

**CONTRIBUCIÓN A LA CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LOS
PESCADOS DE DISPONIBILIDAD Y CONSUMO REGIONAL**

**MYRIAM YAMILE MAYORGA GARCÍA
CORA YOHANNA TRIANA RAMÍREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
Bucaramanga
2007**

**CONTRIBUCIÓN A LA CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LOS
PESCADOS DE DISPONIBILIDAD Y CONSUMO REGIONAL**

**MYRIAM YAMILE MAYORGA GARCÍA
CORA YOHANNA TRIANA RAMÍREZ**

Tesis de Grado

Directora:

Janeth Aidé Perea

Química, Magíster en Química, Doctora en Química

Codirectora:

Elieth Gómez Almeida.

Magíster en Nutrición Clínica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE QUÍMICA

Bucaramanga

2007

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirnos llegar a este momento de la vida y de nuestra carrera.

A la doctora Janeth Aidé Perea, por su apoyo y orientación en este proyecto.

A la directora de la Escuela de Nutrición Elieth Gómez Almeida, codirectora del proyecto, por su atención y sugerencias.

A los calificadores por su tiempo y atención.

A nuestros compañeros del CICTA: Luis Carlos, Fabián, Sindy, Johanna, Gloria, Pilar, Erick y Maria Antonia.

Al grupo de Laboratoristas UIS: Alejandro Torres, Adolfo, Jorge, Maria Helena, Carolina.

Al cuerpo de profesores de la Escuela de Química por sus enseñanzas durante estos años y a los demás compañeros y amigos que estuvieron a nuestro lado durante la carrera.

A Maria Juliana, mi única hija, la reina de mi corazón...
A mis papás por su amor, apoyo, comprensión e incondicionalidad
A mis hermanos Alyamany, Juan Manuel y Nataly.
A Samantha, mi sobrina.
A mi novio Rodrigo
A toda mi familia, mi gran tesoro
A Laura, Bibi, Neila, Paola, Leidy, María, Lucia, Maru, Johanna y Yahaira.
A Yami, mi amiga y compañera.
A Abrego, a Pamplona y a todo el Norte de Santander...

Corin

*Dedico de todo corazón esta tesis a mis padres: Pedro Jesús y Griselda por su
gran esfuerzo y dedicación
A mis hermanos, por su apoyo y compañía,
A mi hermosa sobrina Hanny Layneth, por ser mi fuente constante de alegría,
A mis amigos: Doris, Bibiana, Nestor, Deiny por su comprensión
A Corín Por su gran corazón y por ser una gran compañera,
A todos mis amigos y demás familiares.*

Yamile.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	4
1.1 LÍPIDOS EN EL PESCADO	6
1.2 LOS ÁCIDOS GRASOS (AG) OMEGA 3 Y OMEGA 6	10
1.3 ÁCIDOS GRASOS ω 3- ω 6 Y SALUD	12
1.4 DISPONIBILIDAD Y CONSUMO DE PESCADO	15
1.4.1 Bocachico (<i>Prochilodus reticulatus magdalenae</i>)	17
1.4.2 Tilapia roja o mojarra roja (<i>Oreochromis sp</i>)	17
1.4.3 Cachama blanca (<i>Piaractus brachipomus</i>)	18
1.4.4 Trucha arco iris (<i>Salmo gairdnerii</i>)	18
1.4.5 Bagre (<i>Pseudoplatystoma faciatum</i>)	19
1.5 EL SALMÓN	19
2. METODOLOGÍA	21
2.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS	21
2.1.1 Muestreo	21
2.1.2 Transporte	21
2.1.3 Almacenamiento	21
2.1.4 Análisis de Muestras	22
2.1.4.1 Características Organolépticas y Físicas	22
2.1.4.2 Análisis Bromatológico	22
2.1.4.2.1 Determinación de humedad	22
2.1.4.2.2 Determinación de grasa	23

2.1.4.2.3	Determinación de cenizas	23
2.1.4.2.4	Determinación de proteína	24
2.1.4.3	Análisis de elementos menores	24
2.1.4.4	Análisis de ácidos grasos.	26
2.1.4.4.1	Extracción de ácidos grasos	26
2.1.4.4.2	Identificación y cuantificación de ácidos grasos	26
2.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	27
3	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	31
3.1	CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS Y FÍSICAS	31
3.2	ANÁLISIS DE MACRONUTRIENTES	32
3.3	ANÁLISIS DE MICRONUTRIENTES	42
3.4	ANÁLISIS DE ÁCIDOS GRASOS	49
3.4.1	Ácidos Grasos Saturados (AGS)	53
3.4.2	Ácidos Grasos Monoinsaturados (AGMI)	54
3.4.3	Ácidos Grasos Poliinsaturados (AGPI) Omega 3 Y 6.	56
3.4.4	Ácidos Grasos Saturados, Insaturados (Monoinsaturados y Poliinsaturados).	70
4.	CONCLUSIONES	72
5.	RECOMENDACIONES	74
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
	ANEXOS	84

ABREVIATURAS

AA	Ácido araquidónico
AG	Ácidos grasos
AGMI	Ácidos grasos monoinsaturados
AGPI	Ácidos grasos poliinsaturados
A.O.A.C.	Association of Official Analytical Chemists
AGS	Ácidos grasos saturados
CICTA	Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos
DART	Diet and Reinfarction
DHA	Ácido docosahexaenoico
DPA	Ácido docosapentaenoico
EC	Enfermedad coronaria
ECV	Enfermedad cardiovascular
EPA	Ácido eicosapentaenoico
EE.UU	Estados Unidos
FAME	Metilésteres de ácidos grasos
FAO	Food and Agriculture Organization
GC	Cromatografía de gases
HP	Hewlett-Packard
ICBF	Instituto Colombiano de Bienestar familiar
INCODER	Instituto Colombiano de Desarrollo Rural
INDERENA	Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente
K-W	Kruskal-Wallis
LA	Ácido linoléico
LNA	Ácido alfa-linolénico

nd	No determinado
nr	No reportado
NTC	Norma Técnica Colombiana
OL	Ácido oleico
OMS	Organización Mundial de la Salud
q	Valor crítico de distribución
q_{cal}	Valor crítico de distribución calculado
q_{tab}	Valor crítico de distribución tabulado
q_{0.005}	Valor crítico distribución calculado con $\alpha=0.05$
R_A	Rango menor
R_B	Rango mayor
SD	Desviación estándar
SE	Error estándar
ω_3	Omega 3
ω_6	Omega 6
ω_9	Omega 9

LISTA DE TABLAS

		Pàg.
Tabla 1.	Composición del pescado por cada 100g de filete (%)	4
Tabla 2.	Clasificación de los lípidos en función de su estructura química	7
Tabla 3.	Estructura de los ácidos grasos omega 3 y omega 6	11
Tabla 4.	Características organolépticas y físicas de las especies de pescado analizadas	31
Tabla 5.	Contenido de: humedad, cenizas, grasa total y proteínas de las diferentes especies de pescado	32
Tabla 6.	Resultados del análisis estadístico no paramétrico para la humedad de los pescados analizados	33
Tabla 7.	Resultados del análisis estadístico no paramétrico para proteínas de los pescados analizados	34
Tabla 8.	Resultados del análisis estadístico no paramétrico para cenizas de los pescados analizados	35
Tabla 9.	Resultados del análisis estadístico no paramétrico para grasa total de los pescados analizados	37

Tabla 10.	Valores obtenidos en este estudio y los reportados por otros autores para el análisis bromatológico de las seis especies analizadas	39
Tabla 11.	Rangos de fósforo, hierro y calcio de cada una de las especies analizadas (mg/100g de muestra)	42
Tabla 12.	Resultados del análisis estadístico no paramétrico para los micronutrientes de los pescados analizados	43
Tabla 13.	Valores obtenidos en este estudio y los reportados por otros autores para micronutrientes	46
Tabla 14.	Contenido de ácidos grasos (%) para las diferentes especies de pescado	51
Tabla 15.	Resultados del análisis estadístico no paramétrico para los ácidos grasos saturados de los pescados analizados	53
Tabla 16.	Análisis Reportados en la literatura para el análisis de ácidos grasos en porcentaje de muestra fresca	61
Tabla 17.	Resumen de la clasificación por grupos del análisis bromatológico y de ácidos grasos para las diferentes especies analizadas	67
Tabla 18.	Distribución de los ácidos grasos Saturados, Insaturados: Monoinsaturados y Poliinsaturados, determinados para las seis especies analizadas y los valores reportados por otros autores	70

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Clasificación de los ácidos grasos.	10
Figura 2. Muestra de pescado homogenizada	22
Figura 3. Extractor Soxhlet utilizado en la determinación de grasa	23
Figura 4. Equipo Buchi para determinación de proteínas	25
Figura 5. Relación de los valores de porcentajes de humedad de las diferentes especies de pescado analizadas	34
Figura 6. Relación de los valores de porcentajes de proteínas de las diferentes especies de pescado analizadas	35
Figura 7. Relación de los valores de porcentajes cenizas de las diferentes especies de pescado analizadas	36
Figura 8. Relación de los valores de porcentajes de grasa total de las diferentes especies de pescado analizadas	37
Figura 9. Relación de los valores de calcio de las diferentes especies de pescado	44

Figura 10.	Relación de los valores de hierro de las diferentes especies de pescado	44
Figura 11.	Relación de los valores de fósforo de las diferentes especies de pescado	45
Figura 12.	Cromatogramas correspondientes a una muestra de trucha y al patrón de referencia F.A.M.E. Mix, C4-C24 cat No.18919 marca Supelco	50
Figura 13.	Relación de los porcentajes de ácido palmitoléico en muestra fresca de las diferentes especies	55
Figura 14.	Relación de los porcentajes de ácido oleico en muestra fresca de las diferentes especies	55
Figura 15.	Relación de los porcentajes del ácido alfa-linolénico en muestra fresca de las diferentes especies	56
Figura 16.	Relación de los porcentajes de ácido linoléico en muestra fresca de las diferentes especies de pescado	57
Figura 17.	Relación de los porcentajes de gamma-linolénico en muestra fresca de las diferentes especies de pescado	57
Figura 18.	Relación de los porcentajes de DHA en muestra fresca de las diferentes especies de pescado.	58
Figura 19.	Relación de los porcentajes de EPA en muestra fresca de las diferentes especies de pescado	59

Figura 20. Relación de los porcentajes de otros ácidos grasos que se encuentran en menor proporción en las diferentes especies de pescado 60

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Resultados de Kruskal-Wallis test y prueba <i>a posteriori</i> para el análisis bromatológico, de micronutrientes y de ácidos grasos de las diferentes especies: Salmón, Trucha, Tilapia, Bagre, Bocachico, Cachama.	84

RESUMEN

TITULO:

CONTRIBUCIÓN A LA CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LOS PESCADOS DE DISPONIBILIDAD Y CONSUMO REGIONAL*.

AUTORES:

Myriam Yamile Mayorga García

Cora Yohanna Triana Ramírez**

Palabras claves:

Macronutrientes, Micronutrientes, Ácidos grasos, Omega 3, Omega 6, Especies de pescados, Salmón, Santander.

DESCRIPCIÓN

La deficiencia de macronutrientes, micronutrientes y de ácidos grasos poliinsaturados en especial de la serie omega 3 y 6 repercuten significativamente en la salud, el bienestar humano y en el desarrollo económico de las poblaciones.

En consecuencia, es necesario incrementar el consumo de alimentos inocuos y de buena calidad como el pescado que aporta a una alimentación nutritiva. Es por esto que este estudio se realiza con el objetivo de contribuir a la caracterización nutricional de las especies disponibles en la región como: el bagre, el bocachico, la cachama, la tilapia y la trucha en cuanto al contenido de: proteínas, grasas, humedad y cenizas; y de micronutrientes como el calcio, el hierro y el fósforo. En el caso de los macronutrientes se hace énfasis en la composición y cuantificación de los ácidos grasos (saturados, monoinsaturados y poliinsaturados) presentes en la grasa de pescado. Paralelamente se analiza el salmón, pescado escogido de referencia, teniendo en cuenta que es una especie con alto valor nutricional y alto contenido de ácidos grasos Omega 3; a fin de obtener datos que permitan contribuir al desconocimiento de las propiedades nutricionales de los pescados de producción regional, sus ventajas para la salud y el desarrollo económico.

Los resultados obtenidos en este estudio, indican que las especies de disponibilidad regional son fuente importante de proteínas, hierro y fósforo mientras que su aporte en calcio es menos significativo; Respecto a los ácidos grasos saturados, el ácido palmítico se encuentra en mayor proporción seguido por el oleico que hace parte de los Ácidos grasos monoinsaturados y en cuanto a los ácidos grasos Omega 3 y 6 la trucha se destaca por su aporte en DHA. Estos nutrientes contribuyen a mejorar la calidad de vida de la población.

* Tesis de Grado.

** Facultad de Ciencias, Programa de Química, Directora: Janeth Aidé Perea Villamil.

SUMMARY

TITLE:

CONTRIBUTION TO THE NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF AVAILABLE AND REGIONAL CONSUMPTION FISH.*

AUTHORS:

Myriam Yamile Mayorga García

Cora Yohanna Triana Ramírez**

Key Words:

Macronutrients, Micronutrients, Fatty acids, Omega 3, Omega 6, Species of fish, Salmon, Santander.

