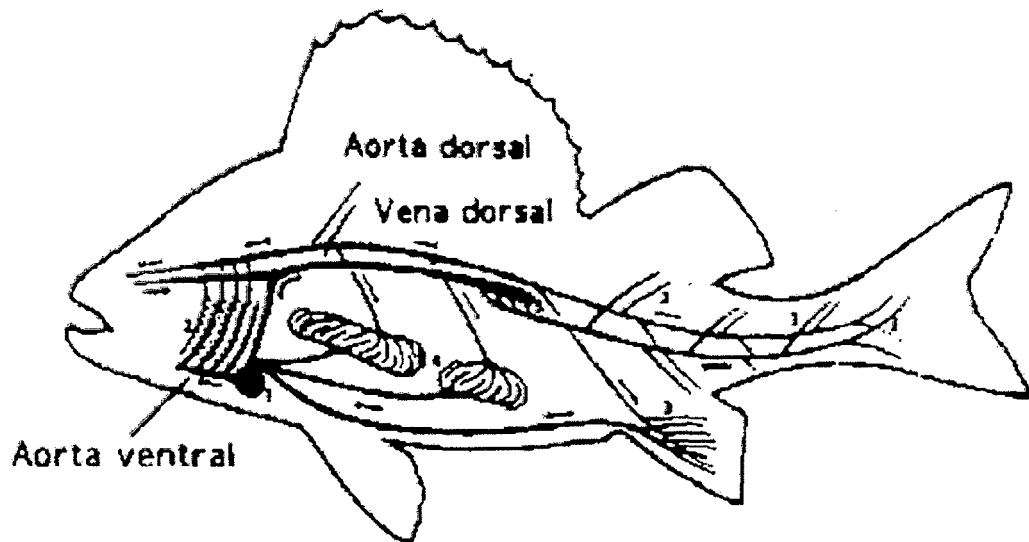
La diferencia entre los patrones metabólicos encontrados en los dos tipos de músculos indica que el músculo blanco está perfectamente adaptado para movimientos súbitos, fuertes y cortos; mientras que el músculo oscuro está diseñado para movimientos continuos aunque no tan fuertes.

Luego de la muerte, cesan las funciones bioquímicas y fisicoquímicas regulatorias que operan en el animal vivo y se agotan las fuentes de energía del músculo. Cuando

el nivel de ATP alcanza su mínimo, los filamentos de miosina y actina quedan unidos en forma irreversible, produciéndose el rigor mortis (LOVE, 1970).

### 3.6.3. El sistema cardiovascular

El corazón del pez está diseñado para una circulación simple. En los peces óseos el corazón consiste de dos cámaras consecutivas que bombean sangre venosa hacia las branquias, vía la aorta ventral (ERIKSSON Y JOHNSON, 1979).



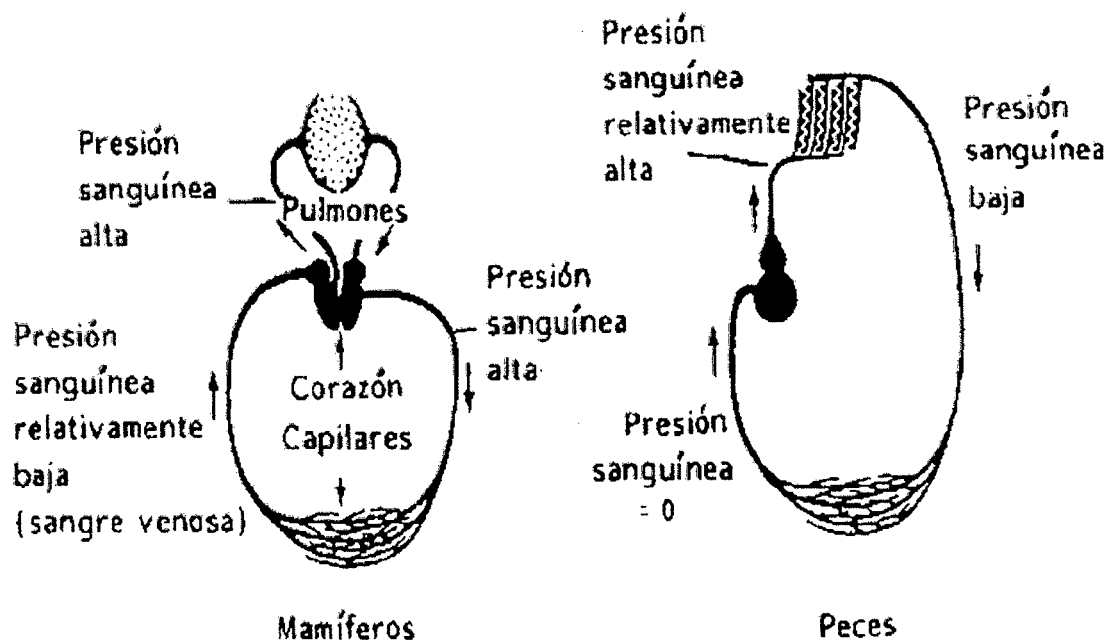
**Figura 9.** Circulación de la sangre en el pez  
Fuente: ERIKSSON Y JOHNSON (1979)

Notas:

1. El corazón bombea sangre hacia las branquias.
2. La sangre es aireada en las branquias.
3. La sangre arterial es dispersada dentro de los capilares, donde tiene lugar la transferencia de oxígeno y nutrientes al tejido circundante.
4. Los nutrientes del alimento ingerido son absorbidos del intestino y transportados al hígado y posteriormente dispersados en la sangre a lo largo de todo el cuerpo.
5. En los riñones la sangre es "purificada" y los productos de desecho son excretados por vía urinaria.

Después de airearse en las branquias, la sangre arterial es recogida en la aorta dorsal que corre exactamente debajo de la columna vertebral y desde aquí es dispersada en el interior de los diferentes tejidos por medio de los capilares. La sangre venosa retoma al corazón corriendo por venas de tamaño cada vez mayor (la mayor es la vena dorsal, que también se encuentra debajo de la columna vertebral). Todas las venas se juntan en un sólo vaso sanguíneo antes de entrar al corazón. El volumen total de sangre en el pez fluctúa entre el 1,5 y el 3,0 por ciento del peso del animal. La mayor parte está localizada en los órganos internos, mientras que el tejido muscular, que constituye dos tercios del peso corporal, contiene sólo el 20 por ciento del volumen de sangre (ERIKSSON Y JOHNSON, 1979).

Evidentemente, la circulación simple de la sangre en el pez es fundamentalmente diferente del sistema que presentan los mamíferos (Figura 10), donde la sangre pasa a través del corazón dos veces y es impulsada hacia el cuerpo a alta presión debido a las contracciones del corazón (ERIKSSON Y JOHNSON, 1979).



**Figura 10.** Circulación de la sangre en peces y mamíferos

Fuente: ERIKSSON Y JOHNSON (1979)

El corazón del pez no representa un papel importante en impulsar la sangre de regreso al corazón desde los capilares. En algunas pesquerías, la operación de desangrado es muy importante porque se desea obtener filetes blancos uniformes. Para lograr esto, un número de países ha recomendado que el pescado se deje desangrar por un período (15-20 minutos) previo al inicio del eviscerado (ERIKSSON Y JOHNSON, 1979).

Algunos investigadores han cuestionado la necesidad de manipular el pescado mediante un procedimiento de dos etapas, involucrando un período especial de desangrado (BOTTA *et al.*, 1983). Parece existir un consentimiento general en relación con lo siguiente:

- ✓ El tiempo que el pescado permanece a bordo antes de las operaciones de desangrado/eviscerado, afecta mucho más el desangrado que las propias operaciones de desangrado/eviscerado.
- ✓ Se obtiene un mejor desangrado si el pescado se corta estando vivo, pero es de mayor importancia cortar el pescado antes de que entre en rigor mortis, dado que son las contracciones del músculo las que fuerzan la sangre a salir de los tejidos.

#### **3.6.4. Otros órganos**

En cuanto a los otros órganos, sólo las huevas y el hígado representan un papel importante como productos comestibles. Sus tamaños dependen de la especie y varían con el ciclo biológico, la alimentación y la estación del año. Además, la composición puede cambiar y el contenido de grasa del hígado puede variar entre el 15 y el 75 por ciento, el valor más alto se ha encontrado en la época de otoño (JANGAARD *et al.*, 1967).

### 3.7. Principales constituyentes

La composición química de los peces varía considerablemente entre las diferentes especies y también entre individuos de una misma especie, dependiendo de la edad, sexo, medio ambiente y estación del año.

**Tabla IV.** Principales constituyentes (porcentaje) del músculo de pescado

Constituyente	Pescado (filete)		
	Mínimo	Variación normal	Máximo
Proteínas	6	16-21	28
Lípidos	0,1	0,2 - 25	67
Carbohidratos		< 0,5	
Cenizas	0,4	1,2-1,5	1,5
Agua	28	66-81	96

Fuentes: STANSBY, 1962; LOVE, 1970

Las variaciones en la composición química del pez están estrechamente relacionadas con la alimentación, nado migratorio y cambios sexuales relacionados con el desove. El pez tiene períodos de inanición por razones naturales o fisiológicas (como desove o migración) o bien por factores externos como la escasez de alimento. Usualmente el desove, independientemente de que ocurra luego de largas migraciones o no, requiere mayores niveles de energía (FAO, 1993b).

Un posible método para distinguir entre las especies de pescado magro y las especies grasas, es denominar como especies magras aquellas que almacenan lípidos sólo en el hígado y como especies grasas las que almacenan lípidos en células distribuidas en otros tejidos del cuerpo. Algunas especies almacenan lípidos solo en limitadas partes de sus tejidos corporales o en menor cantidad que las especies grasas típicas, y en consecuencia son denominadas especies semi-grasas. El contenido de lípidos en filetes de pescado magro es bajo y estable, mientras que el contenido de lípidos en filetes de especies grasas varía considerablemente. Sin embargo, la variación en el

porcentaje de grasas se refleja en el porcentaje de agua, dado que la grasa y el agua normalmente constituyen el 80 por ciento del filete. Esta proporcionalidad se puede emplear para "estimar" el contenido de grasa, a partir de la determinación del contenido de agua en el filete. De hecho, este principio ha sido utilizado con mucho éxito en un instrumento analizador de grasas denominado Medidor Torry de Grasas en Pescado, el cual en realidad mide el contenido de agua (KENT *et al.*, 1992).

En la Tabla V se muestran las variaciones en el contenido de agua, lípidos y proteínas de varias especies de pescados.

**Tabla V.** Composición química de los filetes de varias especies de pescados

Especie	Nombre científico	Agua (%)	Lípidos (%)	Proteínas (%)
<b>Salmón</b>	a) <i>Salmo salar</i>	67-77	0,3-14,0	21,5
<b>Trucha</b>	a) <i>Salmo trutta</i>	70-79	1,2-10,8	18,8-19,1
<b>Atún</b>	a) <i>Thunnus spp.</i>	71	4,1	25,2
<b>Cigala</b>	a) <i>Nephrops norvegicus</i>	77	0,6-2,0	19,5
<b>Pejerrey</b>	b) <i>Basilichthys bornariensis</i>	80	0,7-3,6	17,3-17,9
<b>Carpa</b>	b) <i>Cyprinus carpio</i>	81,6	2,1	16,0
<b>Sábalo</b>	c) <i>Prochilodus platensis</i>	67,0	4,3	23,4
<b>Pacu</b>	c) <i>Colossoma macropomum</i>	67,1	18,0	14,1
<b>Tambaqui</b>	c) <i>Colossoma brachypomum</i>	69,3	15,6	15,8
<b>Chincuiña</b>	c) <i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	70,8	8,9	15,8
<b>Corvina</b>	c) <i>Plagioscion squamosissimus</i>	67,9	5,9	21,7
<b>Bagre</b>	c) <i>Ageneiosus spp.</i>	79,0	3,7	14,8

**Fuentes:** Murray y Burt, 1969 (a); Poulter y Nicolaidis, 1985<sup>a</sup> (b); Poulter y Nicolaidis, 1985<sup>b</sup> (c)

El contenido de carbohidratos en el músculo de pescado es muy bajo, generalmente inferior al 0,5 por ciento. Esto es típico del músculo estriado, en el cual los carbohidratos se encuentran en forma de glucógeno y como parte de los constituyentes químicos de los nucleótidos. Estos últimos son la fuente de ribosa



liberada como una consecuencia de los cambios autolíticos post mortem (MURRAY Y BURT, 1969).

Se considera que el factor de mayor impacto en la composición química del pez es la composición de su alimento. El potencial de crecimiento es mayor cuando el pez es alimentado con una dieta rica en lípidos, para propósitos energéticos, y alto contenido de proteínas con una composición balanceada de aminoácidos.

Generalmente, muchas especies de peces usan algo de la proteína para propósitos energéticos independientemente del contenido de lípidos. Cuando el contenido de lípidos excede el nivel máximo que puede ser metabolizado para propósitos energéticos, el remanente es depositado en los tejidos, dando como resultado un pescado con muy alto contenido de grasa. Apartando el hecho del impacto negativo en la calidad general del pescado, el exceso de grasa también puede ocasionar disminución del rendimiento, pues los excedentes de grasa son depositados en la cavidad ventral y de este modo son descartados como desperdicio después de la evisceración y fileteado (MURRAY Y BURT, 1969).

### **3.7.1. Agua**

Cuanto menor es la actividad de agua de un alimento, mayor es su vida útil. Es importante diferenciar entre cantidad de agua y actividad de agua. El primer término hace referencia a la cantidad total de agua presente en el alimento, aunque puede ser que no esté libre para interactuar. La actividad de agua, en cambio, hace referencia solo a la cantidad de agua libre en el alimento y disponible para reaccionar, es decir, la que puede facilitar la contaminación del producto (FUENTE 21).

El contenido en agua de la carne del pescado magro fresco es de alrededor del 80%. Cuando este valor se reduce por debajo de aproximadamente el 25%, el deterioro por bacterias se frena, y por debajo de 15% las levaduras dejan de desarrollarse (FUENTE 20).

Puesto que los microorganismos compiten con los solutos por el agua que necesitan para crecer, en todo el intervalo de  $a_w$  en el que son viables, el conocimiento de la actividad del agua de un alimento, entre otros factores, es una indicación de su estado de conservación (HALL, 2001).

Las dos maneras más importantes de reducir la actividad de agua de los alimentos pasan por el secado y la incorporación de sal o azúcar para atrapar las moléculas de agua. La adición de sal es más efectiva que la adición de azúcar porque la sal se ioniza en un catión sodio y un anión cloruro, cada uno de los cuales está rodeado de moléculas de agua. Estas moléculas de agua asociadas iónicamente no están disponibles para ser utilizadas por los microorganismos y tienden a extraer agua de las células bacterianas debido a la fuerza iónica, deshidratándolas hasta el punto de su muerte, esporulación o letargo (BRENNAN, 1994).

#### **3.7.1.1. Agua libre (93 - 95%):**

- ✓ Actúa como solvente de extractivo y sales minerales
- ✓ Se evapora a la temperatura ambiente.
- ✓ Solidifica a temperatura de congelación.
- ✓ Se extrae a presión ordinaria

#### **3.7.1.2. Agua ligada (5 - 7%):**

- ✓ No es fácil de evaporar y solidificar
- ✓ No actúa como solvente
- ✓ No se extrae a la presión ordinaria
- ✓ Se encuentra unida a la proteína
- ✓ Solidifica a  $-63^{\circ}\text{C}$
- ✓ Pierde su habilidad de unirse a la proteína por desnaturalización

#### **3.7.2. Lípidos**

Los lípidos presentes en las especies de peces óseos pueden ser divididos en dos grandes grupos: los fosfolípidos y los triglicéridos. Los fosfolípidos constituyen la

estructura integral de la unidad de membranas en la célula, por lo tanto, a menudo se le denomina lípidos estructurales. Los triglicéridos son lípidos empleados para el almacenamiento de energía en depósitos de grasas, generalmente dentro de células especiales rodeadas por una membrana fosfolipídica y una red de colágeno relativamente débil. Los triglicéridos son a menudo denominados depósitos de grasa (FAO, 1993b).

La fracción fosfolipídica en el pescado magro consiste en un 69 por ciento de fosfatidil-colina, 19 por ciento de fosfatil-etanolamina y 5 por ciento de fosfatidil-serina. Adicionalmente, existen otros fosfolípidos pero en cantidades inferiores. Todos los fosfolípidos se encuentran almacenados en las estructuras de la membrana, incluyendo la membrana celular, el retículo endoplasmático y otros sistemas tubulares intracelulares, como también en membranas de los organelos como las mitocondrias. Además de fosfolípidos, las membranas también contienen colesterol, que contribuye a la rigidez de la membrana. En el tejido muscular de pescados magros se puede encontrar colesterol hasta en un 6 por ciento del total de los lípidos (FAO, 1993b).

Las células grasas -que constituyen los depósitos de lípidos en las especies grasas- están localizadas generalmente en el tejido subcutáneo, en los músculos del vientre y en los músculos que mueven las aletas y la cola. En algunas especies que almacenan cantidades extraordinariamente elevadas de lípidos, la grasa también puede ser depositada en la cavidad ventral (KIESSLING *et al.*, 1991).

Finalmente, los depósitos de grasa también se encuentran esparcidos por toda la estructura muscular. La concentración de células grasas parece ser más elevada cerca de las miocomatas y en las regiones entre el músculo blanco y el oscuro. El músculo oscuro contiene algunos triglicéridos dentro de las células musculares, incluso en peces magros, dado que este músculo es capaz de metabolizar directamente lípidos para la obtención de energía. Las células del músculo claro dependen del glucógeno como fuente de energía para el metabolismo anaeróbico (KIESSLING *et al.*, 1991).

En el músculo oscuro las reservas de energía son catabolizadas completamente a CO<sub>2</sub> y agua, mientras en el músculo claro se forma ácido láctico. La movilización de energía es mucho más rápida en el músculo claro que en el oscuro, pero la formación de ácido láctico genera fatiga, dejando el músculo incapacitado para trabajar por largos períodos a máxima velocidad. De esta forma, el músculo oscuro es usado para actividades de nado continuo y el músculo claro para movimientos súbitos como cuando el pez está a punto de atrapar una presa o para escapar de un depredador (KIESSLING *et al.*, 1991).

Los fosfolípidos también pueden ser parcialmente movilizados durante migraciones ininterrumpidas (LOVE, 1970), a pesar de que esta fracción lipídica se considera más de reserva que los triglicéridos.

El porcentaje total de ácidos grasos poliinsaturados con cuatro, cinco o seis dobles enlaces es levemente menor en los lípidos de peces de agua dulce (aproximadamente 70 por ciento) que en los lípidos de peces de agua de mar (aproximadamente 88 por ciento) (STANSBY, 1962). Sin embargo, la composición de lípidos no es completamente fija sino que puede variar un poco con la alimentación del animal y la estación del año.

Los pescados con un alto contenido de grasas, como es el caso de la sardina, el atún, el salmón, la trucha o el jurel, aportan ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (AGPICL): Omega-3; esenciales para el desarrollo de los niños, y para reducir los riesgos de enfermedades del corazón. Los AGPICL omega-3 solo se encuentran en los animales marinos y en los vegetales; de ahí la importancia del consumo del pescado. Dentro de los AGPICL omega-3 se encuentran: el ácido eicosapentaenoico el cual está asociado con la protección cardiovascular y el ácido docosahexaenoico, que es esencial para la formación y correcto funcionamiento del tejido nervioso (RUITER, 1999).

### **3.7.3. Proteínas**

#### **3.7.3.1. Proteínas Sarcoplasmáticas**

Proteínas sarcoplasmáticas (mioalbúmina, globulina y enzimas), que son solubles en soluciones salinas neutras de baja fuerza iónica (0,15 M). Esta fracción constituye el 25-30 por ciento del total de proteínas (RUITER, 1999).

La fracción sarcoplasmática <miogénica> del músculo constituye una gran familia de proteínas que comparten la propiedad de ser solubles en agua y diluirse en solución salina (RUITER, 1999).

##### **3.7.3.1.1. Contenido**

Normalmente, las proteínas sarcoplasmáticas comprenden cerca del 15-25% del total de las proteínas del músculo de los animales acuáticos. El contenido en proteínas sarcoplasmáticas suele ser más elevado en los peces pelágicos, como la sardina y la caballa y más bajo en los neríticos como la solla y el pargo (FAO, 1993b).

##### **3.7.3.1.2. Coagulación por Calor**

La mayor parte de las proteínas sarcoplasmáticas de los peces pelágicos se coagulan al ser calentadas en agua o encima de los 50°C, por ejemplo a 90°C durante 10 minutos. Solo el 65-75% de la proteína sarcoplasmática de los peces neríticos se coagula por el calor (SUZUKI, 1981). Las parvalbuminas de baja masa molecular (12kDa) se mantienen solubles al ser calentados a 70°C o más (KAWAI y col, 1992). Las proteínas de los peces de mar profundos son menos estables al calor que la de los peces de aguas más cálidas (TAGUCHI y col., 1981)

##### **3.7.3.1.3. Compuestos extractables que contienen nitrógeno**

Los compuestos extractables que contienen nitrógeno pueden definirse como compuestos de naturaleza no proteica, solubles en agua, de bajo peso molecular y

que contienen nitrógeno. Esta fracción NNP (nitrógeno no proteico) constituye en los teleósteos entre un 9 y un 18 por ciento del nitrógeno total (RUITER, 1999).

Los principales componentes de esta fracción son: bases volátiles como el amoniaco y el óxido de trimetilamina (OTMA), creatina, aminoácidos libres, nucleótidos y bases purínicas y, en el caso de peces cartilagosos, urea (RUITER, 1999).

En la Tabla VI se enumeran algunos de los componentes de la fracción NNP del músculo de varios peces, de aves y de mamíferos.

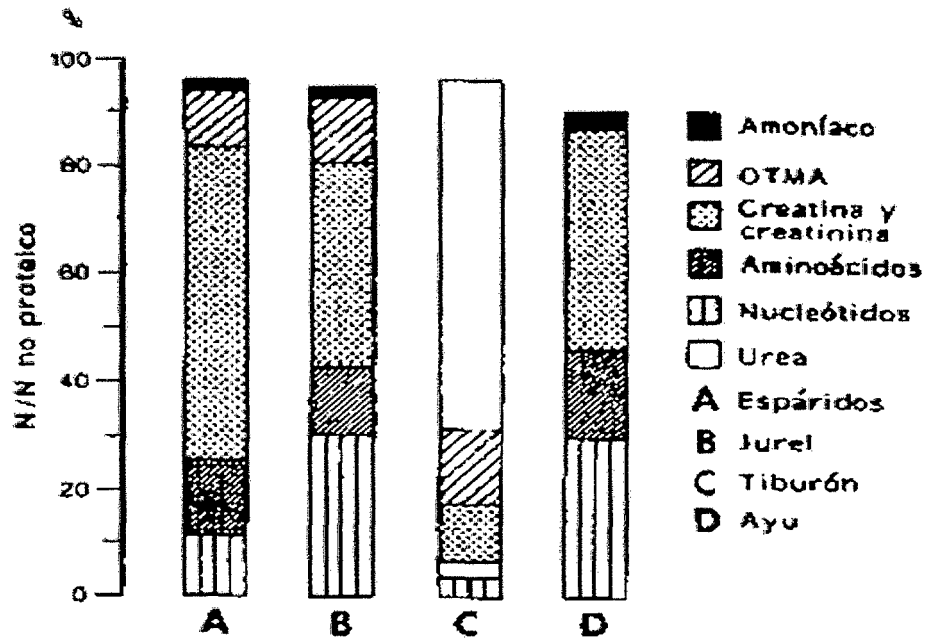
Tabla VI. Principales diferencias en las sustancias extractables del músculo

Compuesto en mg/100g peso neto	Pescado			Crustáceos	Aves de carral	Músculo de mamífero
	Bacalao	Arenque	Tiburón sp.	Bogavante	Músculo de la pata	
<b>1) Extractables totales</b>	1.200	1.200	3.000	5.500	1.200	3.500
<b>2) Aminoácidos libres totales</b>	75	300	100	3.000	440	350
<b>Arginina</b>	<10	<10	<10	750	<20	<10
<b>Glicina</b>	20	20	20	100-1.000	<20	<10
<b>Acido glutámico</b>	<10	<10	<10	270	55	36
<b>Histidina</b>	<1,0	86	<1,0	-	<10	<10
<b>Prolina</b>	<1,0	<1,0	<1,0	750	<10	<10
<b>3) Creatina</b>	400	400	300	0	-	550
<b>4) Betaína</b>	0	0	150	100	-	-
<b>5) Oxido de trimetilamina</b>	350	250	500-1.000	100	0	0
<b>6) Anserina</b>	150	0	0	0	280	150
<b>7) Carnosina</b>	0	0	0	0	180	200
<b>8) Urea</b>	0	0	2.000	-	-	35

Fuente: SHEWAN, 1974.

En esta tabla, la unidad hace referencia al peso molecular total del compuesto.

En la Figura 11 se muestra un ejemplo de la distribución de los diferentes componentes de la fracción NNP en peces marinos y de agua dulce. Cabe señalar que la composición varía no sólo entre especies diferentes sino también dentro de la misma especie, dependiendo de la talla, estación del año, muestra de músculo, etc.



**Figura 11.** Distribución del nitrógeno no proteico en el músculo del pez: dos especies marinas con estructura ósea (A, B), un elasmobranquio (C) y una especie de agua dulce (D)  
Fuente: KONOSU Y YAMAGUCHI, 1982

Este compuesto se encuentra en todas las especies de peces de agua de mar en cantidades del 1 al 5 por ciento del tejido muscular (peso seco), pero está virtualmente ausente en especies de agua dulce y en organismos terrestres (ANDERSON Y FELLERS, 1952).

Aunque se han efectuado muchos trabajos sobre el origen y el papel del OTMA, hay todavía mucho por esclarecer (STROEM *et al.*, 1979) han demostrado que el OTMA se forma por biosíntesis de ciertas especies del zooplancton. Estos organismos poseen una enzima (TMA monooxigenasa) que oxida la TMA a OTMA. La TMA comúnmente se encuentra en plantas marinas, al igual que otras aminas metiladas (monometilamina y dimetilamina). El pez que se alimenta de plancton puede obtener OTMA de su alimentación (origen exógeno) (FAO, 1993b).