DESCRIPTION

The deficiency of macronutrients, micronutrients and polyunsaturated fatty acids especially omega 3 and omega 6 series, reverberate significantly in human health, well-being and in the economic development of populations.

In consequence, it is necessary to increase the consumption of innocuous and good quality food such as fish that reaches to nourishing nourishment. For this reason this study is realized with the objective of contribute to the nutritional characterization of available species in the region such as: bagre, bocachico, cachama, tilapia and trout as for the content of: proteins, fats, humidity and ashes; and of micronutrients like calcium, iron and phosphorus. In case of macronutrients, emphasis is done in the composition and quantification of fatty acids (saturated, monounsaturated and polyunsaturated) present in the fat of fish. In parallel the salmon is analyzed, chosen as reference fish, taking into account that it is a species with high nutritional value and high content of Omega 3 fatty acids; in order to collect data that allows to contribute to the ignorance of the nutritional properties, their advantages for the health and the economic development of the fish of regional production.

The results obtained in this study, indicate that the regional available species are an important source of protein, iron and phosphorus whereas its contribution in calcium is less significant. With respect to saturated fatty acids, the palmitic acid is in greater proportion followed by the oleic acid that makes part of the monounsaturated acids; and as far as Omega 3 and Omega 6 fatty acids, the trout stands out by its contribution of DHA. These nutrients contribute in improving the life quality of the population.

* Degree Thesis.

** Faculty of Sciences, Program of Chemistry, Director: Janeth Aidé Perea Villamil.

INTRODUCCIÓN

El aumento, en los últimos tiempos, de las muertes debidas a enfermedades cardiovasculares, ha originado una serie de investigaciones que demuestran la importancia de la presencia de los ácidos grasos insaturados, especialmente los de las familias omega 3 (ω 3) y omega 6 (ω 6), en la dieta alimenticia de los seres humanos (Dallongeville *et al.*, 2003 y Kris *et al.*, 2002). Dichos ácidos protegen del riesgo de sufrir este tipo de enfermedades, así como de los altos niveles de colesterol y aterosclerosis, entre otras.

Entre los ácidos grasos poliinsaturados se destacan los esenciales linoléico, linolénico, araquidónico y los de la serie ω -3, de la cual, los más característicos son el docosahexaenoico (DHA) y el eicosapentaenoico (EPA) y los de la serie ω -6, cuyos ácidos representativos son el araquidónico, el gama-linolénico y el eicosatrienoico. Estos ácidos grasos, especialmente los de la serie ω -3, se encuentran en altas concentraciones en pescados de origen marino, como lo demuestran los numerosos estudios realizados.

Los pescados de río como la trucha, la tilapia, la cachama, el bagre, el bocachico, abundantes en la región y en el país, en cambio, no han sido suficientemente caracterizados. Se encuentra un reporte de investigadores venezolanos (Izquierdo, *et al.*, 2000) y los trabajos realizados a nivel nacional por Marín (1985) y Perea (1986) quienes evaluaron el bocachico y el bagre respectivamente, en cuanto a la composición de la grasa neutra.

A pesar de las escasas investigaciones, en Colombia existe una amplia variedad de pescados cuyo consumo está centrado en las zonas costeras y ribereñas, debido a su estratégica posición geográfica, siendo éste muy limitado en los

departamentos del interior, aún cuando el gobierno nacional ha estimado que el consumo nacional *per cápita* debe aumentar hasta 9 kilos por año.

A nivel regional se encuentra el estudio realizado por Prada, *et al.*, (2003) quienes evaluaron la situación alimentaria en 3 municipios de Santander, encontrando que solamente 2.5% de las familias encuestadas consumían alguna variedad de pescado. Esta fuente de proteína animal no es prioridad en el hábito alimentario de la población.

Entre los factores que podrían influir en la baja ingesta de pescado en la región se incluyen: desconocimiento de las propiedades nutricionales de los pescados de producción regional y sus ventajas para la salud, baja disponibilidad y acceso, altos costos por intermediación en la comercialización de productos pesqueros que no permiten ofrecer un mejor precio al consumidor, hábitos y costumbres alimentarias arraigados en otros alimentos como las carnes rojas y la falta de tecnología para almacenamiento adecuado durante las épocas de alta producción.

Por lo anterior, con este trabajo se pretendió hacer una aproximación y contribuir a la caracterización nutricional de las especies disponibles en la región (bagre, t rucha, tilapia, bocachico, cachama) en cuanto al contenido de macronutrientes (humedad, proteína, ceniza, grasa) y de micronutrientes (calcio, hierro y fósforo). En el caso de los macronutrientes haciendo énfasis en la composición y cuantificación de los ácidos grasos presentes en la grasa del pescado. Paralelamente se analizó el salmón, pescado escogido como de referencia, teniendo en cuenta que es una especie con alto valor nutricional y de alto contenido de ácidos grasos omega 3.

Este proyecto ha sido realizado con recursos generados en el Centro de Investigación en Ciencia Tecnología de Alimentos (CICTA), por lo que se espera con su ejecución, facilitar la interacción con el sector productivo y el sector de

Salud, a fin de promover procesos que faciliten la masificación de la producción y consumo de productos pesqueros, teniendo en cuenta su importancia en la prevención de diferentes enfermedades.

1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Los peces conforman el grupo más numeroso dentro de los vertebrados, posiblemente porque su hábitat, el agua, constituye más del 70% de la superficie terrestre. De esta forma se encuentran algunos viviendo en los lugares más contrastantes: como en agua dulce y en salada, aguas frías como las antárticas y aguas muy calientes como fuentes termales.

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, estación del año, comportamiento migratorio, ciclos alimenticios, entre otros (Belitz and Grosch, 1997). En la **tabla 1**, se presenta una composición química aproximada de los mismos. (Primo, 1998).

Tabla 1. Composición del pescado por cada 100g de filete (%).

CONSTITUYENTE	RANGO DE PORCENTAJE
Proteínas	9.00 -23.00
Grasa	0.30 - 29.00
Agua	60.00 - 85.00
Cenizas	0.80 - 2.00

Los peces se pueden clasificar en especies magras (que almacenan los lípidos sólo en el hígado) y especies grasas (las que almacenan lípidos en células distribuidas en otros tejidos del cuerpo). Las típicas especies magras son peces que habitan en el fondo acuático, como el bacalao, el carbonero y la merluza. Las

especies grasas incluyen los pelágicos como el arenque, la caballa y la sardineta. 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 como por ejemplo la barracuda, la lisa y el tiburón.

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.

El contenido de grasa en el pescado, independientemente de que sea magro o graso, tiene consecuencias sobre las características *post mortem*. Los cambios que ocurren en el pescado magro fresco pueden ser anticipados mediante el conocimiento de las reacciones bioquímicas en la fracción proteica, mientras que en las especies grasas deben incluirse, además, los cambios debidos a la oxidación lipídica (Aranda *et al.*, 2006).

Otro de los componentes de los pescados son los carbohidratos presentes en el músculo de pescado en proporciones muy bajas, generalmente inferiores al 0,5%. 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*.

Las proteínas que se encuentran en el músculo se pueden dividir en tres grupos: Proteínas estructurales (actina, miosina, tropomiosina y actomiosina), proteínas sarcoplasmáticas (mioalbúmina, globulina y enzimas) y proteínas del tejido conectivo (colágeno). 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 (Primo, 1998).

En cuanto a las vitaminas y los minerales, la cantidad es específica de cada especie de pescado 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 (Primo, 1998). Además, se considera una fuente particularmente valiosa de calcio, fósforo y en menor proporción de hierro y magnesio; en los peces de mar se encuentra, además, un alto contenido de yodo (Izquierdo *et al.*, 2000; Primo, 1998).

1.1 LÍPIDOS EN EL PESCADO

El término lípido se refiere a cualquier sustancia no polar encontrada naturalmente, que es casi o por completo insoluble en agua, pero es soluble en solventes no polares e hidrocarburos y alcoholes.

El número de sustancias consideradas como lípidos es muy grande y la manera de clasificarlas resulta en ocasiones difícil. La clasificación con base en su solubilidad es la más vigente y aceptada (Badui, 1996), sin embargo existen diversos métodos de clasificación cada uno con sus propias ventajas y desventajas, pero todos ellos basados en las propiedades físicas o químicas que los caracterizan. Con frecuencia es común dividir los lípidos en tres grupos, en función de su estructura química (Ver **tabla 2**). (Macarulla, 1991).

Tabla 2. Clasificación de los lípidos en función de su estructura química.

<p>A. Lípidos simples. Ésteres de ácidos grasos y alcoholes.</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Grasas y aceites: Ésteres de glicerol con ácidos monocarboxílicos.▪ Ceras: Ésteres de alcoholes monohidroxilados y ácidos grasos.
<p>B. Lípidos compuestos. Lípidos simples conjugados con moléculas no lipídicas.</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Fosfolípidos: Ésteres que contienen ácido fosfórico en lugar de un ácido graso, combinado con una base de nitrógeno.▪ Glucolípidos: Compuestos de carbohidratos, ácidos grasos y esfingosinol, llamados también cerebrósidos.▪ Lipoproteínas: compuestos de lípidos y proteínas.
<p>C. Compuestos asociados.</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Ácidos grasos (derivados de lípidos simples), saturados o insaturados.▪ Pigmentos.▪ Vitaminas liposolubles.▪ Esteroles.▪ Hidrocarburos.

En este caso los lípidos simples abarcan las grasas y los aceites y por lo tanto, resultan ser los más abundantes e importantes. Los lípidos compuestos son aquellos que están integrados por una parte lipídica y otra que no lo es, unidas covalentemente, entre los cuales se destacan los fosfolípidos y los glucolípidos. En ocasiones también se incluyen las lipoproteínas, pero dado que sus componentes (proteínas y lípidos) se enlazan hidrófoba y electrostáticamente, algunos autores no los incluyen en este grupo (Macarulla, 1991). Finalmente, los lípidos derivados o asociados son todos aquellos que no se ubican en ninguna de

las subdivisiones anteriores, en esta categoría están los ácidos grasos libres, los carotenoides, las vitaminas liposolubles, el colesterol, etc.

Los lípidos presentes en las especies de peces 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 les denominan 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.

El músculo blanco de un pez magro típico como el bacalao, contiene menos del 1% de lípidos. De este porcentaje, los fosfolípidos constituyen el 90%. La fracción fosfolipídica en el pescado magro consiste en un 69% de fosfatidil-colina, 19% de fosfatil-etanolamina y 5% 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 su rigidez. En el tejido muscular de pescados magros se puede encontrar colesterol hasta en un 6% del total de los lípidos. Este nivel es similar al encontrado en los músculos de mamíferos.

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. Dependiendo de la

cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, la mayor parte de las grasas en el pescado son más o menos líquidas a baja temperatura. (Kiessling *et al.*, 1991).

Los lípidos de los peces difieren de los lípidos de los mamíferos, la principal diferencia radica en que están compuestos por ácidos grasos de cadena larga (14-22 átomos de carbono) con un alto grado de insaturación. Los ácidos grasos de los mamíferos raramente contienen más de dos dobles enlaces por molécula mientras que los depósitos grasos del pez contienen muchos ácidos grasos con cinco o seis dobles enlaces (Primo, 1998).

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%) que en los lípidos de peces de agua de mar (aproximadamente 88%). Sin embargo, la composición de lípidos no es completamente fija sino que puede variar con la alimentación del animal y la estación del año, así la grasa tiene una composición en ácidos grasos entre ciertos límites, que puede determinarse por transformación de la mezcla de ácidos grasos en sus ésteres metílicos para ser analizados por cromatografía de gases o por cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) (Primo, 1998).

Estudios realizados por Izquierdo *et al.*, (2000) con pescados venezolanos, mostraron que el contenido total de grasa varía de acuerdo a cada especie, encontrando que el bocachico tiene aproximadamente 2.17%, la cachama 6.15%, la tilapia 2.26% y la trucha 1.5% de grasa. En cuanto al salmón proveniente del Atlántico Plata *et al.* (2005), encontró que contiene aproximadamente 6.3% de grasa total y el producido por la acuicultura chilena posee entre 14 y 19% (Valenzuela, 2005).

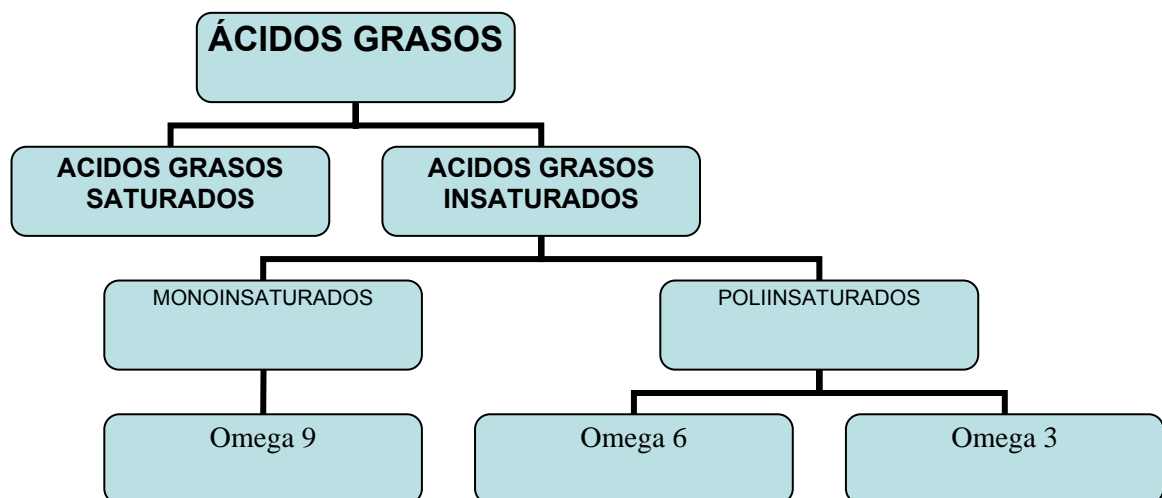
Marín (1985) y Perea (1985), estudiaron la composición de ácidos grasos en los lípidos neutros del bocachico y del bagre del río Magdalena, respectivamente, en diferentes épocas del año y su variación durante el transporte y el almacenamiento

a diferentes temperaturas y períodos de tiempo, pero no hacen una identificación exacta, sino que esta se basa en el número de átomos de carbono, por lo cual es difícil identificar los ácidos grasos insaturados.

1.2 LOS ÁCIDOS GRASOS (AG) OMEGA 3 Y OMEGA 6

Los ácidos grasos hacen parte de los llamados lípidos simples. Son los componentes más importantes de las grasas, sustancias químicamente lineales, con la función carboxilo. Son ácidos orgánicos de más de cuatro carbonos en su cadena y se clasifican en saturados e insaturados (**figura 1**). De estos últimos hacen parte los omega 3, omega 6 y omega 9 ($\omega 9$). Los omega 9, son ácidos grasos no esenciales, es decir que el organismo es capaz de sintetizarlos por si mismo, en tanto que los omega 3 y omega 6 son ácidos grasos esenciales, que solo son adquiridos en la dieta alimenticia y son importantes para el buen funcionamiento del organismo.

Figura 1. Clasificación de los ácidos grasos.



Entre los ácidos grasos omega 3 se encuentran: el DHA (cis-4,7,10,13,16,19 docosahexaenoico), ácido graso más poliinsaturado que es posible encontrar en cantidades apreciables en los tejidos de los mamíferos, junto con el ácido eicosapentaenoico (C20:5, EPA) y el ácido alfa-linolénico (C18:3, LNA).

El ácido linoléico (C18:2, LA), el ácido araquidónico (C20:4, AA) y el ácido docosapentaenoico (C22:5, DPA) son los ácidos grasos más importantes de la familia omega-6. Finalmente, la familia de los omega 9 tiene como representante más importante al ácido oleico (C18:1, OL). (Valenzuela, 2001).

En la **tabla 3**, se relacionan los principales ácidos grasos omega 3 y omega 6 presentes en alimentos (Belitz y Grosch, 1997).

Tabla 3. Estructura de los ácidos grasos omega 3 y omega 6

Familia	Abreviatura	Estructura	Nombre Común
Omega 3	18: 3 (9,12,15)	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-(CH=CH-CH}_2\text{)}_3\text{-(CH}_2\text{)}_6\text{-COOH}$	Ácido α -linolénico
	20: 5 (5,8,11,14,17)	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-(CH=CH-CH}_2\text{)}_5\text{-(CH}_2\text{)}_2\text{-COOH}$	EPA (Ácido eicosapentenoico)
	22: 6 (4,7,10,13,16,19)	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-(CH=CH-CH}_2\text{)}_6\text{-CH}_2\text{-COOH}$	DHA (Ácido docosahexenoico)
Omega 6	18: 2 (9,12)	$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_4\text{-(CH=CH-CH}_2\text{)}_2\text{-(CH}_2\text{)}_6\text{-COOH}$	Ácido linoléico
	18: 3 (6,9,12)	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-(CH=CH-CH}_2\text{)}_3\text{-(CH}_2\text{)}_3\text{-COOH}$	Ácido γ -linolénico
	20: 4 (5,8,11,14)	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-(CH=CH-CH}_2\text{)}_4\text{-(CH}_2\text{)}_2\text{-COOH}$	Ácido araquidónico

El ácido erúico se encuentra en los aceites de Brassicaceae, el ácido araquidónico en la carne, el hígado, la manteca de cerdo y en el huevo, en tanto que los ácidos C-20 y C-22, con 5 y 6 dobles enlaces, que pertenecen a la familia omega 3 y omega 6 son característicos de los pescados en donde se encuentran en altas concentraciones; y en menor proporción en semillas y aceites vegetales como linaza, soja, zapallo, canola y nueces. (Simopoulos *et al.*, 2001). Numerosos estudios científicos muestran en estos ácidos una acción positiva frente a determinadas enfermedades, sin embargo, desde el punto de vista tecnológico esto es una desventaja porque los convierte en productos perecederos a causa de su composición lipídica altamente insaturada que puede conllevar a la oxidación no enzimática de lípidos (Aubourg, 1999).

1.3 ÁCIDOS GRASOS ω 3- ω 6 Y SALUD

La importancia de los lípidos como parte de una alimentación sana ha sido ampliamente reconocida y con los avances en la investigación cada día hay más claridad del papel que cumplen las grasas en el organismo. Su estructura relacionada con el número, la localización y la geometría de los dobles enlaces en los ácidos grasos, tiene un profundo efecto sobre los niveles de lípidos plasmáticos (Benatti *et al.*, 1991). Se ha encontrado que existe una relación directa entre las grasas alimentarias y la enfermedad cardiovascular (ECV), en especial la enfermedad coronaria (EC) (Summerbell *et al.*, 2001).

Así se ha establecido que los ácidos grasos omega 3, no solamente son nutrientes esenciales, sino que también son favorables en la prevención y curación de varias enfermedades en las que se incluyen: la aterosclerosis, enfermedad cardíaca

coronaria, enfermedad inflamatoria y los desórdenes autoinmunes (Nestel, 2000.; Harris *et al.*, 2004).

Existe amplia evidencia que el consumo de pescado (fuente importante de EPA y DHA) disminuye el riesgo de EC y otras enfermedades crónicas, así como la muerte súbita en pacientes con ECV preexistente y en individuos sanos. Dallongeville *et al.*, (2003), realizaron un estudio poblacional transversal y encontraron que el consumo de pescado está asociado con un ritmo cardiaco disminuido en hombres entre 50 y 59 años de edad sin historia conocida de ECV. Holub (2002), señala que el efecto combinado de los AG, EPA y DHA en la electrofisiología cardiaca, la función vascular y la estructura de la placa ateromatosa probablemente contribuyen a la prevención de eventos cardiacos fatales.

En el estudio *Diet and Reinfarction* (DART) Burr *et al.*, (1989), observaron que con el incremento del consumo de pescado de 2 ó 3 porciones por semana, se reducía la mortalidad en hombres con infarto agudo de miocardio previo. Igualmente el *Studio della Sopravvivenza nell'Infarto Miocárdico* (GISSI) realizado en 1999, en el que se utilizaron aceites de pescado en sobrevivientes de infarto de miocardio, demostró que después de 3.5 años de seguimiento, el grupo que había recibido aceites de pescado presentó una reducción del 20% de la mortalidad total, reducción del 30% de la muerte cardiovascular y una reducción del 45% de muerte súbita.

El meta-análisis de Whelton y Colbs 2004, realizado con estudios observacionales también pudo demostrar que el consumo de pescado está asociado con un riesgo significativamente bajo de EC fatal. Los hallazgos sugieren que el consumo de pescado debe ser un componente importante en la modificación del estilo de vida, para la prevención de la EC.

En el estudio de Pischon *et al.*, (2003), se encontró una relación inversa entre la ingesta de pescado y los niveles de los receptores de factor de necrosis tumoral y otros marcadores de la inflamación. Este estudio mostró que los ácidos grasos ω -3 combinados con ω -6 pueden disminuir las concentraciones de citoquinas pro-inflamatorias.

Los efectos nutricionales y su importancia en la salud de los ácidos omega-3 son diferentes. El EPA se asocia principalmente con la protección de la salud cardiovascular (Uauy *et al.*, 2000), mientras que el DHA es un ácido graso esencial en la formación y función del tejido nervioso y visual (Valenzuela *et al.*, 2001).

El EPA participa en la síntesis de eicosanoides que producen a nivel vascular efectos antitrombóticos, vasodilatadores y antiinflamatorios, procesos importantes en la protección de la salud cardiovascular (Bristain, 2003). Entre tanto el DHA es nutricionalmente requerido en cantidades importantes durante la formación del sistema nervioso, particularmente del cerebro y del sistema visual, el que anatómicamente deriva del sistema nervioso.

El DHA se acumula en los conos y bastoncitos de la retina. (Valenzuela *et al.*, 2003). El cerebro se forma en el humano principalmente durante el último trimestre gestacional, en este período se produce una activa neurogénesis y migración neuronal y se inicia la mielinización y la sinaptogénesis, continuando estos dos últimos procesos aún después del nacimiento y hasta aproximadamente los tres años de edad (Uauy *et al.*, 2000). Durante todo este período de la vida intrauterina fetal, el recién nacido y el lactante, requieren de un aporte continuo de LNA y de DHA, los que se incorporan a los fosfolípidos que forman los diferentes segmentos del cerebro, (Clandinin, 1999). La capacidad del feto para formar DHA es casi nula, por lo cual es estrictamente dependiente del aporte materno a través de la placenta (Dutta-Roy, 2001).

Investigaciones recientes han demostrado que el DHA no solo es requerido en la primera etapa de la vida. Se ha observado que en ciertas enfermedades neurológicas propias del adulto mayor, como es el caso de la enfermedad de Parkinson y de Alzheimer y de otras neuropatías, se produce una pérdida importante del contenido de DHA de las neuronas cerebrales, hecho que se asocia con los efectos devastadores de estas enfermedades (Wainwright, 2000). Como resultado de estas observaciones, la recomendación de un adecuado aporte de DHA también se extiende en la actualidad al adulto y particularmente al adulto mayor (Pettegrew, 2001).

Estos datos y la sólida evidencia del efecto del consumo de pescado en la prevención de diferentes enfermedades, sugieren la necesidad de aumentar su ingesta en todas las poblaciones, especialmente en aquellas de mayor riesgo de morbilidad, no sólo por ECV sino en otros procesos patológicos. (He. K *et al.*, 2004; Carrero *et al.*, 2005; Constant, 2004).

1.4 DISPONIBILIDAD Y CONSUMO DE PESCADO

En el mundo occidental la alimentación adolece de algunas deficiencias (y también de excesos) nutricionales siendo quizás la más relevante, el escaso aporte de AG omega 3, debido al bajo consumo de productos pesqueros en una proporción importante de la población (Simopoulos *et al.*, 2001). Como ejemplo, el consumo anual *per cápita* de pescado en un país oriental como Japón es superior a 55Kg (Egusa *et al.*, 2004), mientras en Colombia es menor de 6.5Kg (Ustate, 2002). En el área regional no se conocen datos de estudios específicos de ingesta de pescados, sin embargo en un estudio realizado en la ciudad de Bucaramanga y en el departamento de Santander, se encontró bajo consumo de pescado (Prada, 2003), lo cual no le permiten a la población tener los beneficios derivados de una ingesta adecuada de AG ω -3.

La importancia nutricional de estos AG ha motivado a las autoridades de salud (comités de expertos, OMS y FAO) a establecer una cantidad recomendable que se estima para un adulto en 1,2-1,5 g/día (FAO/OMS, 1994). En América del Sur el consumo promedio corresponde a 0.6g/día.

Un factor que puede influir en la baja disponibilidad de pescado para el consumo corresponde, tal vez, a que éste proviene principalmente de pesca artesanal, a excepción del pescado en conserva, por lo cual, no es un producto de oferta constante y está sujeto a muchos condicionantes de su calidad, como son los problemas de distribución, de conservación y de comercialización los que, además, en la mayoría de los casos aumentan su precio al consumidor hasta en 10 veces su precio de origen, factor éste último que limita apreciablemente su consumo.

A nivel nacional, la producción pesquera corresponde fundamentalmente a la obtenida en los principales ríos del país, especialmente los que forman la cuenca del Magdalena. Esta actividad se realiza durante las épocas de “*subienda*” (dos al año), fenómeno migratorio en el cual toman parte muchas especies con el objeto de reproducirse. Durante el resto del año, el pescado consumido en el país proviene en parte, del complejo de ciénagas que posee esta cuenca, en donde muchas especies crecen y engordan.

Las especies recomendadas para clima medio y cálido, que actualmente se están cultivando son: la mojarra roja o plateada y las cachamas blanca y negra. Además de las especies mencionadas, se ven con potencialidades de cultivo el bocachico y el bagre rayado, las cuales actualmente se cultivan a pequeña escala (Ley 811, 2003). En el departamento de Santander se tienen cultivos de cachama, tilapia, trucha, bocachico y bagre (Acero, 1974).