Se han propuesto varias hipótesis respecto al papel del OTMA, a saber:

- ❖ El OTMA es esencialmente un residuo, la forma desintoxicada de la TMA.
- ❖ El OTMA es un osmorregulador.

- ❖ El OTMA tiene funciones "anticongelantes".
- ❖ El OTMA no tiene una función significativa. Se acumula en el músculo cuando el pez ingiere alimentos que contienen OTMA.

Actualmente se acepta el papel osmorregulador del OTMA. Cuantitativamente, el principal componente de la fracción NNP es la creatina. Cuando el pez está quieto, la mayor parte de la creatina es fosforilada y proporciona energía para la contracción muscular (STROEM, 1979).

#### 3.7.3.1.4. Enzimas

Las proteínas sarcoplasmáticas del pescado tienen, en términos generales, las mismas clases funcionales de enzimas que son comunes a mamíferos, aves y reptiles. Sobre esta base, podemos suponer que todas las clases de enzimas (oxidoreductasas, transferasas, hidrolasas, liasas e isomerasas) están presentes en el músculo de los peces. Los principales grupos enzimáticos que se sabe que afecta a las calidades comestibles del pescado son las hidrolasas, oxidoreductasas y transferasas (RUITER, 1999).

##### a) Hidrolasas

Las enzimas hidrolíticas de importancia en el periodo posterior a la captura del pescado incluyen proteinasas, peptidasas, lipasas y fosfolipasas, y glucógeno-hidrolasas. Las proteínas constitutivas importantes de peces y mariscos son las presentes en: (i) células musculares, (ii) células de la matriz extracelular y el tejido conectivo que rodea al músculo, y (iii) órganos digestivos y otros (RUITER, 1999).

Las enzimas lipolíticas del pescado incluyen la de los órganos digestivos y las del músculo. La lipólisis es especialmente importante en el pescado congelado ya que puede producirse hidrólisis en la fase lipídica con una baja actividad de agua (HAARD, 1992).

El músculo del pescado difiere del de los animales terrestres en su capacidad para movilizar el glucógeno por medio de una ruta hidrolítica (del tipo amilasa) así como



290



por medio de la conocida ruta de la fosforilasa. Las lisosomas del musculo contienen enzimas que degradan el proteoglicano como la  $\beta$ -glucuronidasa y la  $\beta$ -N-acetilhexosaminidasa que pueden contribuir al reblandecimiento de la textura del musculo del pescado después de haber sido capturado (HAARD, 1992).

#### **b) Oxidorreductasas**

Las lipoxigenasas han sido identificadas en la piel del pescado, en los opérculos y en el tejido del musculo. Estas enzimas han estado implicadas en el blanqueo carotenoides de la piel y en el aroma del pescado fresco (JOSEPHSON Y LINDSEY, 1986).

Otras oxidorreductasas halladas en los pescados son las peroxidasas, la catalasa y la superoxidodismutasa. Las oxidorreductasas también son componentes importantes de la ruta glicolítica (JOSEPHSON Y LINDSEY, 1986).

#### **c) Proteínas Hemo**

Los pigmentos asociados al color superficial rojo brillante de la carne del pescado incluyen la oximioglobina y oxihemoglobina. Normalmente, la hemoglobina contribuye en una menor medida a la apariencia de los alimentos marinos porque se pierde con bastante facilidad durante la manipulación y el almacenado, mientras que la mioglobina queda retenida en la estructura celular (RUITER, 1999).

Las hemoglobinas del pescado suelen ser proteínas tetraméricas y, en este sentido, son similares a las hemoglobinas de los mamíferos. Sin embargo, las hemoglobinas de los invertebrados pueden contener más de cuatro grupos hemo y los peces primitivos (lampreas y anguilas) tienen hemoglobina monómera semejante a la mioglobina.

Las fibras oscuras y claras tienden a estar más separadas en los musculos de los animales acuáticos que en los de los terrestres (HULTIN, 1985). Por tanto el musculo oscuro del pez suele tener la apariencia más oscura que el de otros miosistemas

alimentarios por su alta concentración de mioglobina. El contenido en mioglobina del musculo aumenta con la edad y durante la época de la migración (LOVE, 1988).

#### **d) Parvalbuminas**

Las parvalbuminas son un grupo de proteínas que ligan  $\text{Ca}^{2+}$ , de baja masa molecular (cerca de 12kDa), acidas, solubles en agua y estables al calor. En los pescados, estas moléculas pueden constituir un 20-30% de la fracción proteica sarcoplasmática (SCHWIMMER, 1981).

#### **3.7.3.2. Proteínas miofibrilares**

Constituyen el 70-80% del contenido total de proteínas (comparado con el 40% en mamíferos). Estas proteínas son solubles en soluciones salinas neutras de alta fuerza iónica (0,5 M).

Las proteínas miofibrilares son aquellas que componen el aparato contráctil o miofibrilla de la célula del musculo. La miosina y la actina son las proteínas miofibrilares que actúan directamente en el ciclo de contracción-relajación. Las proteínas estructurales conforman el aparato contráctil responsable de los movimientos musculares. La composición de aminoácidos es aproximadamente la misma que en las correspondientes proteínas del músculo de mamíferos, a pesar de que las propiedades físicas pueden ser ligeramente diferentes (RUITER, 1999).

##### **3.7.3.2.1. Miosina**

Las moléculas de miosina forman los filamentos gruesos y constituyen cerca de la mitad de las proteínas del aparato contráctil. La molécula de miosina contiene dos subunidades denominadas cadenas pesadas (200kDa) y hasta cuatro subunidades denominados cadenas ligeras (16-30 kDa) y es una estructura larga (2nm x 160nm) con dos cabezas globulares (5nm x 20nm). La actividad ATPasa de la miosina está localizada en la región de la cabeza de la molécula y es necesaria para interacción de la miosina con la actina.

La miosina de los peces de aguas frías es menos estable que la de los peces tropicales (JOHNSON *et al*, 1990).

#### **3.7.3.2.2. Paramiosina**

Paramiosina se encuentra en el músculo lizo y estriado de los invertebrados. Esta molécula de 200 kDa forma el núcleo central de los filamentos gruesos de tales músculos. La Paramiosina, en concentraciones relativamente bajas parece contribuir a la estructura de la Actinmiosina de los productos de gel del pescado (RUITER, 1999).

#### **3.7.3.2.3. Actina**

La Actina es una proteína globular (G- Actina) que se polimeriza en concentración salina fisiológica para formar filamentos denominados Actina-F. La Actina es el principal componente de los filamentos delgados y como proteína neofibrilar sigue la importancia a la miosina (RUITER, 1999).

#### **3.7.3.2.4. Tropomiosina**

La tropomiosina es una de las principales proteínas reguladoras que consiste en dos subunidades o cadenas de aproximadamente 33 kDa. La proporción de las dos subunidades (a y b) varía con el tipo de fibra del músculo. La tropomiosina se une estequiométricamente con la actina (1:7 mol/mol) y con la troponina (1:1 mol/mol).

También se ha señalado que las cantidades de glicina y leucina son especies específicas en los animales de sangre fría (RUITER, 1999).

#### **3.7.3.2.5. Troponinas**

La troponina es una proteína reguladora de cerca de 80 kDa que confiere  $Ca^{2+}$  sensibilidad a la ATPasa actomiosina. Tres subunidades funcionan en la ligazón o unión del  $Ca^{2+}$  (troponina C), en la relajación del complejo actina miosina en presencia de ATP (troponina I) y en la unión de la troponina completa con la tropomiosina (troponina T) (RUITER, 1999).

### 3.7.3.3. Proteínas del estroma

La fracción insoluble que queda después de haber extraído las proteínas sarcoplasmáticas y miofibrilares del músculo contiene las proteínas del estroma. Los dos tipos principales de proteína de esta fracción son las proteínas de tejido conjuntivo denominadas colágeno y elastina.

Proteínas del tejido conectivo (colágeno), que constituyen aproximadamente el 3 por ciento del total de las proteínas en teleósteos y cerca del 10 por ciento en elasmobranchios (comparado con el 17 por ciento en mamíferos).

Los tejidos conjuntivos están localizados principalmente en la matriz extracelular y contienen pocas células vivas en una sustancia amorfa compuesta por carbohidratos y lípidos y proteínas. Los fibroblastos son células que sintetizan y segregan colágeno, elastina y otras sustancias, como los proteoglicanos, que ocupan el espacio intersticial del músculo y otros tejidos (RUITER, 1999).

#### 3.7.3.3.1. Colágeno

El colágeno constituye una familia de proteínas que suelen representar un 20-25 % del total proteico de los músculos de los mamíferos (RUITER, 1999).

##### a) Tipos de colágeno

Al menos 4 tipos de colágenos (I, II, IV, V) han sido identificados en los músculos de aves y mamíferos (BAILEY *et al.*, 1979). El colágeno de tipo I de la piel y el músculo del pescado suele contener una única cadena  $\alpha 3$  con la estructura  $\{\alpha 1 (I) \alpha 2 (I) \alpha 3 (I)\}$  (KIMURA Y TANAKA, 1986).

En los músculos del pescado también se han identificado colágeno de tipo V aunque no ha sido posible encontrar colágeno de tipo A (SATO *et al.*, 1991). En los pescados la solubilidad del colágeno del músculo crece durante el almacenamiento en frío en el periodo post-mortem (CEPEDA *et al.*, 1990) y esto parecen estar relacionados con la degradación del colágeno de tipo V (SATO *et al.*, 1991) y de los proteoglicanos. Por

otro lado, el colágeno de tipo I es muy estable en el pescado post-mortem (CEPEDA *et al*, 1990; SATO *et al*, 1991).

Las proteínas del pescado contienen todos los aminoácidos esenciales y al igual que las proteínas de la leche, los huevos y la carne de mamíferos, tienen un valor biológico muy alto (Tabla VII).

**Tabla VII.** Aminoácidos esenciales (porcentaje) de varias proteínas

Aminoácido	Pescado	Leche	Carne vacuna	Huevos
<b>Lisina</b>	8,8	8,1	9,3	6,8
<b>Triptófano</b>	1,0	1,6	1,1	1,9
<b>Histidina</b>	2,0	2,6	3,8	2,2
<b>Fenilalanina</b>	3,9	5,3	4,5	5,4
<b>Leucina</b>	8,4	10,2	8,2	8,4
<b>Isoleucina</b>	6,0	7,2	5,2	7,1
<b>Treonina</b>	4,6	4,4	4,2	5,5
<b>Metionina-cisteína</b>	4,0	4,3	2,9	3,3
<b>Valina</b>	6,0	7,6	5,0	8,1

Fuente: BRAEKKAN, 1976

#### 3.7.3.4. Valor nutritivo

Como casi todos los alimentos de origen animal, los marinos contienen proteínas de un valor nutritivo excelente la proteína del pescado contiene todos los aminoácidos esenciales, es muy digestible y su índice de eficacia proteica varía de 2.7 a 3.2. El INQ (Índice de Calidad Nutritiva) de la proteína del pescado también puede compararse ventajosamente con otros alimentos, aunque los pescados carezcan de muchos otros nutrientes que afectan significativamente al INQ total. En términos de valor nutritivo, la proteína de pescado esta por encima de la caseína (NETTLETON, 1985).

### 3.7.4. Vitaminas

La cantidad de vitaminas y minerales es específica de la especie y, además, puede variar con la estación del año. En general, la carne de pescado es una buena fuente de vitamina B y en el caso de las especies grasas, también de vitaminas A y D. Algunas especies de agua dulce, como la carpa, tienen una alta actividad tiaminasa razón por la cual el contenido de tiamina en esta especie es por lo general bajo. Respecto a los minerales, la carne de pescado se considera una fuente particularmente valiosa de calcio y fósforo, así como también de hierro y cobre. Los peces de mar tienen un alto contenido de yodo (RUITER, 1999). En las Tablas VIII y IX se indican los contenidos de algunas vitaminas y minerales. Debido a la variación natural de estos componentes no es posible dar cifras exactas.

**Tabla VIII.** Vitaminas en el pescado

Pescado	A (UI/g)	D (UI/g)	B <sub>1</sub> (tiamina) (μ /g)	B <sub>2</sub> (riboflavina) (μ /g)	Niacina (μ /g)	Acido Pantoténico	B <sub>6</sub> (μ /g)
<b>Filete de bacalao</b>	0-50	0	0,7	0,8	20	1.7	1,7
<b>Filete de arenque</b>	20-400	300-1000	0,4	3,0	40	10	4,5
<b>Aceite de hígado de bacalao</b>	200-10000	20-300	-	<sup>1)</sup> 3,4	<sup>1)</sup> 15	<sup>1)</sup> 4,3	-

<sup>1)</sup>Hígado entero

Fuente: MURRAY Y BURT, 1969

**Tabla IX.** Algunos constituyentes minerales del músculo de pescado

Elemento	Valor promedio (mg/100g)	Rango (mg/100g)
<b>Sodio</b>	72	30 - 134
<b>Potasio</b>	278	19 - 502
<b>Calcio</b>	79	19 - 881
<b>Magnesio</b>	38	4,5 - 452
<b>Fósforo</b>	190	68 - 550

Fuente: MURRAY Y BURT, 1969

El contenido de vitaminas es comparable con el de los mamíferos excepto en el caso de las vitaminas A y D, que se encuentran en grandes cantidades en la carne de las especies grasas y en abundancia en el hígado de especies como el bacalao y el hipogloso. Debe señalarse que el contenido de sodio en la carne de pescado es relativamente bajo lo cual le hace apropiado para regímenes alimenticios de tal naturaleza.