1.4.1 Bocachico (*Prochilodus reticulatus magdalenae*): es un pez nativo que se encuentra distribuido en la cuenca de los ríos y participa en las migraciones conocidas como “*subienda*”, que se presentan en las épocas del verano tardío. En este período este pez penetra en los pequeños afluentes de los ríos, donde desovan cuando inicia el invierno. El fomento piscícola del bocachico especialmente en fincas particulares, ha permitido adquirir información sobre su crecimiento en ambientes cerrados sin alimentación suplementaria. Debido a su abundancia en las épocas de migración se está extendiendo la práctica de recolectar el bocachico en lagunas artificiales o naturales controladas, para luego capturarlos en los períodos de poca actividad pesquera y tener disponibilidad en diferentes épocas del año (Acero, 1977).

1.4.2 Tilapia roja o mojarra roja (*Oreochromis sp*): es un cíclido originario de África, que fue introducido en el país en 1959. La Tilapia representada por cerca de 100 especies pertenecientes a 6 géneros diferentes. En el país fueron introducidas aproximadamente 6 especies, siendo la tilapia roja la más conocida en la región (Popman *et al.*, 2000). Hasta el presente, la piscicultura realizada con estas especies se ha denominado “agrícola” debido a que su desarrollo se realiza con los agricultores minifundistas especialmente en los departamentos de Caldas, Risaralda y Valle, encontrándose en menor escala en el departamento de Santander. El INDERENA en la actualidad tiene prohibida la diseminación y cultivo de la Tilapia *mossambica* y ha restringido el fomento de la Tilapia *rendalli* a las áreas en donde actualmente existe, mientras no se conozca en detalle acerca de su capacidad competidora con las especies nativas (FAO. Acero, 2005.; Popman *et al.*, 2000).

Su cultivo requiere un manejo adecuado pues se reproducen en aguas lénticas, o sea en los estanques, por lo cual favorece su alta eficiencia reproductiva.

1.4.3 Cachama blanca (*Piáactus brachypomus*): la cachama blanca es una especie nativa ampliamente distribuida en América del Sur desde el Orinoco hasta el río de la Plata. Tiene buen rendimiento en carne y su comercialización es mayor en comparación con la cachama negra. (Ley 811 de 2003). Es el tipo de pez más recomendable para las comunidades rurales. La principal producción de cachama se concentra en la región de la Orinoquía especialmente en el departamento del Meta que participa con el 14.5% de la producción nacional. Sin embargo no ocupa el primer renglón en la producción de este pez. Según información del INCODER en el año 2002 el departamento de Santander estuvo en primer lugar en producción con 1.162 toneladas mientras en el Meta fue de 1.142 toneladas.

1.4.4 Trucha arco iris (*Salmo gairdnerii*): fue introducida en el país en 1939 (100.000 ovas embrionadas provenientes de California, EE.UU.) y se adaptó en un principio con éxito. En la actualidad la trucha se encuentra distribuida en los principales lagos y arroyos de aguas frías (alrededor de 13°C). Esta especie tiene significativa importancia para la pesca deportiva, lo mismo que para la producción de ovas embrionadas, las cuales son utilizadas para la repoblación en lagos y ríos, para la exportación y para el abastecimiento de piscifactorías particulares. La reproducción de esta especie ocurre a lo largo de todo el año, obteniéndose una producción aproximada de 5 millones de ovas embrionadas en este período (Castro *et al.*, 2004). Existen claros indicios del predominio de la trucha sobre las especies nativas de agua fría. En el departamento de Santander el principal centro de producción es la Estación Truchícola de Berlín, centro piloto demostrativo para la producción industrial de trucha. Tiene capacidad para producir 40.000 unidades de esta especie en un año (Echeverri *et al.*, 2003).

1.4.5 Bagre (*Pseudoplatystoma faciatum*): el pescado bagre es una especie propia de las costas americanas y de la desembocadura de los ríos. En Colombia, la pesca en aguas continentales está básicamente limitada a los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge y en el departamento de Santander la zona pesquera está

localizada en el Magdalena Medio, teniendo como principal centro de acopio el puerto de Barrancabermeja.

1.5 EL SALMÓN

El salmón es un pez de agua salada que, sin embargo, se reproduce en el agua dulce. Su tamaño es variable dependiendo de la especie, que en algunos casos puede producir ejemplares de hasta 45 kg de peso y de más de 1,5 m de longitud. El salmón es una especie de captura salvaje, sin embargo su amplia disponibilidad actual deriva de la producción industrializada a través de la acuicultura. El salmón del Atlántico (*Salmo salar*) y el salmón del Pacífico o también conocido como salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) son variedades físicamente parecidas, pero sus ciclos de crecimiento y producción son distintos. La producción del salmón del Atlántico es continua durante todo el año, en cambio la producción del salmón del Pacífico es estacional, concentrándose principalmente durante los meses del verano.

El salmón pertenece a los llamados "peces azules", que son aquellos peces que tienen un alto contenido de tejido adiposo, por lo cual se les llama también "peces grasos". La carne (músculo) del salmón tiene un color rosado muy atractivo para el consumidor y cuya intensidad es una de las bases de la valorización económica del producto. Como este color no se puede lograr con los componentes de la alimentación artificial, a ésta se le agregan carotenoides artificiales como la astaxantina y la cantaxantina, que si bien son de alto costo y contribuyen en forma importante en el valor de la alimentación del salmón, permiten obtener una pigmentación muy intensa en su carne y así un mayor valor comercial (Valenzuela, 2005).

Aunque el salmón es una excelente fuente de proteína, su principal beneficio desde el punto de vista nutricional radica en que constituye la mejor fuente de AG EPA y DHA, particularmente de este último ácido graso.

El contenido de grasa del salmón es muy variado, el del Atlántico por ejemplo contiene 6.3% de grasa total. (Plata *et al.*, 2005), mientras que el producido por la acuicultura chilena posee en promedio entre 14-19% de grasa total, de la cual el 3.83% corresponde a ácidos saturados, el 3.94% a ácidos monoinsaturados y el 5.74% a ácidos poliinsaturados que incluyen 1.4–1.6% de EPA y 2.1- 2.3% de DHA (Tabla de composición de alimentos chilenos 2001).

2. METODOLOGÍA

2.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1.1 Muestreo: Se llevó a cabo un muestreo aleatorio simple. Las muestras de las diferentes especies se obtuvieron en la forma en que mayor disponibilidad presentan en el comercio, así: en forma congelada se adquirieron: la tilapia de fincas productoras ubicadas en Pescadero, vía Bucaramanga-Bogotá; la trucha de la vereda la Corcova, vía Bucaramanga-Pamplona y el salmón proveniente de Chile. En forma fresca las especies bocachico y bagre se obtuvieron del puerto de Barrancabermeja y la cachama de El Playón.

Para cada una de las especies se realizaron cuatro muestreos mensuales, tomando en cada caso un kilogramo de muestra y para el salmón se adquirieron porciones de 250g. En el punto de muestreo se controló la procedencia y el sexo (muestreando siempre pescados machos).

Todos los análisis se llevaron a cabo por duplicado.

2.1.2 Transporte: Las muestras de pescado fresco evisceradas “in situ” y seleccionadas, fueron empacadas en bolsas plásticas y transportadas manteniendo la cadena de frío.

2.1.3 Almacenamiento: Una vez en el laboratorio, los pescados frescos fueron cortados separando la cabeza, la piel y las espinas de la parte comestible, homogenizados (**figura 2**) y almacenados a -20°C , hasta su utilización.

Figura 2. Muestra de pescado homogenizada.



2.1.4 Análisis de Muestras

2.1.4.1 Características Organolépticas y Físicas: En el sitio de muestreo y cada vez que se efectuaron los análisis para los pescados frescos se observaron los siguientes parámetros: color y brillo de la piel, color de la parte comestible, firmeza, olor del pescado y pH. Para la determinación del pH la muestra se diluyó en agua en proporciones 1:1 (Luddorff, 1973).

2.1.4.2 Análisis Bromatológico: El análisis bromatológico, se realizó en el laboratorio de alimentos del CICTA y comprendió la determinación de humedad, cenizas, grasa y proteína.

2.1.4.2.1 Determinación de humedad: La determinación de humedad se efectuó siguiendo el procedimiento de la A.O.A.C. 7.003/84 y 930.15/90 adaptados, para lo cual se pesaron entre 1-2g de muestra, que se calentaron a 105°C hasta que se logró un peso constante. Se dejó enfriar en el desecador, se pesó la muestra seca y finalmente se calculó el porcentaje de humedad.

2.1.4.2.2 Determinación de grasa: Se siguió el procedimiento de la A.O.A.C. 7.060/84 y 920.39/90 adaptados, que consistió en pasar la muestra seca a un dedal de papel, taparla con algodón y colocarla en el extractor Soxhlet y someterla a un proceso de extracción con hexano durante 8 horas, como se muestra en la **figura 3**. Posteriormente, se recuperó el disolvente por destilación y la muestra obtenida se secó hasta peso constante para calcular el porcentaje de grasa.

Figura 3. Extractor Soxhlet utilizado en la determinación de grasa.



2.1.4.2.3 Determinación de cenizas: Ésta se efectuó siguiendo el procedimiento de la A.O.A.C. 7.009/84 y 942.05/90 adaptados: se taró el crisol de porcelana y se pesó entre 2-3g de muestra en la balanza analítica. Luego se llevó el crisol a la mufla, se calcinó al rojo oscuro (500-550°C) durante 4 horas, posteriormente se dejó enfriar y se transfirió el crisol directamente al desecador. Finalmente se pesaron las cenizas y se calculó su porcentaje. La muestra obtenida se utilizó para la determinación de los elementos menores.

2.1.4.2.4 Determinación de proteína: La determinación de proteína se efectuó siguiendo el método de Kjeldahl-Gunning-Arnold adaptado por Griffin 1995: se pesó una muestra entre 0.5-1g, se colocó en un tubo Kjeldahl, se añadió 1 tableta catalizadora y 15mL de ácido sulfúrico concentrado, se colocó el tubo en el digestor marca Buchi 426 modelo B-426RC y se calentó durante 1 hora como muestra la **figura 4**. Luego se dejó enfriar y se adicionò 50mL de agua destilada, se colocó el tubo con muestra digerida y diluida en el destilador marca Buchi K-314, se agregó NaOH 32% hasta que la rejilla de volumen del equipo marcó 150mL y en la salida se colocó un erlenmeyer con 50mL de ácido bórico y 3 gotas de indicador mixto. Posteriormente se destiló con vapor y se recogió en la solución de bórico hasta un volumen de 200mL. El destilado se tituló con HCl 0.1N hasta que el color cambió de verde a violeta. Finalmente se calculó el porcentaje de nitrógeno y posteriormente el porcentaje de proteína.

2.1.4.3 Análisis de elementos menores: Las muestras secas fueron analizadas en cuanto a su contenido de calcio, hierro y fósforo, para lo cual las cenizas se trataron con una solución de ácido clorhídrico 1:1, hasta llevar la muestra casi a sequedad, luego se lavó con agua caliente, se filtró y posteriormente se aforó a 100mL. En la solución final, se determinaron, por absorción atómica, los elementos hierro y calcio según los métodos analíticos de Standard Methods 3111B.

Figura 4. Equipo Buchi para determinación de proteínas.



Para el análisis del fósforo se utilizó el método colorimétrico de fosfato en forma de fosfomolibdato de vanadio descrito por Bernal (1994), se tomaron 5mL de la solución de cenizas y se diluyeron a 100mL en un matraz aforado, de esta solución se tomaron 10mL en un tubo de ensayo y se añadió 4mL de una mezcla recién preparada, de partes iguales de solución acuosa de molibdato de amonio al 5% y solución al 0.25% de vanadato de amonio en ácido nítrico. Se tapó y se mezcló bien dejando en reposo durante 25 minutos para que se desarrollara el color. Se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 420nm, ajustando el 100% con un blanco de reactivos en el equipo de colorimetría de marca Spectronic 20D+.

Todas las determinaciones anteriormente descritas se llevaron a cabo por duplicado.

2.1.4.4 Análisis de ácidos grasos.

2.1.4.4.1 Extracción: La parte comestible del pescado sin piel se secó a 60°C durante 24 horas, luego fue homogenizada (macerada) y de allí se tomaron 0.5-2g. La muestra se trató con 3mL de solución cloroformo-metanol 2:1 y se agitó durante 2 minutos, separando la fase líquida de la sólida, a la cual se le realizó el mismo procedimiento cinco veces más. La mezcla de sobrenadantes se lavó tres veces con solución salina¹, posteriormente, la fase orgánica se secó con sulfato de sodio anhidro, el solvente fue removido mediante burbujeo de Nitrógeno, obteniendo así los lípidos totales del pescado. (Bligh y Dyer, 1959).

2.1.4.4.2 Identificación y cuantificación de ácidos grasos: La identificación y cuantificación de los ácidos grasos libres se realizó siguiendo el método descrito por Moreno (2001). La muestra obtenida en la etapa anterior se disolvió en 2mL de hexano, se adicionaron 200 microlitros de mezcla esterificante (metanol-KOH), se agitó durante 2 minutos y luego se dejó reposar durante 20 minutos para separar las dos fases. De la fase superior, se tomaron 0.5mL en un vial para el análisis de los metilésteres de ácidos grasos (FAME).

Los FAME y los patrones fueron analizados por cromatografía de gases empleando el método descrito en la Norma Técnica Colombiana NTC 1966. El equipo empleado fue un cromatógrafo de gases marca Agilent modelo HP-6890 Series GC System, equipado con un detector FID y un puerto de inyección Split/splitless (relación de split 100:1), a temperatura de 250°C, por inyección manual. Para la separación de los analitos se empleó una columna capilar de sílice fundida INNOWAX con fase estacionaria de polietilenglicol [30m x 0.32mm (d.i.) x 0.25µm (f.e.)]. La programación de la temperatura para la columna varió desde 50°C mantenidos por 2 minutos con una rampa de calentamiento de

¹ cloruro de calcio al 2%, cloruro de sodio al 1%, cloruro de potasio al 1% y cloruro de magnesio al 1%.

4°C/min hasta 220°C y mantenida por 15 minutos. El flujo de gas en la columna fue de 1.5mL/min, en modo de flujo constante. La temperatura del detector FID se mantuvo a 260°C, el flujo de aire fue de 350mL/min, el flujo de hidrógeno 35mL/min y el del gas helio 30cm/s.

Para la identificación de los ácidos grasos se compararon los tiempos de retención de las muestras con los de un patrón de referencia F.A.M.E. Mix, C4-C24 Cat No.18919 Marca Supelco. La cuantificación se hizo relacionando el área bajo la curva correspondiente a cada uno de los metilésteres de los ácidos grasos (FAME), con el área total de la grasa extraída de la muestra fresca para cada uno de las especies y se expresó esta como el porcentaje de ácido graso en cien gramos de muestra fresca.

2.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Existe una amplia variedad de pruebas estadísticas que pueden ser aplicadas al tratamiento de datos de acuerdo a la población analizada. El análisis estadístico paramétrico se utiliza cuando se estudian poblaciones en donde la distribución de los datos es normal y existe homogeneidad de varianzas.

Teniendo en cuenta que las muestras de pescados no provenían de poblaciones normales o controladas, para evaluar las diferencias entre muestras (especies) de cada variable medida, se empleó un análisis estadístico no paramétrico, basado en la aplicación inicial del test Kruskal-Wallis (Kruskal y Wallis, 1952), a menudo llamado “análisis de varianza por rangos” el test tiene un poder estimado del 95%. Este análisis no paramétrico es apropiado cuando las muestras no vienen de poblaciones normales y las varianzas de las poblaciones muestreadas son heterogéneas (Zar, 1999). Como en toda prueba no paramétrica el procedimiento de Kruskal-Wallis no usa parámetros de las poblaciones muestreadas para

establecer las hipótesis ni para llevar a cabo los cálculos del test. Las diferencias entre muestras son establecidas por la asignación de rangos (Zar, 1999).

En segunda instancia se aplicó el test de Nemenyi, como test *a posteriori* al Kruskal-Wallis, siempre que existieran diferencias significativas en las muestras (especies de peces) analizadas, este test realiza comparaciones múltiples no paramétricas (Zar, 1999), determinando la similitud de los valores obtenidos entre las muestras para cada variable medida, clasificando las muestras (especies) en grupos.

En los análisis no paramétricos se usan rangos en el establecimiento de las hipótesis y en los cálculos de las pruebas. Las hipótesis a analizar en la prueba Kruskal-Wallis (K-W) fueron:

(1) **hipótesis nula**: el valor de una determinada variable medida es la misma en las 6 especies de pescados muestreadas.

(2) **la hipótesis alternativa**: el valor de una determinada variable no es la misma en las 6 especies de pescados muestreadas.

Una vez planteadas las hipótesis, se procedió a establecer los rangos (R) para los cuarenta y ocho (48) datos obtenidos para cada variable (de macronutrientes, micronutrientes y de ácidos grasos) y se ordenaron de menor a mayor, asignándoles un número natural en orden ascendente comenzando por el número 1. Posteriormente se sumaron los rangos asignados a los datos para cada variable por especie (suma de rangos) con los cuales se procedió a hacer los análisis pertinentes.

En el test de Kruskal-Wallis el criterio estadístico utilizado para aceptar o rechazar la hipótesis nula es el estadístico H, este es calculado como:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

Donde:

n_i = número de mediciones de cada variable por especie (8)

$N = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6$

k = número de especies (6)

R = suma de rango

t = número de relaciones en el grupo i de relaciones

m = número de grupos de rangos relacionados

Ya que el número de muestras (especies) en este trabajo fue mayor de cinco, se consideró el valor de H aproximado al valor crítico de la distribución chi-cuadrado (χ^2) con $K-1$ grados de libertad como lo recomendado en Zar (1999). El rechazo de la hipótesis nula se determinó para los casos en los cuales χ^2 **calculado** fue mayor que χ^2 **tabulado**. Utilizando el programa estadístico SPSS para Windows versión 10.0, se determinó el valor de χ^2 **calculado**.

En el caso de que la hipótesis nula del Kruskal-Wallis sea rechazada se aplicaron pruebas *a posteriori* usando el test de Nemenyi (Zar, 1999). Las comparaciones múltiples no paramétricas usadas en este test, se efectuaron usando la suma de rangos (Zar, 1999). Las diferencias entre pares de sumas de rangos fueron tabuladas, comenzando con la diferencia entre la más grande y la más pequeña. Para este fin se tienen en cuenta y se comparan dos parámetros: el valor q_{cal} (valor crítico de distribución) resultante del análisis de los datos experimentales y el valor q_{tab} (valor crítico de distribución tabulado). Un valor mayor de q_{cal} , con respecto a q_{tab} representa diferencias significativas, de esta manera y con base a estas diferencias se da la clasificación en dos grupos:

- El grupo **a** caracterizado por un menor porcentaje de la variable analizada (para valores $q_{cal} > q_{tab}$).
- El grupo **b** caracterizado por un mayor porcentaje de la variable analizada (para $q_{cal} < q_{tab}$).

El valor de q_{cal} se determinó así:

$$q = \frac{R_B - R_A}{SE}$$

Donde $SE = \sqrt{\frac{n(nk)(nk + 1)}{12}}$;

R_A : rango menor; R_B : rango mayor; k = número de especies (6);

n : número de mediciones de cada variable por especie (8).

Una vez hecho esto se analizó de la misma manera las sumas de rangos que presentaron diferencias significativas para comprobar o descartar que éstas pertenecieran al mismo grupo o hicieran parte de un tercer grupo. Finalmente, se procedió en la misma secuencia hasta que no existieran diferencias significativas entre la suma de rangos más grande y la siguiente en orden decreciente. **(ANEXO 1)**. (Andrews, 1954).

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS

A las muestras de pescados frescos y congelados que se adquirieron para el análisis, se le observaron las características físicas y organolépticas (color y brillo de la piel, color de la parte comestible, firmeza, olor del pescado y pH) obteniéndose en todos los casos los valores esperados para pescados que se encuentran en buen estado (**tabla 4**).

Tabla 4. Características físicas y organolépticas de las especies de pescado analizadas.

ESPECIE	COLOR DE LA PIEL	BRILLO DE LA PIEL	COLOR DE LA CARNE	FIRMEZA DE LA CARNE	pH DE LA CARNE	OLOR PESCADO
SALMÓN	Negro con pintas blancas	Pigmentación tornasolada	Naranja	Blando	7.3	Fresco
TRUCHA	Gris	Plateado	Habano	Blando	7.2	Fresco
TILAPIA	Rosada	Tornasolada	Blanca amarillento	Firme	7.3	Fresco
BOCACHICO	Negro	Brillante	Rosado	Firme	7.2	Fresco
BAGRE	Negro	Brillante	Habano	Firme	7.2	Fresco
CACHAMA	Blanca	Tornasolada	Beige	Firme	7.3	Fresco

3.2 ANÁLISIS DE MACRONUTRIENTES

En la **tabla 5**, se presentan los resultados del análisis bromatológico de las especies bagre, bocachico, cachama, tilapia, trucha y salmón. El contenido de cada uno de los macronutrientes se expresa como el rango (valor mínimo – valor máximo) obtenido para las cuatro muestras analizadas de cada especie.

En el caso de la grasa se observa el mayor rango de variación. Sin embargo, para poder establecer si existen diferencias entre las especies, se realizó el análisis estadístico descrito en el numeral 2.2.

Tabla 5. Contenido de: humedad, cenizas, grasa total y proteínas de las diferentes especies de pescado.

ESPECIE	HUMEDAD %	PROTEÍNAS %	CENIZAS %	GRASA TOTAL %
SALMÓN	60.03 – 68.58	19.44 – 20.94	1.1 – 1.34	7.44 – 17.02
TRUCHA	69.83 – 75.93	17.81 – 20.39	0.98 – 1.16	4.09 – 8.13
TILAPIA	72.31 – 76.86	18.44 – 20.78	1.12 – 1.45	2.23 – 4.53
BOCACHICO	75.16 – 78.07	16.36 – 20.44	1.07 – 1.27	1.34 – 5.15
BAGRE	74.89 – 77.52	20.31 – 22.12	0.99 – 1.12	0.35 – 1.94
CACHAMA	74.81 – 79.28	16.74 – 19.34	1.01 – 1.19	1.61 – 6.26

Al aplicar a los datos obtenidos el test de Kruskal-Wallis, se encontró que el valor crítico de distribución χ^2 tabulado, fue menor que el χ^2 calculado rechazándose así la hipótesis nula, es decir que el “*valor de una determinada variable medida es la misma en las especies de pescados estudiadas*”. Por lo anterior, se procedió a aplicar la prueba *a posteriori* o test de Nemenyi.

Para facilitar el análisis de resultados, cada una de las variables fue analizada en forma independiente. En el **ANEXO 1**, se presentan los detalles del análisis estadístico aplicado en todos los casos.

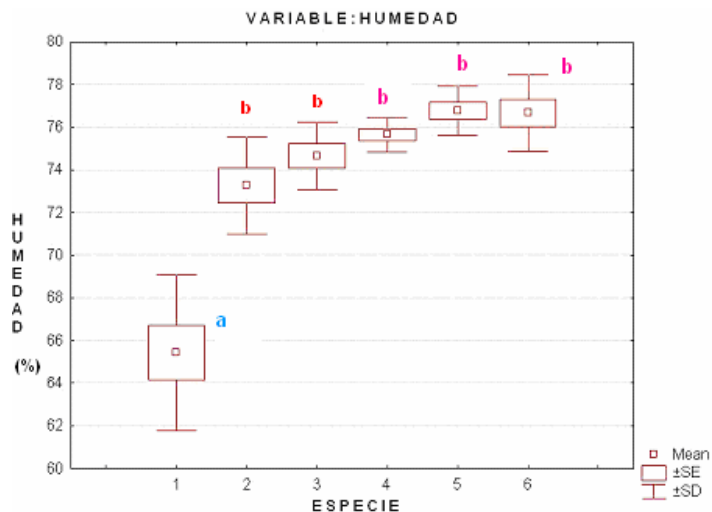
En la **tabla 6**, se presentan los valores q_{cal} (valor crítico de distribución calculado) resultantes del análisis de los datos experimentales y el valor $q_{0.05}$ (valor crítico de distribución tabulado), para el caso de la variable **HUMEDAD**, se diferencian dos grupos: en el grupo **a** se encuentra el salmón y en el grupo **b** se encuentran la trucha, la tilapia, el bagre, el bocachico y la cachama, que se caracterizan por un contenido de humedad mas alto que el salmón (**figura 5**).

Tabla 6. Resultados del análisis estadístico no paramétrico para la humedad de los pescados analizados.

HUMEDAD			
ESPECIE	q_{cal} *	$q_{0.05}$	GRUPO
Bocachico			b
Cachama	0,556	4,030	b
Bagre	1,414	4,030	b
Tilapia	2,967	4,030	b
Trucha	3,902	4,030	b
Salmón	6,616	4,030	a

* Los valores de q_{cal} se obtienen al realizar comparaciones entre la especie que presenta mayor porcentaje de humedad en este caso el bocachico y las otras, por consiguiente esta primera casilla se encuentra en blanco.