En los peces de acuicultura, se considera que el contenido de vitaminas y minerales refleja la composición de los constituyentes en el alimento del pez, aunque los datos deben ser interpretados con gran cuidado. A fin de proteger los ácidos grasos poliinsaturados n-3, considerados de gran importancia tanto para el pez como para la salud humana, debe añadirse vitamina E en el alimento del pez, como antioxidante. Se ha demostrado que el nivel de vitamina E presente en los tejidos del pescado se corresponde con la concentración añadida en el alimento (WAAGBOE *et al.*, 1991).

### **3.7.4.1. Vitaminas liposolubles**

#### **3.7.4.1.1. Vitamina A**

La vitamina A juega un papel fundamental en la visión, el crecimiento, el desarrollo óseo, la reproducción y el mantenimiento normal de los tejidos epiteliales de los seres humanos, mamíferos, aves, peces y muchas formas de vida inferiores. En términos generales, la actividad de la vitamina A se refiere a los derivados de  $\beta$ -ionona, que tienen la actividad biológica del todo-trans-retinol. Los retinoides más significativos del metabolismo animal son las formas alcohol (todo-trans-retinoico), incluyendo los ésteres de retinilo (es decir, palmitato de retinilo) y  $\beta$ -glucurónico de retinilo. Las tres formas pueden encontrarse en dos variantes: con el núcleo de  $\beta$ -ionona (Vitamina A<sub>1</sub>) o con el de la  $\beta$ -ionona deshidrogenada (Vitamina A<sub>2</sub>). Sin embargo, la primera es más importante, tanto cuantitativa como cualitativamente, como fuente de actividad de la vitamina A. El término "vitamina A" suele referirse a la vitamina A<sub>1</sub>.

La vitamina A<sub>1</sub> (retinol) se encuentra en altas proporciones en los peces marinos, mientras que la vitamina A<sub>2</sub> (3,4-deshidrorretinol) es la forma predominante en los

de agua dulce. Hay una pequeña cantidad de vitamina A2 (<5%) en la mayor parte de los peces marinos (WAAGBOE *et al.*, 1991).

En los peces de agua dulce, tienen lugar la transformación oxidativa del retinol a 3,4-deshidrorretinol (GOSWAMI, 1984), así como la conversión reversible del retinol en retinal y del 3,4-deshidrorretinol en 3,4-deshidrorretinol. Los aceites de pescado constituyen la principal fuente natural de vitamina A, pero se observan enormes diferencias en los niveles de vitamina A de especies distintas. A diferencia de los elasmobranquios, los peces de tipo óseo (teleósteos) depositan grasa en el hígado y otros tejidos, pero el contenido de vitamina A de estos tejidos no está relacionado necesariamente con su contenido de lípidos. El hígado constituye el mayor órgano de almacenamiento tanto de lípidos como de vitamina A en los gadiformes (bacalao, eglefino, merluza, etc) pero los aceites del hígado de estos pescados no son tan potentes como los de los tiburones (WAAGBOE *et al.*, 1991).

#### **3.7.4.1.2. Vitamina D**

Las dos fuentes principales naturales de la vitamina D son el colecalciferol (vitamina D3, que se encuentra en muchos animales) y el ergocalciferol (vitamina D2, que se produce fundamentalmente en las plantas). Estas formas de vitamina D son conocidas por su actividad antirraquítica. El hígado es una fuente rica de vitamina D pero su concentración varía muchísimo de unos pescados a otros.

La carne de numerosos pescados contiene pequeñas cantidades de vitamina D. Solo se observan bajas concentraciones de vitamina D en los gadiformes y peces planos, como la platija. La caballa, el arenque y la sardina contienen cantidades apreciables de esta vitamina (RUITER, 1999).

#### **3.7.4.1.3. Vitamina E**

El contenido en vitamina E varía con las especies y los pescados grasos suelen tener mayores concentraciones de vitamina E que los magros (RUITER, 1999). En la carne, el músculo oscuro contiene más vitamina E que el claro, lo cual es reflejo de la mayor



necesidad de antioxidantes por parte de los tejidos del músculo oscuro metabólicamente activos (ACKMAN, 1967). Puesto que la vitamina E es liposoluble, los aceites de pescado, especialmente los extraídos del hígado tienen mayores concentraciones de vitamina E que la carne.

Durante el procesado y almacenamiento en congelación del pescado y productos pesqueros, las concentraciones de vitamina E decrecen de forma concomitante con la peroxidación de los lípidos. Por tanto, los productos pesqueros y aceites de pescado tienen cantidades de vitamina E menos predecibles que los pescados frescos de los que proceden. Los aceites de pescado suelen contener cantidades significativas de ácidos grasos poliinsaturados y, durante su almacenamiento, el índice de autooxidación están inversamente relacionado con su contenido en vitamina E (RUITER, 1999).

#### **3.7.4.2. Vitaminas Hidrosolubles**

##### **3.7.4.2.1. Tiamina**

Se encuentra tiamina en la mayor parte de los tejidos animales, principalmente en sus formas fosforiladas, mono-, di- y trifosfatos de tiamina. En comparación con los productos cárnicos procedentes de mamíferos, los productos marinos contienen generalmente niveles marginales de tiamina y sólo aportan pequeñas cantidades de este compuesto a la dieta de los seres humanos. La concentración de tiamina varía con la especie de pescado. Dentro de la misma especie de pescado, la variación del contenido en tiamina de un ejemplar a otro es menos pronunciada que la observada para las vitaminas liposolubles, lo que implica que la absorción de tiamina por los tejidos del pescado está gobernada en gran parte por la demanda metabólica y que después de alcanzar ese límite, no se produce acumulación (RUITER, 1999).

##### **3.7.4.2.2. Riboflavina**

En el pescado, los tejidos metabólicamente activos son ricos en riboflavina; el músculo oscuro contiene de 10 a 20 veces más que el músculo claro y las especies

pelágicas más activas pueden contener hasta 10 o 20 veces más que las especies neríticas sedentarias. (FAO, 1993b)

#### **3.7.4.2.3. Vitamina B<sub>6</sub>**

El término de vitamina B<sub>6</sub> se refiere a todos los derivados de la 3-hidroxi-2-metilpiridina que presentan actividad biológica de piridoxina. La vitamina incluye formas aldehído (piridoxal) y amina (piridoxamina). La forma metabólicamente activa de la vitamina B<sub>6</sub> es el fosfato de piridoxal (PLP), que actúa como coenzima en reacciones en las que intervienen los aminoácidos.

Las tres formas son transformadas en el cuerpo en la forma metabólicamente activa PLP. Las mejores fuentes alimenticias de piridoxina de origen animal son el pescado y los mariscos. Los pescados pelágicos como la caballa, el arenque, el atún y el bonito son especialmente ricos en esta vitamina. La carne de ciertos peces de agua dulce contiene cantidades de piridoxina relativamente más pequeñas que las de los marinos. (BRAEKKAN, 1976)

#### **3.7.4.2.4. Acido Pantoténico**

La concentración de ácido pantoténico en los pescados marinos y mariscos varía desde 0,12 hasta 0,97 mg 100 g<sup>-1</sup> de carne (BRAEKKAN, 1976). El ácido pantoténico de los alimentos es bastante estable a los métodos típicos de cocinado y almacenamiento. Es inestable al calor y a las condiciones alcalinas (pH > 7) y ácidas (pH < 5).

#### **3.7.4.2.5. Biotina**

El contenido medio de biotina en pescados y mariscos varía mucho, desde 2 a 6 µg de biotina 100 g<sup>-1</sup> de carne. Un estudio comparativo de la biotina del músculo de los pescados demostró que el oscuro contiene de un 6 a un 22% más de biotina que el claro. La biotina se destruye por el calor y bajo condiciones que llevan a la peroxidación de los lípidos (RUITER, 1999).

#### **3.7.4.2.6. Vitamina B<sub>12</sub>**

Los alimentos de origen marino son excelentes fuentes de vitamina B<sub>12</sub>. En los pescados, el músculo oscuro es especialmente abundante en vitamina B<sub>12</sub> en comparación con el músculo blanco, y los pescados de carne oscura, tienen una mayor potencia de vitamina B<sub>12</sub> que los pescados de carne blanca. A diferencia de otras vitaminas hidrosolubles, la vitamina B<sub>12</sub> se almacena en cantidades sustanciales en el hígado aunque el grado de dicha acumulación está inversamente relacionado con la acumulación de grasa (RUITER, 1999)

#### **3.7.5. Minerales**

##### **3.7.5.1. Calcio y fósforo**

Los productos pesqueros son una buena fuente de fósforo y, al igual que otros productos cárnicos, una fuente insuficiente de calcio. El filete de pescado y otros productos de consumo habitual de las personas contienen proporciones mínimas de hueso y, por tanto, aportan cantidades relativamente más pequeñas de calcio y fósforo que el pescado completo. La media de las concentraciones de calcio de la mayor parte de los músculos de peces teleósteos y mariscos suelen ser bajas y algunas especies muestran diferencias importantes debidas a su cantidad relativa de huesos y conchas (RUITER, 1999). La concentración media de fósforo de los filetes de pescado varía desde los 113 hasta los 350 mg 100 g<sup>-1</sup>.

##### **3.7.5.2. Magnesio**

Los productos pesqueros, como otros productos cárnicos animales son fuentes pobres de magnesio. La concentración media de magnesio de la porción comestible del músculo de la mayor parte de los peces teleósteos y mariscos oscilan entre 21 y 45 mg 100 g<sup>-1</sup> (RUITER, 1999).

### **3.7.5.3. Sodio, potasio y cloro**

Tanto en los pescados de agua dulce como salada, el contenido medio de sodio es de 60 mg 100 g<sup>-1</sup>. En el tejido comestible tanto de los pescados marinos como de los de agua dulce, la concentración de potasio es siempre superior a la de sodio (RUITER, 1999).

### **3.7.5.4. Hierro**

Es poco lo que se sabe acerca de las formas del hierro que hay en los pescados. Los amplios estudios realizados sobre la composición mineral de diversas especies de pescados capturadas en la costa del pacífico de los EE.UU muestran valores que oscilan de 2 a 10 mg de hierro por kg de tejido muscular comestible (GORDON Y ROBERTS, 1979)

El músculo oscuro contiene más hierro, tanto en forma hemo como no-hemo, que el músculo claro. El hierro hemo constituye el 25-44% del contenido total de hierro, en contraste con el 71-89% que corresponde a la carne de vacuno.

### **3.7.5.5. Zinc**

Entre todos los alimentos de origen animal, la ostra es la fuente más rica del cinc. En los animales marinos, las concentraciones más bajas (50-400 ml<sup>-1</sup> kg<sup>-1</sup> de peso seco) se encuentran en los pescados y mamíferos. Los pescados son más ricos en cinc que los moluscos y crustáceos. El contenido medio de cinc de los mariscos y pescados de agua dulce, es de aproximadamente 8 mg kg<sup>-1</sup> (RUITER, 1999).

### **3.7.5.6. Manganeso**

El manganeso está muy distribuido en los tejidos de los pescados y de otros animales. Las mayores concentraciones se encuentran en los huesos; sin embargo, hay cantidades significativas en el hígado, músculo, riñón, tejidos gonadales y la piel. La mayor parte de los pescados contienen de 0,1 a 0,4 mg de Mn kg<sup>-1</sup> siempre que no haya retenidas en la carne cantidades apreciables de hueso (RUITER, 1999).

### **3.7.5.7. Cobre**

La concentración total de cobre en gran parte de los organismos vivientes, incluidos los pescados, es de cerca de  $2 \text{ mg kg}^{-1}$ , con la excepción de algunos moluscos y crustáceos.

Un amplio estudio sobre la distribución de los elementos de traza en los peces teleósteos de EE.UU reveló que la concentración de cobre en el músculo oscilaba de  $0,1$  a  $2 \text{ mg Cu por kg}^{-1}$  de peso fresco situándose la mayor parte de los valores entre los  $0,2$  y los  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$  (HALL, 2001). Sin embargo, el hígado contenía concentraciones de cobre significativamente superiores que otros tejidos variando de  $1,0$  a  $110 \text{ mg kg}^{-1}$ .

### **3.7.5.8. Yodo**

El yodo se encuentra en forma natural unido covalentemente con la tirosina y la tironina, o en forma de yodatos y yoduros, pero no como yodo elemental ( $I_2$ ).

La porción comestible de pescados y mariscos marinos puede contener entre  $0,3$  y  $3 \text{ mg de I kg}^{-1}$ . El contenido de yodo de los pescados de agua dulce varía mucho, pero suele ser inferior al de los marinos (ANON, 1986).

## **3.8. Cambios sensoriales**

Los cambios sensoriales son los que percibimos a través de los sentidos, por ejemplo, apariencia, olor, textura y sabor.