Figura 5. Relación de los valores de porcentajes de humedad de las diferentes especies de pescado analizadas: (1) Salmón, (2) Trucha, (3) Tilapia, (4) Bagre, (5) Bocachico, (6) Cachama



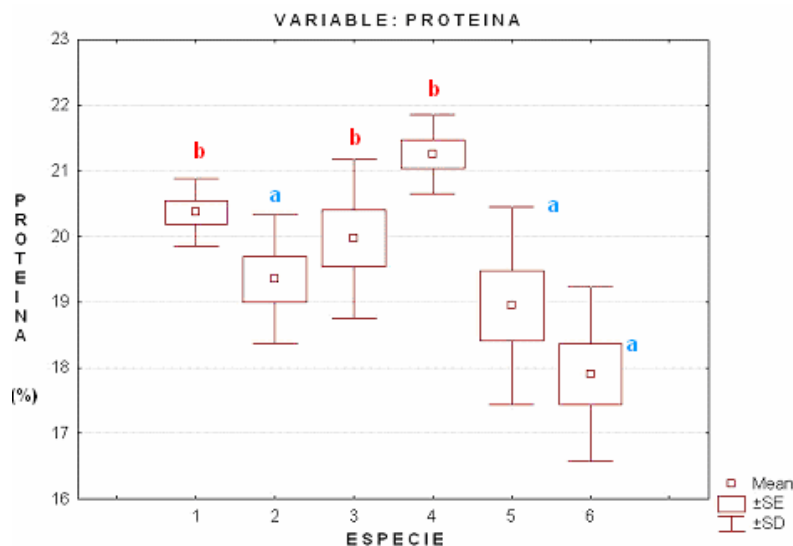
Mean: Media; SE: Error estándar; SD: Desviación estándar.

En cuanto al contenido de **PROTEÍNA** de acuerdo a los valores de **q** (**tabla 7**) los pescados se clasifican en dos grupos: el grupo **a** que incluye trucha, bocachico y cachama presenta valores entre 16.36 – 20.44% de proteína y el grupo **b** que incluye salmón, tilapia y bagre, presenta valores mayores (**figura 6**).

Tabla 7. Resultados del análisis estadístico no paramétrico para proteínas de los pescados analizados

PROTEINAS			
ESPECIE	q_{cal}	$q_{0.05}$	GRUPO
Bagre			b
Salmón	2,336	4,030	b
Tilapia	2,727	4,030	b
Trucha	4,457	4,030	a
Bocachico	5,013	4,030	a
Cachama	6,301	4,030	a

Figura 6. Relación de los valores de porcentajes de proteínas de las diferentes especies de pescado analizadas: (1) Salmón, (2) Trucha, (3) Tilapia, (4) Bagre, (5) Bocachico, (6) Cachama

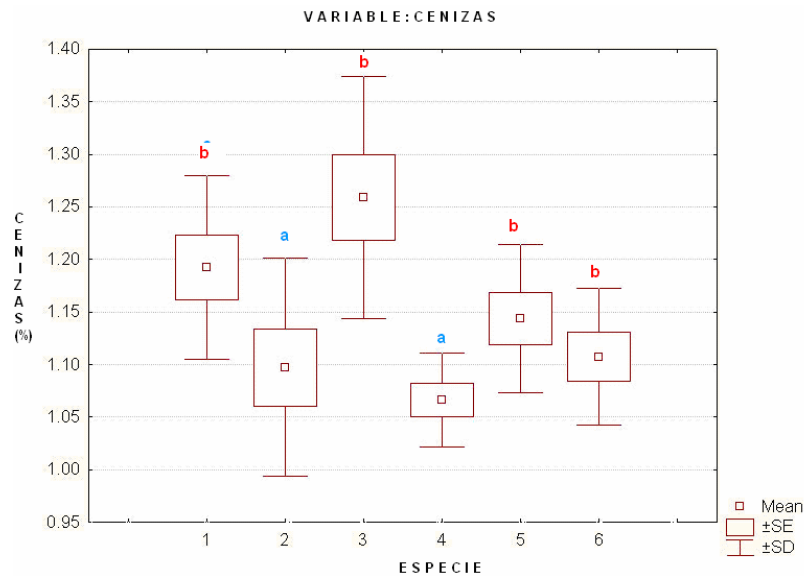


Para las **CENIZAS** se observó, que las especies salmón, bocachico, tilapia y cachama poseen un contenido de cenizas similar que permite clasificarlas en el grupo **b**, mientras que la trucha y el bagre presentan un contenido de cenizas más bajo y se agrupan en el grupo **a** (tabla 8, figura 7).

Tabla 8. Resultados del análisis estadístico no paramétrico para cenizas de los pescados analizados.

CENIZAS			
ESPECIE	q_{cal}	$q_{0.05}$	GRUPO
Tilapia			b
Salmón	1,111	4,030	b
Bocachico	2,475	4,030	b
Cachama	3,674	4,030	b
Trucha	4,192	4,030	a
Bagre	5,139	4,030	a

Figura 7. Relación de los valores de porcentajes cenizas de las diferentes especies de pescado analizadas: (1) Salmón, (2) Trucha, (3) Tilapia, (4) Bagre, (5) Bocachico, (6) Cachama

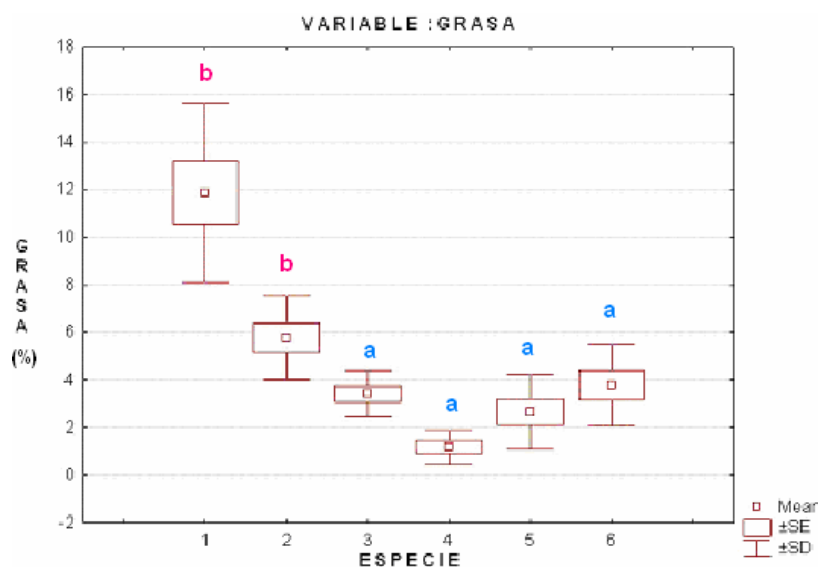


Con respecto al contenido de **GRASA**, al aplicar el test de Kruskal-Wallis y la prueba a posteriori, las especies evaluadas se clasificaron en dos grupos: el primero compuesto por salmón y trucha y el segundo por bagre, bocachico, cachama y tilapia (**tabla 9**). En este caso las diferencias en cuanto al contenido de grasa entre las especies fue muy notoria, siendo el salmón el pescado con mayor contenido de grasa entre las especies (7.44 – 17.02%) y el bagre el de menor contenido (0.35– 1.94%), como se puede observar en la **figura 8**.

Tabla 9. Resultados del análisis estadístico no paramétrico para grasa total de los pescados analizados.

GRASA TOTAL			
ESPECIE	q_{cal}	$q_{0.05}$	GRUPO
Salmón			b
Trucha	2,172	4,030	b
Cachama	4,217	4,030	a
Tilapia	4,344	4,030	a
Bocachico	5,531	4,030	a
Bagre	7,374	4,030	a

Figura 8. Relación de los valores de porcentajes de grasa total de las diferentes especies de pescado analizadas: (1) Salmón, (2) Trucha, (3) Tilapia, (4) Bagre, (5) Bocachico, (6) Cachama



En el caso específico del salmón el rango de variación entre los contenidos de grasa fue amplio, por lo cual, se analizaron muestras de un mismo pescado tomadas en diferentes partes del filete obteniendo valores de 9.86% para la

muestra tomada en la parte superior; 6,23% para la muestra del centro y 15,6% para la muestra inferior del filete.

De otra parte, al comparar los resultados de este estudio con los reportados por otros autores (**tabla 10**) para el salmón, la trucha, la tilapia, el bagre, el bocachico y la cachama se encuentra que sus composiciones en macronutrientes son comparables, es decir están dentro de los mismos rangos, excepto en el caso del bagre, en donde Poulter y Nicolaidis (1985) reportan valores menores a los registrados en este trabajo para proteínas, y valores mayores para el contenido de grasa.

Tabla 10. Valores obtenidos en este estudio y los reportados por otros autores para el análisis bromatológico de las seis especies analizadas.

SALMÓN				
INVESTIGACIONES	HUMEDAD (%)	PROTEÍNA (%)	CENIZA (%)	GRASA (%)
Este trabajo	60.03 - 69.5%	19.44 - 20.94	1.1 - 1.34	7.44 – 17.02
Murray y Burt, 1969 ^a	67.00-77.00%	21.5	nr	14.00
Tabla de composición de alimentos colombianos 2001.	nr	19.8	2.5	6.3
Wilson. Salmón enlatado	68.7%	21.4	nr	7.2
Tabla de composición de alimentos Chilenos 2000	nr	nr	nr	14.00-19.00
Valenzuela, 2005	nr	nr	nr	15.76

TRUCHA				
INVESTIGACIONES	HUMEDAD (%)	PROTEÍNA (%)	CENIZA (%)	GRASA (%)
Este trabajo	69.83 - 75.93	17.81- 20.39	0.98 - 1.16	4.09 - 8.13
Izquierdo ^b	77,1	20.86	1.3	1.5
Wilson	nr	17.9	nr	nr
Tabla de alimentos peruanos ^c	nr	20.9	nr	2.3
Departamento Pesca de la FAO 1994	71.60 -74.60	19.9 -19.40	1.20	4.30 - 6.90
Tabla de composición de alimentos colombianos 2001.	nr	20.6	1.3	3.4
TILAPIA				
Este trabajo	72.31 - 76.86	18.44 - 20.78	1.12 - 1.45	2.23 - 4.53
Izquierdo 2000 ^d .	72.36	23.34	1.94	2.26
BAGRE				
Este trabajo	74.89 - 77.52	20.31 - 22.12	0.99 - 1.12	0.35- 1.7
Poulter y Nicolaidis 1985 ^e	79	14.8	nr	3.7
Wilson con piel	68.9	18.9	nr	nr
Tabla de alimentos de Perú 2000	nr	15.2	nr	1.7

BOCACHICO				
INVESTIGACIONES	HUMEDAD (%)	PROTEÍNA (%)	CENIZA (%)	GRASA (%)
Este trabajo	75.16 - 78.07	16.36 - 20.44	1.07 - 1.27	1.34 - 5.15
Marín 1985 ^f	73,71	16.60	1.14	1.76
Izquierdo <i>et al</i> 2000 ^g	72,47	22.82	1.73	2.17
Wilson <i>et al</i> 1959	nr	17.9	nr	2.7
CACHAMA				
Este trabajo	74.81 - 79.28	16.74 - 19.34	1.01 - 1.19	1.61 - 6.26
Izquierdo ^h	70.73	21.43	1.63	6.15

^a Salmón del Atlántico.

^b Trucha (*Oncorhynchus mykiss*), de la cuenca del Lago Maracaibo

^c Trucha rosada.

^d Tilapia (*Oreochromis sp*), de la cuenca del Lago Maracaibo

^e Bagre (*Ageneiosus sp*).

^f Bocachico del Río Magdalena.

^g Bocachico (*Prochilodus reticulatus*), de la cuenca del Lago Maracaibo.

^h Cachama (*Colosoma macropomus*), de la cuenca del Lago Maracaibo

nr: no registrado

3.3 ANÁLISIS DE MICRONUTRIENTES

Se llevó a cabo la determinación de calcio, hierro y fósforo. En la **tabla 11**, se presentan los rangos obtenidos para las cuatro muestras analizadas de cada especie.

Tabla 11. Rangos de fósforo, hierro y calcio de cada una de las especies analizadas (mg/100g de muestra).

ESPECIE	FÓSFORO	CALCIO	HIERRO
SALMÓN	282,98 - 361,43	10,32 - 23,89	2,00 - 6,00
TRUCHA	216,47 - 330,58	15,64 - 42,57	3,00 - 5,47
TILAPIA	190,91 - 284,75	15,43 - 32,75	1,11 - 2,98
BAGRE	214,77 - 264,29	12,54 - 24,84	3,00 - 5,81
BOCACHICO	223,60 - 286,20	17,00 - 31,59	1,93 - 2,85
CACHAMA	157,32 - 247,49	12,02 - 23,10	1,00 - 1,75

Al hacer el análisis estadístico de los resultados utilizando el test de K-W, se encontró que al igual que los macronutrientes se rechaza la hipótesis nula. Por lo cual se procedió a aplicar el test de Nemenyi. En la **tabla 12**, se relacionan los valores $q_{cal.}$, $q_{tab.}$ y el grupo al cual pertenece cada especie en relación con los micronutrientes.

En cuanto al contenido de **CALCIO**, las especies analizadas conforman un solo grupo tal como se puede apreciar en la **figura 9**.

Para el **HIERRO**, como se puede observar en la **figura 10**, se forman 2 grupos: el primero de estos, grupo **a**, está conformado por la tilapia y la cachama y el

segundo, grupo **b**, con un mayor contenido de hierro constituido por el bagre, la trucha, el salmón y el bocachico.

Tabla 12. Resultados del análisis estadístico no paramétrico para los micronutrientes de los pescados analizados

CALCIO			
ESPECIE	q_{cal}	q_{0.05}	GRUPO
Salmón		4,03	único
Cachama	1,30	4,03	único
Tilapia	2,17	4,03	único
Bagre	2,29	4,03	único
Bocachico	3,11	4,03	único
Trucha	3,41	4,03	único
HIERRO			
Bagre			b
Trucha	0,467	4,030	b
Salmón	0,859	4,030	b
Bocachico	3,851	4,030	b
Tilapia	4,937	4,030	a
Cachama	6,478	4,030	a
FÓSFORO			
Salmón			b
Trucha	2,626	4,030	b
Bocachico	3,384	4,030	b
Bagre	4,369	4,030	a
Tilapia	5,808	4,030	a
Cachama	6,541	4,030	a

Figura 9. Relación de los valores de calcio de las diferentes especies de pescado (mg de calcio/100g de muestra fresca): (1) Salmón, (2) Trucha, (3) Tilapia, (4) Bagre, (5) Bocachico, (6) Cachama.

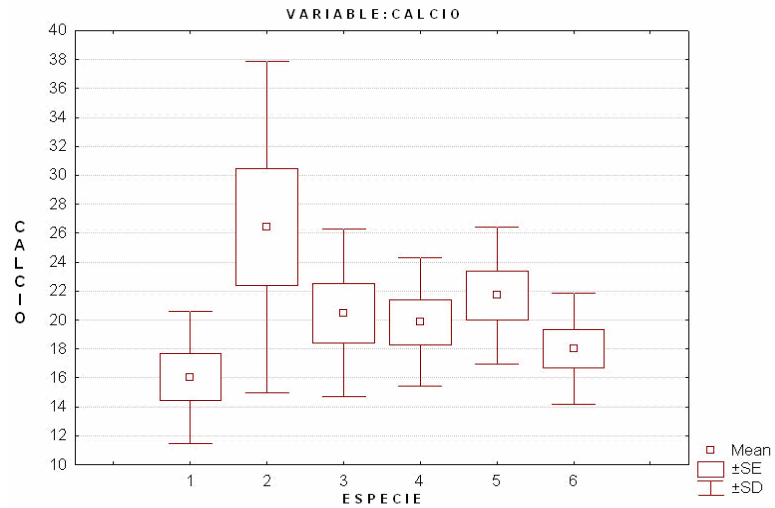
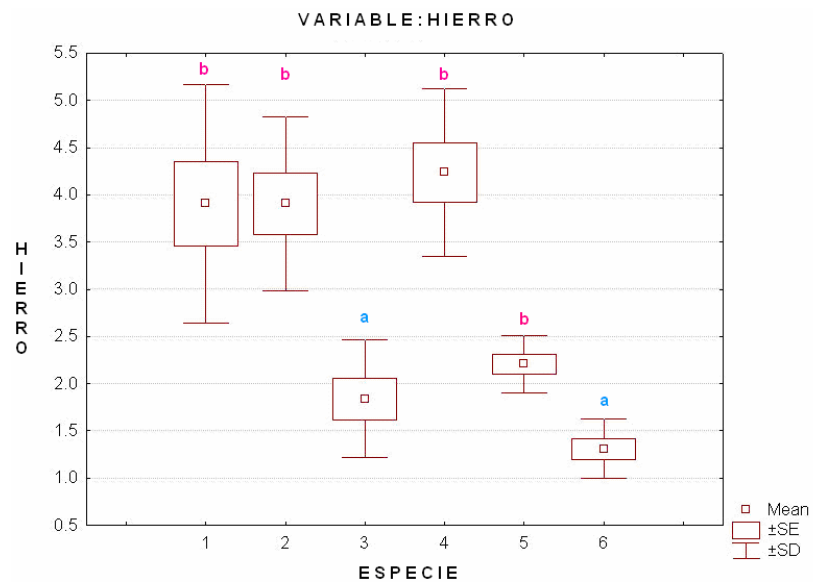
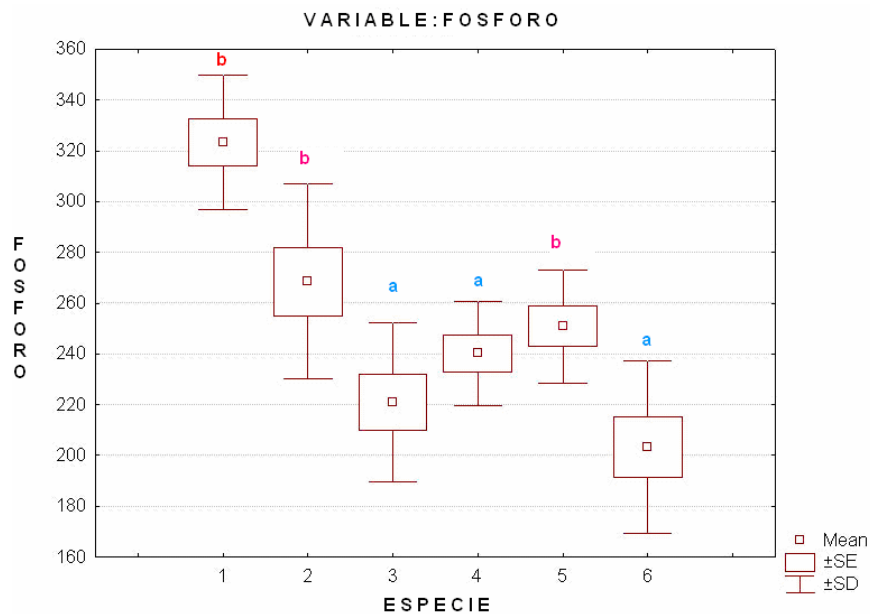


Figura 10. Relación de los valores de hierro de las diferentes especies de pescado (mg de hierro/100g de muestra fresca): (1) Salmón, (2) Trucha, (3) Tilapia, (4) Bagre, (5) Bocachico, (6) Cachama.



En cuanto al contenido de **FÓSFORO**, mediante el análisis no paramétrico se diferencian dos grupos: el primero (**a**) conformado por el bagre, la cachama y la tilapia, especies que poseen un contenido similar de fósforo, siendo éste más bajo que el del salmón, la trucha y el bocachico, que se destacan por ser más ricos en fósforo y conforman el segundo grupo (**b**) **figura 11**.

Figura 11. Relación de los valores de fósforo de las diferentes especies de pescado (mg de calcio/100g de muestra fresca): (1) Salmón, (2) Trucha, (3) Tilapia, (4) Bagre, (5) Bocachico, (6) Cachama



En la **tabla 13**, se reportan los valores obtenidos para el análisis de calcio, hierro y fósforo para las seis especies analizadas en esta investigación y los reportados por otros autores. Se observan diferencias en cuanto a los valores registrados para algunos de los minerales, tal es el caso del salmón en su contenido de hierro, para el que en la Tabla de Alimentos Colombianos (1978) no fue detectado,

mientras que en este trabajo se reportó un valor entre 2.00-6.00 mg/100g. Para la trucha en el presente estudio, se encontraron contenidos de hierro y de fósforo mayores a los reportados por Izquierdo (2000), Wilson (1959) y la Tabla de Alimentos del Perú (2000).

Tabla 13. Valores obtenidos en este estudio y los reportados por otros autores para micronutrientes (mg/100 g de parte comestible)

SALMÓN			
INVESTIGACIONES	CALCIO	HIERRO	FÓSFORO
Este trabajo	10.32 - 23.89	2.00 -6.00	282.98-361.43
Tabla de composición de alimentos colombianos 1978	27.00	nd	306.67
TRUCHA			
Este trabajo	15.64 - 42.57	3.00 - 5.47	216.47- 330.58
Izquierdo ^a	71.33	1.45	122.00
Wilson	20.00	0.70	180.00
Tabla de alimentos del Perú ^b	8.00	0.20	248.00
TILAPIA			
Este trabajo	15.43 -32.75	1.11 - 2.98	190.91- 284.75
Izquierdo 2000 ^c	41	1.76	322.22
BAGRE			
Este trabajo	12.54- 24.84	3 - 5.81	214.77- 264.29
Wilson bagre con piel	20.00	0.60	200.00
Tabla de alimentos de Perú 2000	34.00	1.90	113

BOCACHICO			
INVESTIGACIONES	CALCIO	HIERRO	FÓSFORO
Este trabajo	17.00- 31.59	1.93 - 2.85	223.60-286.20
Izquierdo <i>et al</i> 2000 ^d	10.00	1.20	159.00
Wilson <i>et al</i> 1959	20.00	0.70	180
CACHAMA			
Este trabajo	12.02 - 23.10	1.00 - 1.75	157.32-247.49
Izquierdo ^e	15.66	1.4	186

^a Trucha (*Oncorhynchus mykiss*)

^b Trucha rosada.

^c Tilapia (*Oreochromis sp.*)

^d Bocachico (*Prochilodus reticulatus*). Pescados de la cuenca del Lago Maracaibo.

^e Cachama (*Colosoma macropomus*).

nd :no detectado

En el caso de la Tilapia, Izquierdo, *et al* (2000), reportan valores de calcio y fósforo superiores a los registrados en el presente estudio. Para el bagre se registraron valores superiores en cuanto al contenido de hierro y fósforo, en comparación con los datos registrados por la Tabla de Alimentos del Perú (2000). De igual manera, los datos reportados para el hierro por Wilson (1959), fueron menores a los registrados en la presente investigación.

En el caso del bocachico, en este trabajo se encontraron valores superiores en cuanto al contenido de los tres minerales, en comparación con los trabajos realizados por Izquierdo (2000) y Wilson (1959).

Respecto al contenido de calcio, todas las especies se clasifican en un mismo grupo, contribuyendo a satisfacer las necesidades de este mineral en un individuo sano ya que aportan entre 10.32 y 42.57 mg/100g. El consumo de calcio para el

ser humano es relevante en especial durante el embarazo y la lactancia, etapas en las cuales se deben consumir 1200 mg/día. Este mineral también es importante puesto que cumple una función vital en la regulación del crecimiento, división celular y coagulación de la sangre y como medida preventiva contra la osteoporosis (Blázquez *et al.*, 2001).

En cuanto al contenido de hierro, el requerimiento general en la dieta del hombre depende de la edad y del sexo, la recomendación en adultos es: para mujeres en edad fértil es de 18mg/día, para hombres de 10mg/día y para mujeres en período de embarazo y lactancia 27mg/día (Belitz *et al.*, 1997). Basados en esta información y en los datos experimentales se puede afirmar que los pescados de las especies analizadas consumidos con regularidad pueden cubrir estas necesidades de hierro; especialmente el salmón, trucha, bocachico y bagre (grupo **b**) por su alto contenido de este mineral.

El fósforo está presente en todas las células y fluidos del organismo, cumpliendo un papel importante en la división celular y por tanto en el crecimiento, formación y mantenimiento de los huesos y tejidos musculares, desarrollo de los dientes y secreción de la leche materna. Las necesidades diarias recomendadas van de los 800 a 1200mg, especialmente en menores de 24 años. Los datos obtenidos para las especies analizadas muestran que los pescados de la región son una buena alternativa en la dieta, para cubrir el requerimiento de este mineral en un adulto normal. En el presente estudio, se encontró que el salmón, la trucha y el bocachico contienen un mayor porcentaje de este mineral (grupo **b**), respecto a las demás especies analizadas.

3.4. ANÁLISIS DE ÁCIDOS GRASOS

La determinación de los ácidos grasos se efectuó por Cromatografía de gases. En la **figura 12**, se presentan como ejemplo dos cromatogramas correspondientes a una muestra de trucha y al patrón de referencia F.A.M.E. Mix, C4-C24 cat No.18919 marca Supelco.

En la **tabla 14**, se presenta los rangos en porcentaje (valor mínimo - valor máximo) de los ácidos grasos, saturados, monoinsaturados y poliinsaturados encontrados en las diferentes especies de pescado y en el salmón.