### **3.8.1. Cambios en el pescado fresco crudo**

Los primeros cambios sensoriales del pescado durante el almacenamiento están relacionados con la apariencia y la textura. El sabor característico de las especies normalmente se desarrolla durante los dos primeros días de almacenamiento en hielo (RUITER, 1999).

El cambio más dramático es el ataque del rigor mortis. Inmediatamente después de la muerte el músculo del pescado está totalmente relajado, la textura flexible y elástica generalmente persiste durante algunas horas y posteriormente el músculo se contrae. Cuando se toma duro y rígido, todo el cuerpo se vuelve inflexible y se dice que el pescado está en rigor mortis. Esta condición generalmente se mantiene durante uno o más días y luego se resuelve el rigor. La resolución del rigor mortis hace que el músculo se relaje nuevamente y recupere la flexibilidad, pero no la elasticidad previa al rigor. La proporción entre el comienzo y la resolución del rigor varía según la especie y es afectada por la temperatura, la manipulación, el tamaño y las condiciones físicas del pescado (Tabla X) (RUITER, 1999).

Generalmente se acepta que el comienzo y la duración del rigor mortis resultan más rápido a mayor temperatura, pero se ha observado en ciertas especies tropicales el efecto opuesto de la temperatura, en relación con el comienzo del rigor. Resulta evidente que en estas especies el inicio del rigor se acelera a la temperatura de 0 °C en comparación con 10 °C, lo cual muestra buena correlación con la estimulación de los cambios bioquímicos a 0 °C (POULTER et al., 1985a).

El rigor mortis se inicia inmediatamente o poco después de la muerte, en el caso de peces hambrientos y cuyas reservas de glucógeno están agotadas, o en peces exhaustos. El método empleado para aturdir y sacrificar el pez también influye en el inicio del rigor. El aturdimiento y sacrificio por hipotermia (el pez es muerto en agua con hielo) permite obtener el más rápido inicio del rigor, mientras que un golpe en la cabeza proporciona una demora de hasta 18 horas (AZAM et al., 1990).

**Tabla X.** Comienzo y duración del rigor mortis en algunas especies de pescado

Especie	Condición	Temperatura (°C)	Tiempo desde la muerte hasta el inicio del rigor (horas)	Tiempo desde la muerte hasta el final del rigor (horas)
<b>Bacalao (<i>Gadus morhua</i>)</b>	exhausto	0	2-8	20-65
	exhausto	10-12	1	20-30
	exhausto	30	0,5	1-2
	no exhausto	0	14-15	72-96
	exhausto			
<b>Mero (<i>Epinephelus malabaricus</i>)</b>	no exhausto	2	2	18
	exhausto			
<b>Tilapia azul (<i>Areochromis aureus</i>)</b>	exhausto	0	1	
	no exhausto	0	6	
	exhausto			
<b>Tilapia (<i>Tilapia mossambica</i>) pequeña 60g</b>	no agotado	0-2	2-9	26,5
	agotado			
<b>Anchoita (<i>Engraulis anchoita</i>)</b>	exhausto	0	20-30	18
<b>Solla (<i>Pleuronectes platessa</i>)</b>	exhausto	0	7-11	54-55
<b>Carbonero (<i>Pollachius virens</i>)</b>	exhausto	0	18	110
<b>Lenguado japonés (<i>Paralichthys olivaceus</i>)</b>	exhausto	0	3	>72
<b>Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)</b>	no exhausto	0	8	
	exhausto			

Fuente: TRUCCO *et al.*, 1982

La evaluación sensorial del pescado crudo en mercados y sitios de desembarque se efectúa mediante la evaluación de la apariencia, textura y olor.

Los cambios sensoriales característicos en el pescado post mortem varían considerablemente dependiendo de la especie y el método de almacenamiento (FAO, 1993b).

### 3.8.2. Cambios en la calidad comestible

Cuando se requiere un criterio de calidad durante el almacenamiento del pescado refrigerado, se puede llevar a cabo una evaluación sensorial del pescado cocido. Se puede detectar un patrón característico del deterioro del pescado almacenado en hielo, el cual puede ser dividido en las cuatro fases siguientes:

**Fase 1:** El pescado es muy fresco y tiene un sabor a algas marinas, dulces y delicadas. El sabor puede ser muy ligeramente metálico.

**Fase 2:** Hay una pérdida del olor y del gusto característico. La carne es neutral pero no tiene olores extraños. La textura se mantiene agradable.

**Fase 3:** Aparecen signos de deterioro y, dependiendo de la especie y del tipo de deterioro (aeróbico o anaeróbico), se producen una serie de compuestos volátiles de olor desagradable. Uno de estos compuestos volátiles puede ser la trimetilamina (TMA) derivada de la reducción bacteriana del óxido de trimetilamina (OTMA). La TMA tiene un olor a "pescado" muy característico. Al inicio de esta fase pueden aparecer olores y sabores ligeramente ácidos, afrutados y ligeramente amargos, especialmente en peces grasos. En los últimos estadios de esta fase se desarrollan olores nauseabundos, dulces, como a col, amoniacales, sulfurosos y rancios. La textura se toma suave y aguada, o dura y seca.

**Fase 4:** El pescado puede caracterizarse como deteriorado y pútrido.

Una escala numerada puede ser usada para la evaluación sensorial del pescado cocido según se muestra en la Figura 12. La escala está numerada del 0 al 10, donde 10 indica absoluta frescura, 8 buena calidad y 6 un pescado con sabor neutro (insípido). El nivel de rechazo es 4. Usando la escala según la puntuación señalada, el gráfico adquiere forma de "S" indicando una rápida degradación del pescado durante la primera fase, menor tasa en las fases 2 y 3, y finalmente una alta variación cuando el pescado se descompone (FAO, 1993b).



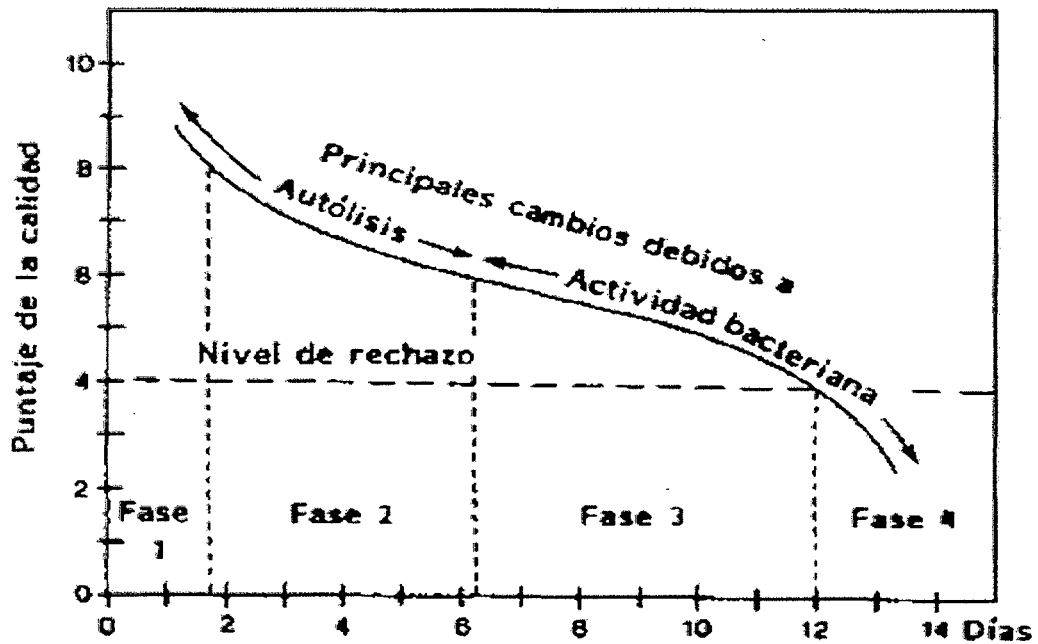


Figura 12. Cambios en la Calidad Comestible

Fuente: FAO (1993 b)

### 3.8.3. Cambios autolíticos

Autólisis significa "auto-digestión". Se sabe desde hace muchos años que existen por lo menos dos tipos de deterioro en el pescado: bacteriano y enzimático. En algunas especies (calamar, arenque), los cambios enzimáticos preceden y por lo tanto predominan al deterioro del pescado refrigerado. En otros la autólisis, sumada al proceso microbiano, contribuye en diferentes grados a la pérdida general de la calidad (FAO, 1993b).

### 3.8.4. Producción de energía en el músculo post mortem

Al momento de la muerte, el suministro de oxígeno al tejido muscular se interrumpe porque la sangre deja de ser bombeada por el corazón y no circula a través de las branquias donde, en los peces vivos, es enriquecida con oxígeno. Dado que el oxígeno no está disponible para la respiración normal, se restringe la producción de energía a partir de los nutrientes ingeridos. El glucógeno (carbohidrato de almacenamiento) o las grasas son oxidadas o "quemadas" por las enzimas del tejido,

en una serie de reacciones las cuales finalmente producen dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), agua y adenosina trifosfato (ATP), un compuesto orgánico rico en energía. Este tipo de respiración se efectúa en dos etapas: una anaeróbica y otra aeróbica. La última depende de la continua presencia del oxígeno ( $\text{O}_2$ ), sólo disponible en el sistema circulatorio.

Para la mayoría de los peces teleósteos, la glucólisis es la única ruta posible para la producción de energía en cuanto el corazón deja de latir. Este proceso, más ineficiente, genera principalmente ácido láctico y ácido pirúvico como productos finales. Además, mediante la glucólisis se producen dos moles de ATP por cada mol de glucosa, en comparación con los 36 moles de ATP producidos por cada mol de glucosa si los productos glucolíticos finales son oxidados aeróbicamente en la mitocondria del animal vivo. Así, después de la muerte, el músculo anaeróbico no puede mantener su nivel normal de ATP, y cuando el nivel intracelular declina de 7-10 m moles/g a  $\approx 1,0$  m moles/g de tejido, el músculo entra en rigor mortis. La glucólisis post mortem resulta en la acumulación de ácido láctico, con la concomitante disminución del pH en el músculo. Como regla, el pescado bien descansado y bien alimentado contiene más glucógeno que el pescado exhausto y hambriento.

La disminución post mortem en el pH del músculo de pescado tiene un efecto en las propiedades físicas del músculo. A medida que el pH disminuye, se reduce la carga neta de la superficie de las proteínas musculares, causando su desnaturalización parcial y disminuyendo su capacidad de enlazar agua. El músculo en estado de rigor mortis pierde su humedad cuando es cocido y resulta particularmente inadecuado para un procesamiento posterior que involucre calentamiento, puesto que la desnaturalización por calor incrementa la pérdida de agua (FAO, 1993b).

### **3.8.5. Autólisis y catabolismo de nucleótidos**

Como se mencionó anteriormente, el rigor mortis se establece cuando el nivel de ATP en el músculo cae a  $\pm 1.0$  m moles/g. El ATP no es sólo una fuente de alta energía

necesaria para la contracción muscular de los animales vivos, sino que también proporciona plasticidad al músculo. La contracción muscular está controlada por el calcio y la enzima ATP-asa que se encuentra en cada célula muscular. Cuando los niveles de  $\text{Ca}^{+2}$  intracelular son  $>1\text{m M}$ , la ATP-asa activada por  $\text{Ca}^{+2}$  reduce los niveles de ATP libre en el músculo, ocasionando la interacción entre la actina y la miosina, las principales proteínas contráctiles. Esta interacción trae como resultado la reducción del músculo, ocasionando su endurecimiento y pérdida de la flexibilidad (FAO, 1993b).

La resolución del rigor es un proceso no del todo comprendido, pero siempre ocasiona el reblandecimiento (relajación) posterior del tejido muscular y se cree está relacionado con la activación de una o más enzimas musculares presentes en el pescado, las cuales digieren ciertos componentes del complejo rigor mortis. El reblandecimiento del músculo durante la resolución del rigor (y eventualmente el proceso de deterioro) coincide con los cambios autolíticos. De estos cambios, el primero en ser reconocido de forma más o menos predecible 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 (Hx) tiene un efecto directo en el sabor amargo percibido en el pescado deteriorado (HUGHES Y JONES, 1966). Actualmente, es ampliamente aceptado que la IMP es responsable del deseable sabor a pescado fresco, sólo presente en los productos pesqueros de alta calidad. Ninguno de los nucleótidos se considera relacionado a los cambios percibidos en la textura durante el proceso autolítico, a excepción del ATP, por supuesto, cuya disminución está asociada con el rigor mortis.

Existe poca duda en que la manipulación física acelera los cambios autolíticos en pescado refrigerado reportaron que la tasa de descomposición de los nucleótidos era mayor en filetes estériles que en bacalao entero eviscerado no estéril. Esto quizá no sea sorprendente, pues se ha demostrado que muchas de las enzimas autolíticas se

encuentran en discretos paquetes limitados por membranas, los cuales se rompen cuando están sujetos a abuso físico, originando la mezcla entre enzimas y sustratos. Aplastar el pescado contra el hielo o contra otros pescados puede afectar seriamente la comestibilidad y el rendimiento en el fileteado, incluso para pescados con cargas bacterianas relativamente bajas, lo cual demuestra la importancia de los procesos autolíticos (HUGHES Y JONES, 1966).

### **3.8.6. Cambios autolíticos que involucran enzimas proteolíticas**

Muchas proteasas han sido aisladas del músculo de pescado y el efecto de la descomposición proteolítica está generalmente relacionado con un extenso ablandamiento del tejido. Los péptidos de bajo peso molecular y los aminoácidos libres producidos por la autólisis de las proteínas no sólo disminuyen la aceptación comercial de los pelágicos. También se ha demostrado, en capelán almacenado, que la autólisis acelera el crecimiento de las bacterias del deterioro, proporcionando un medio de crecimiento superior para este tipo de organismos (AKSNES, 1989). La inducción del deterioro bacteriano en el capelán -por autólisis- también ocasiona la descarboxilación de aminoácidos, produciendo aminas biógenas y disminuyendo significativamente el valor nutritivo del pescado. Esto es de particular importancia, puesto que la autólisis y el crecimiento bacteriano disminuyen enormemente el valor comercial de los pelágicos empleados en la fabricación de harina de pescado.

### **3.8.7. Catepsinas**

Si bien han sido aisladas varias enzimas proteolíticas en el tejido del pescado, han sido las catepsinas las que quizás se han descrito con mayor frecuencia. Las catepsinas son proteasas "ácidas" que usualmente se encuentran empacadas en diminutos organelos submicroscópicos llamados lisosomas. En el tejido vivo, las proteasas lisosomales se cree son responsables de la degradación proteica en las áreas de daño. De esta forma, las catepsinas están generalmente inactivas dentro del tejido vivo pero son liberadas dentro de los fluidos celulares luego de abuso físico o congelación y descongelación post mortem del músculo.

Se cree que las catepsinas D y L desempeñan un papel primordial en la degradación autolítica del tejido del pescado, dado que la mayor parte de las otras catepsinas presentan actividad en un rango relativamente estrecho de pH, demasiado bajo para tener significado fisiológico. Sin embargo, la enzima es mucho menos activa en presencia de ATP, lo cual sugiere que esta enzima estaría activa sólo en el músculo de pescado post mortem.

Catepsina L ha sido implicada en el ablandamiento del músculo de salmón durante la migración por desove. Al parecer, esta enzima contribuye a la autólisis del músculo de pescado más que la catepsina D, dado que es mucho más activa a pH neutro, y se ha demostrado que digiere tanto proteínas miofibrilares (actiomiosina) como tejido conectivo. Más aún, la actividad autolítica de la catepsina L se correlaciona muy bien con la textura del músculo, según mediciones instrumentales (FAO, 1993b).

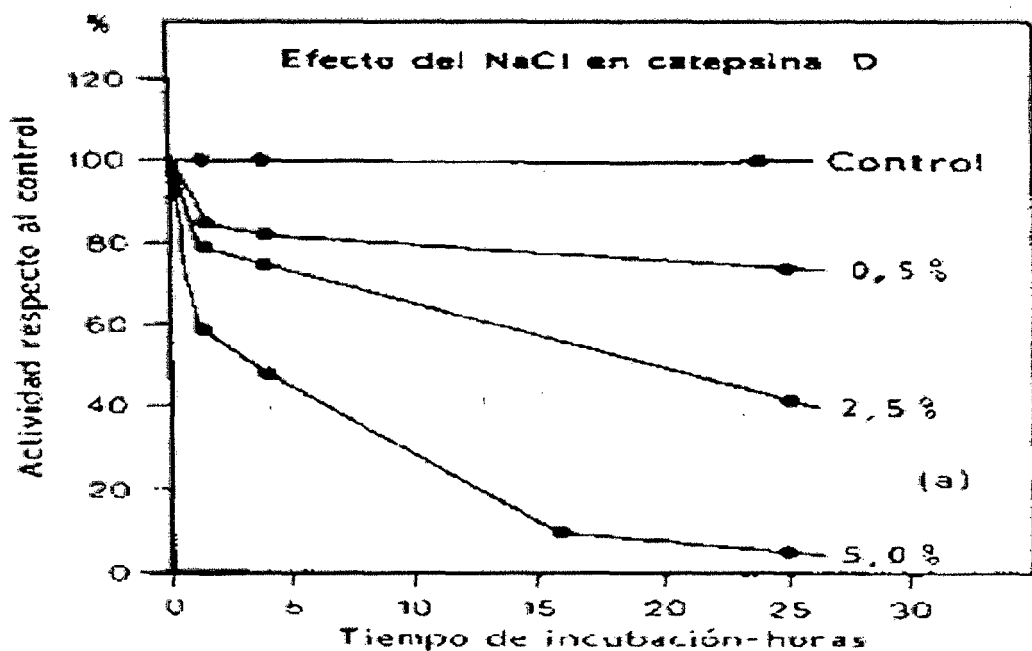


Figura 13. Efecto del NaCl en la actividad de la catepsina.

Fuente: FAO (1993b)

Los tejidos del pescado infectado tienen poco valor comercial, pero actualmente se desconoce si es el parásito o el huésped quien secreta las enzimas proteolíticas que autolizan el músculo.

Además de su perjudicial efecto en la textura, las enzimas catepsinas inducen cambios autolíticos intencionales en productos pesqueros fermentados.

### 3.8.8. Calpainas

Un segundo grupo de proteasas intracelulares denominadas "calpainas" o "Factor Activado por Calcio" (FAC o del inglés CAF = Calcium Activated Factor) han sido recientemente asociadas con la autólisis del músculo de pescado y se les encuentra en carnes, pescados de aleta y crustáceos. La suavidad y jugosidad son probablemente las características de calidad más importantes en la carne roja. Desde hace casi un siglo se conoce que la maduración post mortem de la carne roja ocasiona el proceso de ablandamiento. Las calpainas han sido encontradas como las principales responsables de la autólisis post mortem de la carne, debido a la digestión de las proteínas de la Línea Z de las miofibrillas. Si bien el endurecimiento es rara vez un problema en el músculo no congelado, el ablandamiento debido a la autólisis es un problema serio que limita su valor comercial. Las calpainas son endopeptidasas intracelulares, cisteína y calcio dependientes; m-calpaina requiere 5-50 m M  $\text{Ca}^{+2}$ , m-calpaina requiere 150-1000 m M  $\text{Ca}^{+2}$ . La mayoría de las calpainas son activas a pH fisiológico, lo cual hace razonable sospechar su importancia en el ablandamiento del pescado durante el almacenamiento refrigerado.

Sin embargo, las calpainas del músculo de vertebrados han demostrado ser muy específicas, degradando principalmente tropinina-T, desmina, titina y nebulina, atacando tanto actina como miosina en vertebrados (KOOHMARAIE, 1992). Por el contrario, las calpainas de pescado degradan miosina (específicamente la cadena pesada de la miosina) para formar un fragmento inicial con un peso molecular de aproximadamente 150 000. Los mismos autores demostraron que las calpainas de pescado son mucho más activas a bajas temperaturas que las calpainas de mamíferos

y las tasas de escisión son específicas de la especie, siendo más activos contra las miosinas menos estables al calor. De este modo, las especies de peces adaptadas a bajas temperaturas ambientales son más susceptibles a la autólisis por calpainas, que las especies de aguas tropicales (FAO, 1993b).

### **3.8.9. Colagenasas**

Hasta este punto, todos los cambios autolíticos post mortem descritos involucran cambios dentro de la célula muscular per se. Sin embargo, la carne de los peces teleósteos está dividida en bloques de células musculares separadas en "escamas", o miotomas, mediante tejido conectivo denominado miocomata. Cada célula muscular o fibra está rodeada por tejido conectivo que se une a la miocomata al final de la célula mediante finas fibrillas de colágeno. Más recientemente, se demostró que la medición instrumental de la textura del músculo de trucha refrigerada decae a medida que se solubilizan los niveles de colágeno tipo V, presumiblemente debido a la acción de las enzimas colagenasas autolíticas (SATO *et al.*, 1991). Son estas enzimas las que presumiblemente causan "desgajamiento", o ruptura de los miotomas, durante el almacenamiento prolongado en hielo o durante el almacenamiento por cortos períodos de tiempo, pero a elevadas temperaturas.

### **3.8.10. Cambios autolíticos durante el almacenamiento en congelación**

La reducción del óxido de trimetilamina (OTMA), un compuesto osmorregulatorio presente en muchos peces teleósteos marinos, se debe usualmente a la acción bacteriana pero algunas especies presentan en el tejido muscular una enzima capaz de descomponer el OTMA en dimetilamina (DMA) y formaldehído (FA).

La enzima responsable del endurecimiento inducido por el formaldehído es la OTMA-asa, o OTMA dimetilasa y se encuentra más comúnmente en los peces gádidos (familia de los bacalaos). La mayoría de las enzimas OTMA dimetilosas reportadas hasta ahora están unidas a la membrana y se toman más activas cuando el tejido de la membrana es roto por la congelación o artificialmente, por la solubilización en detergentes. El músculo oscuro (rojo) presenta una mayor tasa de

actividad que el músculo blanco, mientras otros tejidos como el riñón, el bazo y la vesícula biliar son extremadamente ricos de la enzima. Además, se ha demostrado que la cantidad de endurecimiento inducido por el formaldehído se intensifica por el abuso físico durante la captura, antes de la congelación, y por las fluctuaciones de la temperatura durante el almacenamiento en congelación. El medio más práctico para prevenir la producción autolítica de formaldehído es almacenando el pescado a temperaturas  $<-30^{\circ}\text{C}$ , a fin de minimizar las fluctuaciones de temperatura en el almacenamiento, y evitando la manipulación tosca o la aplicación de presión física sobre el pescado antes del congelamiento (FAO, 1993b).

**Tabla XI.** Resumen de los Cambios Autolíticos en el Pescado Enfriado

Enzima (s)	Sustrato	Cambios encontrados	Prevención/Inhibición
Enzimas glucolíticas	Glucógeno	Producción de ácido láctico, disminución del pH de los tejidos, pérdida de la capacidad de enlazar agua en el músculo altas temperaturas durante el <i>rigor</i> pueden ocasionar "desgajamiento"	El pescado debe pasar por la etapa de <i>rigor</i> a temperaturas lo más cercanas a $0^{\circ}\text{C}$ debe evitarse el agotamiento (estrés) <i>pre-rigor</i>
Enzimas autolíticas, involucradas en la degradación de nucleótidos	ATP ADP AMP IMP	Pérdida del sabor a pescado fresco, producción gradual del sabor amargo con Hx (estados finales)	Igual que el anterior la manipulación inadecuada acelera la degradación
Catepsinas	Proteínas, péptidos	Ablandamiento del tejido dificultando o impidiendo su procesamiento	La manipulación inadecuada el almacenamiento y la descarga
Quimotripsina, tripsina carboxipeptidasas	Proteínas, péptidos	Autólisis de la cavidad visceral en pelágicos (estallido de vientre)	El problema se agrava por congelación/descongelación y el almacenamiento en frío prolongado
Calpaína	Proteínas miofibrilares	Ablandamiento, ablandamiento inducido por muda en crustáceos	¿remover del calcio para prevenir la activación?
Colagenasas	Tejido conectivo	"desgajamiento" de filetes ablandamiento	La degradación del tejido conectivo está relacionada con el tiempo y temperatura de almacenamiento en refrigeración
OTMA desmetilasa	OTMA	Endurecimiento inducido por formaldehído (gádidos almacenados en congelación)	Temperatura de almacenamiento del pescado $<-30^{\circ}\text{C}$ · Abuso físico y la congelación/descongelación aceleran el endurecimiento

Fuente: FAO, 1993b



#### IV. CONCLUSIONES

1. La concentración de minerales en pescados y productos pesqueros esta determinada por un cierto numero de factores como diferencias estacionales y biológicas (especie, tamaño, edad, sexo y madurez sexual), fuente de alimentación, medio (química, salinidad, temperatura y contaminantes del agua) y método de procesamiento alimentario.
2. Los peces pelágicos son los que contienen mas lípidos en su músculo por lo tanto tienen color oscuro y están diseñados para nado continuo, en cambio en los peces magros tienen el músculo blanco y no contienen lípidos solo en cierta parte de su cuerpo y está perfectamente adaptado para movimientos súbitos, fuertes y cortos.
3. Los peces que se alimentan con plancton tiene mayores niveles de Cu y Zn que los que lo hacen con invertebrados y otros peces.
4. El contenido de agua en el músculo de pescado, varía de la siguiente manera: agua libre (93 - 95%), agua ligada (5 - 7%).
5. El contenido de proteínas de animales acuáticos son los siguientes:
  - ✓ Proteínas miosinicas o miofibrilares (66 - 77%)
  - ✓ Proteínas no-miosinicas o sarcoplasmaticas (30 - 35%)
  - ✓ Proteínas del estroma o escleroproteínas (2- 5%)
6. Los ácidos grasos polinsaturados del pescado son los siguientes:
  - ✓ El acido 4,8,12,15,18 eicosapentaenoico (C20) ha sido detectado en la sardina y aceite de bonito. Se le conoce como EPA que tiene propiedades hipocolesterogenicas.
  - ✓ Acidos grasos altamente insaturados de C24 con 5 o 6 dobles enlaces son encontrados en aceites de pescado y animales marinos, como por ejemplo el 4,8,12,15,18 tetracopentaenoico o acido escolodionico.

- ✓ El ácido nísico (C<sub>24</sub>) aislado en aceite de ballena, arenque, bacalao, sardina y tiburón, que viene a ser el 4,8,12,15,18,21 tetracohexaenoico.
7. La carne de pescado, en relación con otras carnes tiende a deteriorarse rápidamente por que su piel es delgada, así mismo tiene abundantes compuestos nitrogenados de bajo peso molecular y su actividad enzimática más rápida.

## V. RECOMENDACIONES

1. Se debe estimular al sector pesquero para que adopte prácticas cada vez mejores de manejo y bienestar para los peces.
2. Implementar programas de monitoreo y control de calidad de aguas de estanques a través de organismos del sector pesquero.
3. Sensibilizar a la población de la importancia del consumo de pescado debido a su alto porcentaje en nutrientes para el desarrollo de nuestros niños fundamentalmente.
4. La cadena de frío es muy importante para la conservación del pescado, ya que cuando se expone a temperaturas no adecuadas se acelera la descomposición del pescado.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ACKMAN, R.G. (1967). Fish lipids. Part 1. In: J. J. Connell (ed.) *Advances in fish science and technology*, Fishing News (Books) Ltd., Farnham, Surrey, 86-103 p.
2. AKSNES, A. (1989). Effect of proteinase inhibitors from potato on the quality of stored herring. *J. Sci. Food Agric.* 49, 225-234 p.
3. ANDERSON, D.W. Jr. and C.R. FELLERS (1952). The occurrence of trimethylamine and trimethylamine oxide in fresh water fishes. *Food Res.* 17, 472-474 p.
4. ANDO, S., M. HATANO and K. ZAMA (1985a). A consumption of muscle lipid during spawning migration of chum salmon (*Oncorhynchus keta*). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 51, 1817-1824 p.
5. ANON (1986). *Iodine Contents of Foods - Annotated Bibliography 1825-1951*. Chilean Iodine Education Bureau, London, 165 p.
6. AZAM, K., I.M. MACKIE and J. SMITH (1990). Effect of stunning methods on the time of onset, duration and resolution of rigor in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) as measured by visual observation and analysis for lactic acid, nucleotide-degradation products and glycogen. In: *Chilling and freezing of new fish products*. Sci, Tech. Froid. 1990-3. Proceedings of the meeting of Commission C2.I.I.F.-I.I.R. Aberdeen. 351-358 p.
7. BAILEY, A. J., SHELLSWELL, G. B. and DUANCE, V.C. (1979). Identification of the change of collagen types in differentiating myoblasts and developing chick muscle. *Nature (London)* 278, 67-68 p.
8. BELL, G.H., D. EMSLIE-SMITH and C.R. PATERSON (1976). *Textbook of Physiology and Biochemistry*, 9th ed., Churchill Livingstone, Edinburgh.
9. BOTTA, J. R., LAUDER, J.T., DOWNEY, A. P. and SAINT, W. (1983). Chemical and sensory assessment of nonspawning capelin (*Mallotus villosus*) subjected to long term frozen storage. *Journal of Food Science* 48, 1512-1515 p.
10. BRAEKKAN, O.R. (1976). Den emæringsmessige betydning av fisk. *Fiskets Gang*, 35 p.

11. BRENNAN, J.G.; BUTTERS, J.R.; COWELL N.D. (1994). Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. 319-332 p.
12. CEPEDA, R., CHOU, E., BRACHO, G. and HAARD, N. F. (1990). An immunological method for measuring collagen degradation in the muscle of fish. In: Voigt, M. (ed) *Advances in Fisheries Technology and Biotechnology for Increased Profitability*. Technomic Publishing Co., Lancaster, Pennsylvania, pp. 487-506 p.
13. ERIKSSON, N.E. and G. JOHNSON (1979). *Fisken*, Landbruksforlaget, Oslo.
14. FAO (1993a). FAO Yearbook: Fishery Stat. Vol 72 and 73. FAO. Rome.
15. FAO (1993b). The State of Food and Agriculture 1993. FAO Agric. Ser. 26
16. GORDON, D. T., ROBERTS, G. L. and HEINZ, D. M. (1979). Thiamin, riboflavin and niacin content and stability in Pacific coast seafoods. *Journal of Agricultural and Food chemistry* 27, 483-490 p.
17. GOSWAMI, U. C. (1984). Metabolism of cryptoxanthin in fresh water fish. *British Journal of Nutrition* 25, 575-581 p.
18. HAARD, N.F. (1992). Technological aspects of extending prume quality of seafood: A review. *J. Aqua. Food Prod. Technol.* 1, 9-27 p.
19. HALL, George M; (2001). *Tecnología del procesado del pescado*. 301 p.
20. <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2008/03/26/175613.php>
21. <http://www.portalbesana.es/estaticas/informacion/paginas/pescado.html>.
22. HUGHES, R.B. and N.R. JONES (1966). Measurement of hypoxanthine concentration in canned herring as an index of the freshness of the raw material, with a comment of flavour relations. *J. Sci. Food Agric.* 17, 434-436 p.
23. HULTIN, H. O. (1985). Characteristics of muscle tissue. In: Fennema, O. (ed) *Food Chemistry*. Marcel Dekker, New York, pp. 725-790 p.
24. JANGAARD, P.M., H. BROCKERHOFF, R.D. BURGHER and R.J. HOYLE (1967). Seasonal changes in general condition and lipid content of cod roe from inshore waters. *J. Fish Res. Board Can.*, 24, 607-612 p.
25. JOHNSON, S.E. and IJ. CLUCAS (1990). How to make fish boxes. Natural Resources Institute (UK). Tech.Leafl. N°3.

26. JOSEPHSON, D. B. and LINDSEY, R. C. (1986). Enzymic generation of fresh fish volatile aroma compounds. In: Parliament, T. H. and Croteau, R. (eds) *Biogenesis of Aromas*, ACS Symposium No. 317. American Chemical Society, Washington DC, pp. 201-219 p.
27. KAWAI, Y., UEMATSU, S. and SHINANO, H. (1992). Effect of heart-treatment on some physicochemical properties and emulsifying activity of carp sarcoplasmic proteins. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 58, 1327-1331 p.
28. KENT, M., L. ALEXANDER and R.H. CHRISTIE (1992). Seasonal variation in the calibration of a microwave fat: water content meter for fish flesh. *Int. J. FoodSci. Technol.* 27, 137-143 p.
29. KIMURA S., and TANAKA, H. (1986). Partial characterization of muscle collagens from prawns and lobsters. *Journal of Food Science* 51, 330-332, 339 p.
30. KIESSLING, A., T. AASGAARD, T. STOREBAKKEN, L. JOHANSSON and K.H. KIESSLING (1991). Changes in the structure and function of the epaxial muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in relation to ration and age. III. Chemical composition. *Aquaculture*. 93, 373-387 p.
31. KOOHMARAIE, M. (1992). The role of Ca<sup>2+</sup>-dependent proteases in post mortem proteolysis and meat tenderness. *Biochimie* 74, 239-245 p.
32. KNORR, G. (1974). *Atlas zur Anatomie und Morphologie der Nutzfische*, Verlag Paul Parey, Berlin.
33. KONOSU, S. and K. YAMAGUCHI (1982). The flavour components in fish and shellfish. In: R.E. Martin et al. (eds.). *Chemistry and biochemistry of marine food products*, AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, 367-404.
- Kim, K. and Haard, N. F. (1992) Degradation of proteoglycans in the skeletal muscle of Pacific rockfish (*Sebastes* sp.) during ice storage. *Journal of Muscle Foods* 3, 103-121 p.
34. LOPEZ, JAVIER (2010). El Mercado de productos pesqueros en la ciudad de Iquitos. *Revista Infopesca*. Montevideo - Uruguay. 246 p.
35. LOVE, R.M. (1970). *The Chemical Biology of Fishes*. Academic Press. London.
36. LOVE, R.M. (1988). *The Chemical Biology of Fishes*. Academic Press. London.

37. MURRAY, J. and J.R. BURT (1969). The composition of fish. Torry Advis. Note 38, Tony Research Station, Aberdeen.
38. NETTLETON, J. A. (1985). *Seafood Nutritions: Facts, Issues and Marketing of Nutrition in Fish and Shellfish*. Osprey Books, Huntington, New York, p. 26.
39. NUNES, M. L., BATISTA, I. and MORAO DE CAMPOS, R. (1992). Physical, chemical and sensory analysis of sardine (*Sardine pilchardus*) stored in ice. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 59, 37-43 p.
40. POULTER, N.H. and L. NICOLAIDES (1985a). Studies of the iced storage characteristics and composition of a variety of Bolivian freshwater fish. 1. Altiplano fish. *J. Food Technol.* 20, 437-449 p.
41. POULTER, N.H. and L. NICOLAIDES (1985b). Studies of the iced storage characteristics and composition of a variety of Bolivian freshwater fish. 2. Parana and Amazon Basins fish. *J. Food Technol.* 20, 451-465 p.
42. REINITZ, G.L., L.E; ONNE and F.N. HITZEL (1979). Variations of body composition and growth among strains of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Trans. Am. Fish. Soc.* 108, 204-207 p.
43. REINITZ, G.L. (1983). Relative effect of age, diet, and feeding rate on the body composition of young rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture* 35, 19-27 .
44. RUITER, ADRIAAN (1999). *El pescado y los productos derivados de la pesca - Composición, propiedades nutritivas y estabilidad*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España.
45. SATO, K., C. OHASHI, K. OHTSUKI, and M. KAWABATA (1991). Type V collagen in trout (*Salmo gairdneri*) muscle and its solubility change during chilled storage of muscle. *J. Agric. Food Chem.* 39, 1222-1225 p.
46. SCHWIMMER, S. (1981). *Source Book of Food Enzymology*. AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, 498 p.
47. SHEWAN, J.M. (1974). The biodeterioration of certain proteinaceous foodstuffs at chill temperatures. In: B. Spencer (ed.). *Industrial aspects of biochemistry*, 475-490, North Holland Publishing Co. for Federation of European Biochemical Societies, Amsterdam.

48. STANSBY, M.E. (1962). Proximate composition of fish. In: E. Heen and R. Kreuzer (ed.) *Fish in nutrition*, Fishing News Books Ltd., London, 55-60 p.
49. STROEM, A.R., J.A. OLAFSEN and H. LARSEN (1979). Trimethylamine oxide: a terminal electron acceptor in anaerobic respiration of bacteria. *J. Gen. Microbiol.*, 112, 315-20 p
50. SUZUKI, T. (1981). *Fish and Krill Protein: Processing Technology*. Applied Science Publ., Ltd., London, 62-147 p.
51. TAGUCHI, T., TANAKA, M. and SUZUKI, K. (1981) On heat coagulation of water soluble proteins from deep sea fishes. *Nippon Suisan Gakkaishi* 47 (4), S 51-554 p.
52. THURMAN, H.V. and H.H. WEBBER (1984). *Marine Biology*. Charles E. Merrill Publishing C.A. Bell and Howell Co. Columbus, Ohio.
53. TRUCCO, R.E., H.M. LUPIN, D.H. GIANINI, M. GRUPKIN. R.L. BEORI, and C.A. BARASSI (1982). Study on the evolution of rigor mortis in batches offish. *Lebensm.-Wiss & Technol.* 15, 77-79 p.
54. WAAGBOE, R., K. SANDNES, A. SANDVIN and Oe. LIE (1991). Feeding three levels of n-3 polyunsaturated fatty acids at two levels of vitamin E to Atlantic salmon (*Salmo salar*). Growth and chemical composition. *Fiskeridir. Skr., Ser. Ernøring IV*, 51-63 p.



## VII. Anexos

### Anexo 1. Valores Bromatológicos de las Especies Hidrobiológicas Amazónicas en Vaciante

<b>Nombre Común (cal/g)</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Proteínas (%)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Grasa (%)</b>	<b>Sales (%)</b>	<b>CHO (%)</b>	<b>Valor</b>
Boquichico	<i>Prochilodus nigricans</i>	19.02	73.50	6.21	1.22	0.05	132.16
Yahuarachi	<i>Potamorhinalatior</i>	17.52	77.10	3.60	1.05	0.73	105.22
Ractacara	<i>Psectogaster amazonica</i>	17.74	78.06	3.01	1.16	0.03	98.16
Palometa	<i>Mylossoma duriventris</i>	18.00	67.38	13.42	1.19	0.01	156.82
Carachama	<i>Pterygoplichthysmultirad</i>	17.46	80.02	1.52	0.96	0.04	83.66
Lisa	<i>Schizodon fasciatus</i>	18.96	73.52	5.49	1.98	0.05	125.44
Sabalo cola Negra	<i>Brycon melanopterus</i>	17.33	77.00	4.60	1.02	0.05	103.91
Sabalo cola Roja	<i>Brycon erythropterus</i>	20.14	74.18	4.42	1.22	0.04	120.48
Paco	<i>Piaractus brachypomus</i>	18.45	75.03	5.40	1.06	0.06	122.63
Sardina	<i>Triporthesus angulatus</i>	16.96	75.69	5.80	1.48	0.07	120.30
Arahuana	<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	20.82	75.90	1.99	1.26	0.03	105.39
Dorado	<i>Brachyplatistoma flavicans</i>	19.01	74.35	5.47	1.13	0.04	128.18
Maparate	<i>Hypophthalmus musedentatus</i>	17.03	64.55	16.02	2.35	0.05	216.03
Paiche	<i>Arapaima gigas</i>	21.94	73.30	3.78	0.94	0.04	121.92
Camaron de rio	<i>Macrobrachium amazonico</i>	18.02	79.98	0.80	1.20	0.00	79.28
Lisa	<i>Leporinus trifasciatus</i>	20.16	73.98	4.27	1.48	0.01	119.51
Gamitana	<i>Colossoma macropomun</i>	19.16	74.12	5.36	1.32	0.00	125.02
Yulilla	<i>Anodus logantus</i>	19.90	78.82	3.01	1.26	0.01	94.73
Corvina	<i>Plasgioscion squamosissimus</i>	21.83	74.27	2.52	1.32	0.09	110.34

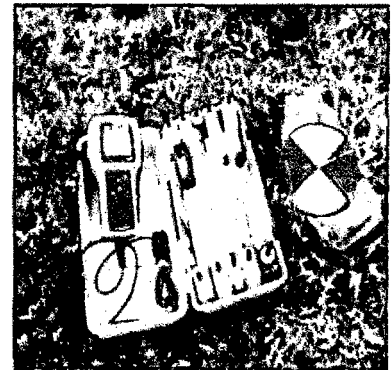
Churo	<i>Pomacea maculata</i>	27.86	71.85	1.84	2.08	0.00	128.00
-------	-------------------------	-------	-------	------	------	------	--------

Fuente: LOPEZ (2010)

**Anexo 2.** Calidad de agua del estanque para crianza de Sabalos de cola Roja *Brycon erythropterus*

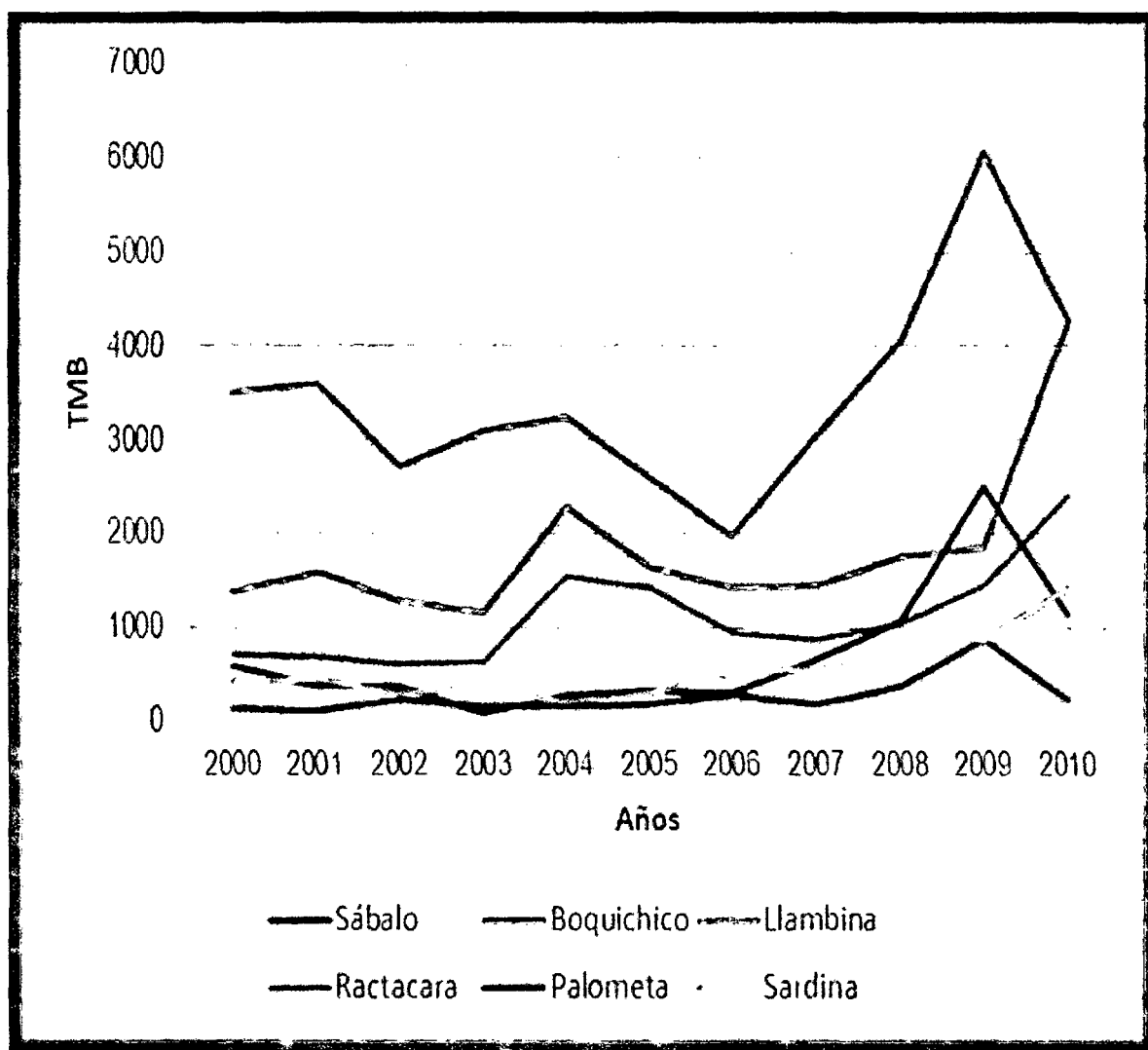
## CALIDAD DE AGUA DEL ESTANQUE

- Temperatura °C : 28,5 - 30,0
- Oxígeno disuelto (mg/l) : 3,00 - 4,00
- Transparencia (cm) : 30,0 - 45,0
- Co2 Libre (mg/l) : 40,00
- Co2 Total (mg/l) : 0,80
- Alcalinidad total (mg/l) : 10,00
- Alcalinidad fenolftaleína (mg/l): 0,00
- Dureza Total (mg/l) : 10,00
- pH : 6.80 - 7,50



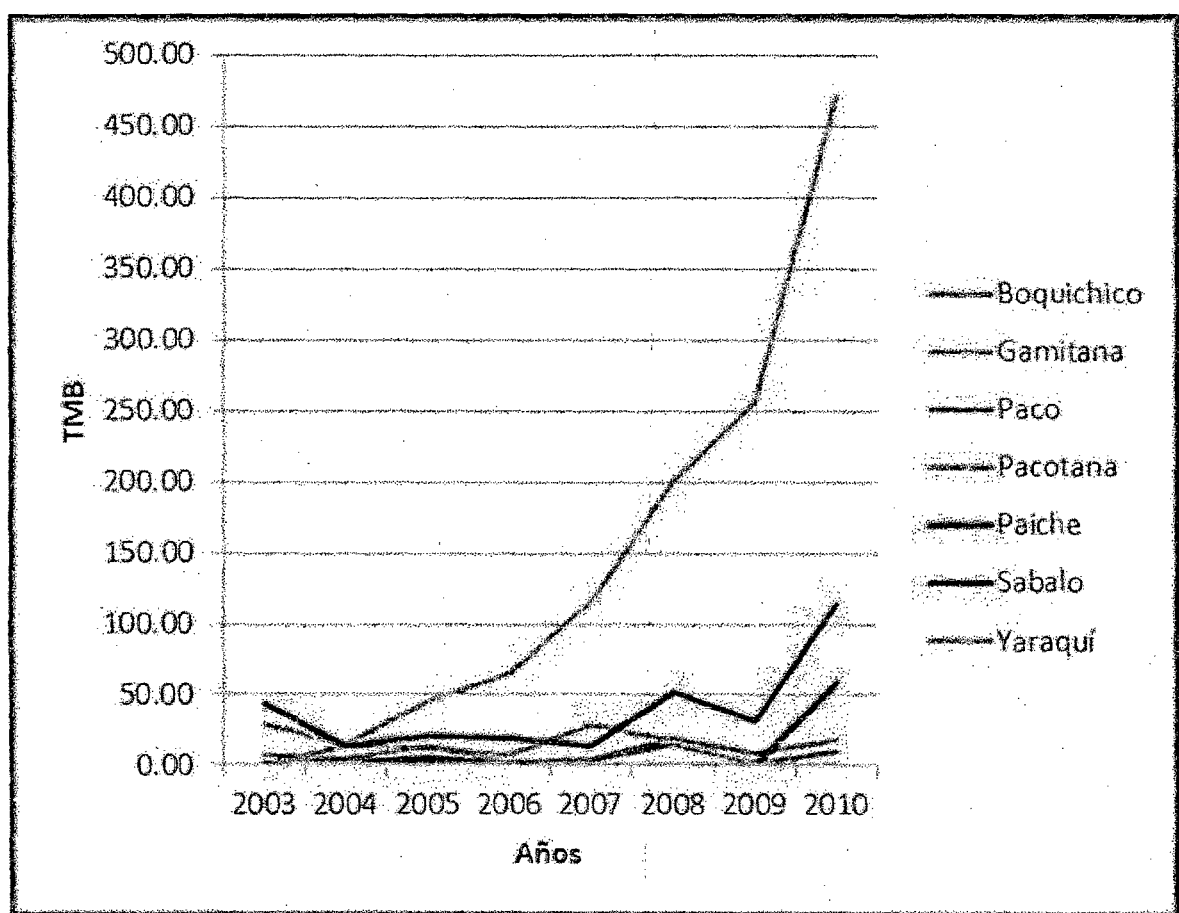
Fuente: LOPEZ (2010)

**Anexo 3.** Comportamiento del desembarque de las principales especies icticas (2000-2010)



Fuente: LOPEZ (2010)

**Anexo 4. Evolución de la producción acuícola bruta por especies  
REGION LORETO (2003-2010)**



Fuente: LOPEZ (2010)

Anexo 5. Proceso de traslado de pescado en embarcaciones artesanales



Imagen 4 – Transporte de pescado en embarcación artesanal



Imagen 5 – Fraccionamiento de capturas

Fuente: LOPEZ (2010)

## VIII. GLOSARIO DE TÉRMINOS

1. ADP: Adenosina difosfato
2. AGPICL: Acido Graso Poliinsaturado de cadena larga.
3. AMP: Adenosina monofosfato
4. ATP: Adenosina Trifosfato
5. ATP-asa: Adenosion Trifosfatasa
6. Autólisis: significa "auto-digestión"
7. Boquichico: *Prochilodus nigricans*
8. Calpainas o FAC: Factor Activado por Calcio.
9. Cardúmenes o Mijanos: También llamado banco de peces, y a veces escuela de peces, es un conjunto de peces similares. Se reserva el término "banco" para grupos de la misma especie, nadando en una alta sincronización y de manera polarizada.
10. Catepsinas: Son proteasas "ácidas" que usualmente se encuentran empacadas en diminutos organelos submicroscópicos llamados lisosomas.
11. Ciclóstomomos: Peces no mandibulados.
12. Condrictios: Peces cartilaginosos, alto contenido de urea en el músculo.
13. CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono.
14. DIREPRO: Dirección Regional de Producción.
15. DMA: dimetilamina
16. Doncella: *Pseudoplatystoma fasciatum*
17. Especies magras: Aquellas que almacenan lípidos sólo en el hígado.
18. Especies grasas: Son las que almacenan lípidos en células distribuidas en otros tejidos del cuerpo.
19. Especies semi-grasas: Algunas especies almacenan lípidos solo en limitadas partes de sus tejidos corporales o en menor cantidad que las especies grasas típicas.
20. FA: formaldehido
21. FAO: Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentacion
22. Gamitana: *Colossoma macroponum*
23. Hx: hipoxantina

24. IMP: Inosina monofosfato
25. INO: Inosina
26. INQ: Índice de Calidad Nutritiva.
27. Llambina: *Potamorrhyna altamazonico*
28. Miofibrillas: Contienen proteínas contráctiles, actina y miosina.
29. Mt: Millones de Toneladas
30. NNP: Nitrógeno no proteico.
31. OTMA: Oxido de trimetilamina.
32. Paiche: *Arapaima gigas*
33. Palometa: *Mylossomoa sp.*
34. Parvalbuminas: Son un grupo de proteínas que ligan  $Ca^{2+}$ , de baja masa molecular.
35. Peces demersales: Especies que se alimentan en el fondo del mar y se mueven sólo periódicamente.
36. Peces demersales: Pescado blanco magro, almacena lípidos solamente en el hígado.
37. Peces pelágicos: Pescado graso (lípidos almacenados en el tejido muscular).
38. PLP: fosfato de piridoxal
39. Proteínas sarcoplasmáticas: Mioalbúmina, globulina y enzimas.
40. Ractacara: *Curimata amazónica*
41. Sarcolema: Célula envuelta por una cubierta de tejido conectivo.
42. Sardina: *Triporthesus sp.*
43. Segmentos musculares: miotomas.
44. Tejido conectivo: miocomata.
45. Teleósteos o peces óseos: Peces pelágicos y peces demersales.
46. TMA: Trimetilamina.