FIGURA 12. Cromatogramas correspondientes a una muestra de trucha y al patrón de referencia F.A.M.E. Mix. C4-C24 cat No. 18919 marca Supelco

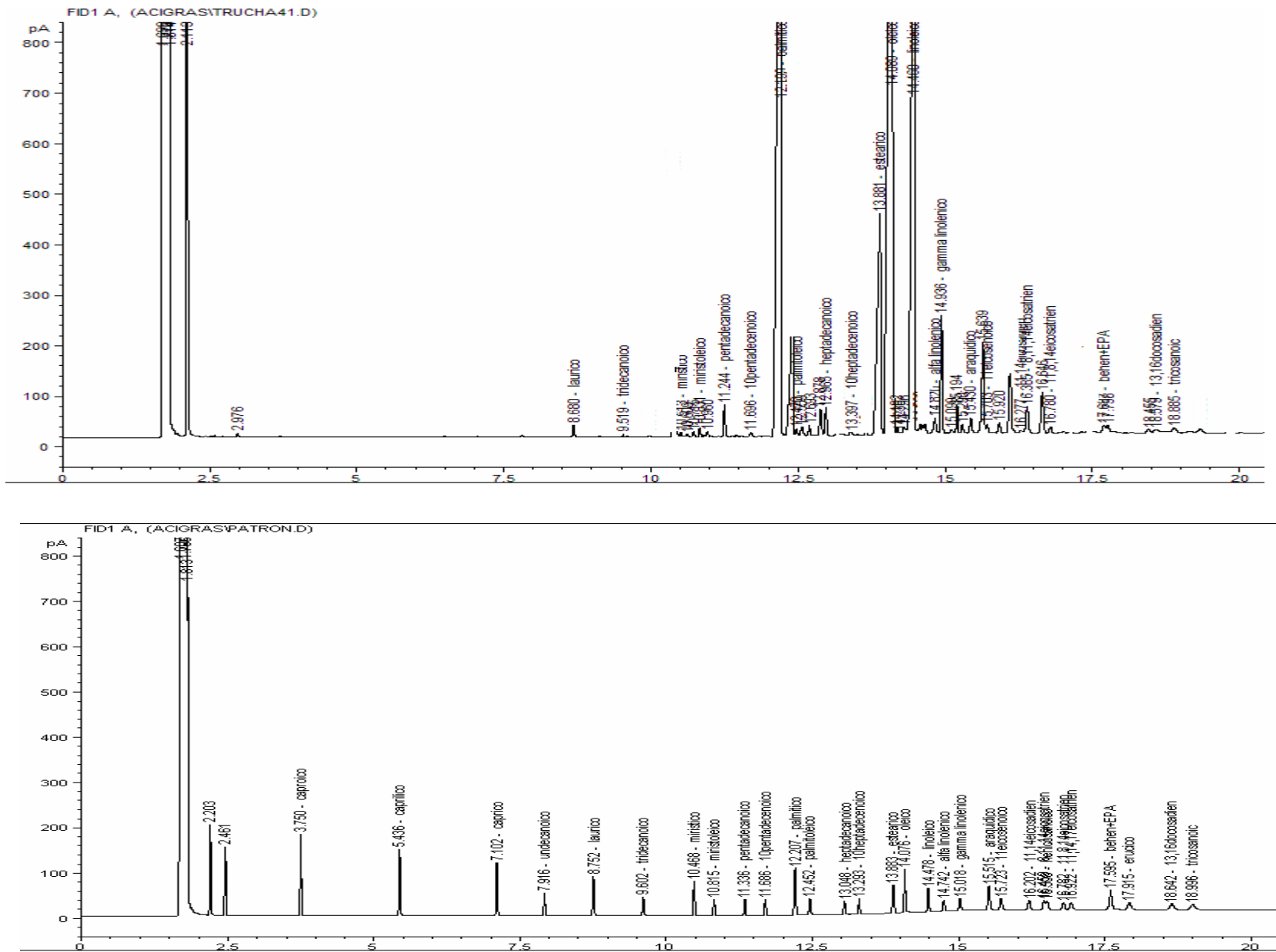


Tabla 14. Contenido de ácidos grasos (%) para las diferentes especies de pescado: salmón, trucha, tilapia, bocachico, bagre y cachama en 100g de muestra fresca.

ESPECIE	AG SATURADOS (%)				AG MONOINSATURADOS (%)	
	ÁCIDO LAURICO	ÁCIDO MIRÍSTICO	ÁCIDO PALMÍTICO	ÁCIDO ESTEÁRICO	ÁCIDO PALMITOLEICO	ÁCIDO OLEICO
SALMÓN	0,01-0,04	0,4-1,3	1,4-3,1	0,3-0,7	0,01-0,02	1,6-2,9
TRUCHA	0,01	0,1-0,3	0,9-1,8	0,2-0,5	0,00-0,01	1,0-2,2
TILAPIA	0,00-0,01	0,1-0,2	0,6-1,3	0,2-0,3	0,13-0,28	0,1
BAGRE	0,00-0,02	0,0-0,1	0,1-0,6	0,0-0,2	0,02-0,12	0,0-0,1
BOCACHICO	0,00-0,02	nd**	0,4-1,8	0,1-0,3	0,01-0,03	0,0-0,1
CACHAMA	0,00-0,11	0,1-0,3	0,5-1,8	0,2-0,6	0,08-0,37	0,5-1,9

ESPECIE	AG POLIINSATURADOS (%)					
	OTROS* ÁCIDOS	OMEGA 3			OMEGA 6	
		ÁCIDO α - LINOLÉNICO	EPA	DHA	ÁCIDO LINOLEICO	ÁCIDO γ - LINOLÉNICO
SALMÓN	0,4-1,0	0,01-0,02	0,44-1,00	0,72-1,25	0,7-2,2	0,16-0,33
TRUCHA	0,2-0,4	0,01-0,02	0,01-0,02	0,24-0,48	0,6-1,3	0,05-0,13
TILAPIA	0,1-0,2	0,01-0,02	0,00-0,01	0,05-0,12	0,4-0,7	0,02-0,05
BAGRE	0,0-0,1	nd**	0,00-0,01	0,01-0,04	0,0-0,1	0,01-0,08
BOCACHICO	0,1-0,4	0,01-0,04	0,01-0,1	0,02-0,06	0,0-0,1	0,04-0,22
CACHAMA	0,0-0,1	0,00-0,02	0,01	0,01-0,05	0,2-0,8	0,01-0,04

* Otros ácidos: Tridecanoico, cis-10-pentadecenoico, cis-11,14-eicosadienoico, miristoleico, Heptadecanoico, cis-8,11,14-eicosatrienoico, pentadecanoico, cis-10-heptadecenoico, hencosanoico, araquidico, cis-11-eicosenoico, cis-13,16-docosadienoico, tricosanoico, lignocerico.

** nd: no determinado.

Con los valores determinados, se procedió a hacer el análisis estadístico.

3.4.1 ÁCIDOS GRASOS SATURADOS (AGS)

En la **tabla 15**, se presentan los valores correspondientes a $q_{cal.}$ y q_{tab} luego de aplicar el test de Nememyi. Se observa que en todos los casos las especies se distribuyen en dos grupos, pero cada grupo es diferente dependiendo del ácido graso evaluado.

Tabla 15. Resultados del análisis estadístico no paramétrico para los ácidos grasos saturados de los pescados analizados

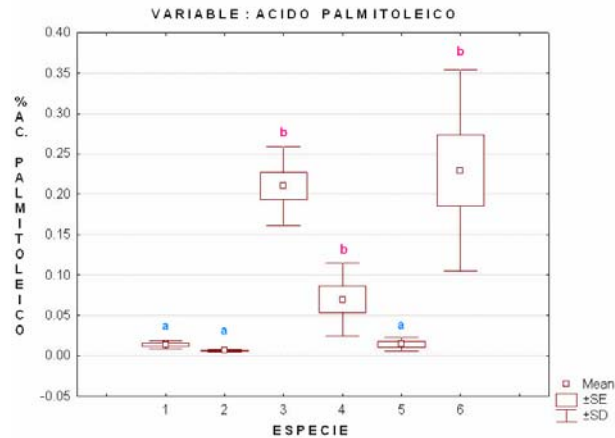
ÁCIDO LAURICO C12:0			
ESPECIE	q_{cal}	$q_{0.05}$	GRUPO
Salmón		4,03	b
Cachama	1,76	4,03	b
Trucha	2,09	4,03	b
Bocachico	2,85	4,03	b
Bagre	3,35	4,03	b
Tilapia	5,22	4,03	a
ÁCIDO MIRISTICO C14:0			
Salmón		4,03	b
Trucha	2.55	4,03	b
Cachama	3.01	4,03	b
Tilapia	3.83	4,03	b
Bagre	5,85	4,03	a
Bocachico	7,93	4,03	a

ÁCIDO PALMITICO C16:0			
ESPECIE	q_{cal}	$q_{0.05}$	GRUPO
Salmón		4,03	b
Trucha	1,92	4,03	b
Cachama	2,65	4,03	b
Tilapia	3,41	4,03	b
Bocachico	4,27	4,03	a
Bagre	6,84	4,03	a
ÁCIDO ESTEÁRICO C18: 0			
Salmón		4,03	b
Trucha	1,92	4,03	b
Cachama	2,22	4,03	b
Tilapia	4,10	4,03	a
Bocachico	5,15	4,03	a
Bagre	6,60	4,03	a

3.4.2 ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS (AGMI)

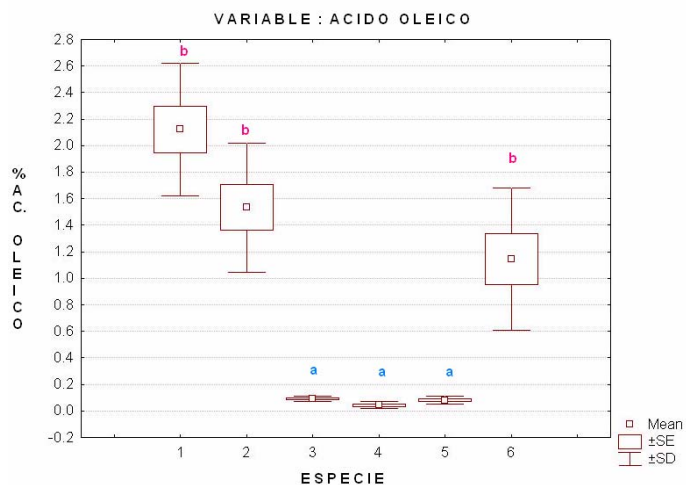
Los ácidos monoinsaturados que se encuentran en los pescados analizados son: el ácido palmitoleico y el ácido oleico. La **figura 13**, representa los grupos que se forman teniendo en cuenta el porcentaje de ácido palmitoleico. En el grupo **a** con un bajo contenido de este ácido se encuentra el salmón, el bocachico y la trucha, mientras que en el grupo **b** se encuentran la tilapia, la cachama y el bagre que tienen en común un mayor contenido de ácido palmitoleico.

Figura 13. Relación de los porcentajes de ácido palmitoleico en muestra fresca de las diferentes especies: (1) Salmón, (2) Trucha, (3) Tilapia, (4) Bagre, (5) Bocachico, (6) Cachama



El **ÁCIDO OLEICO** es un ácido graso monoinsaturado omega 9. En la **figura 14**, se muestran los grupos conformados, el grupo **a** está compuesto por tilapia, bocachico y bagre con un bajo contenido de ácido oleico y en el grupo **b** se encuentran, salmón, trucha y cachama con un alto contenido de este ácido graso.

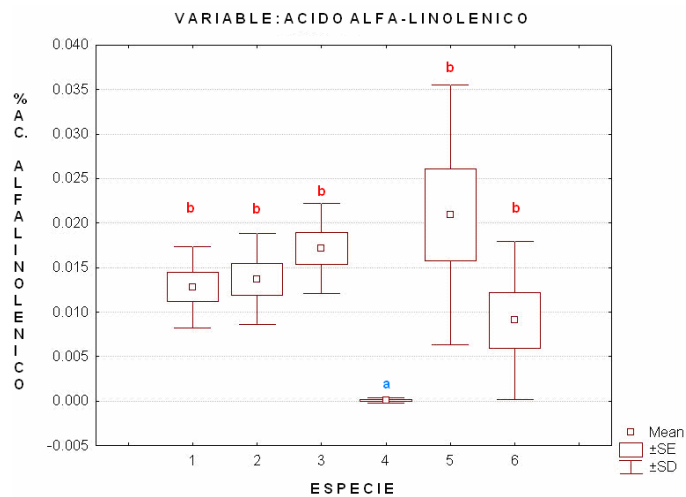
Figura 14. Relación de los porcentajes de ácido oleico en muestra fresca de las diferentes especies: (1) Salmón, (2) Trucha, (3) Tilapia, (4) Bagre, (5) Bocachico, (6) Cachama



3.4.3 ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS (AGPI) OMEGA 3 Y 6.

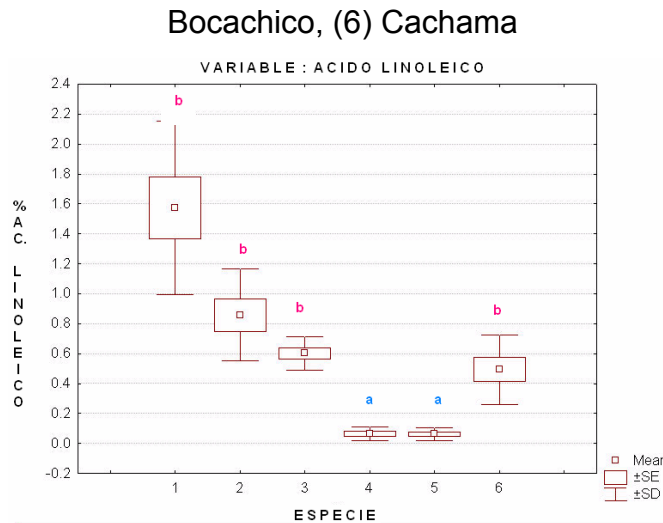
El **ÁCIDO ALFA LINOLÉNICO** es el precursor del EPA y DHA. Según el análisis no paramétrico las especies analizadas se clasifican en dos grupos. El grupo **b** que se caracteriza por un mayor contenido de este ácido y lo conforman la tilapia, bocachico, trucha, salmón y cachama a diferencia del bagre (grupo **a**), que presenta un bajo contenido (**figura 15**).

Figura 15. Relación de los porcentajes del ácido alfa-linolénico en muestra fresca de las diferentes especies: (1) Salmón, (2) Trucha, (3) Tilapia, (4) Bagre, (5) Bocachico, (6) Cachama



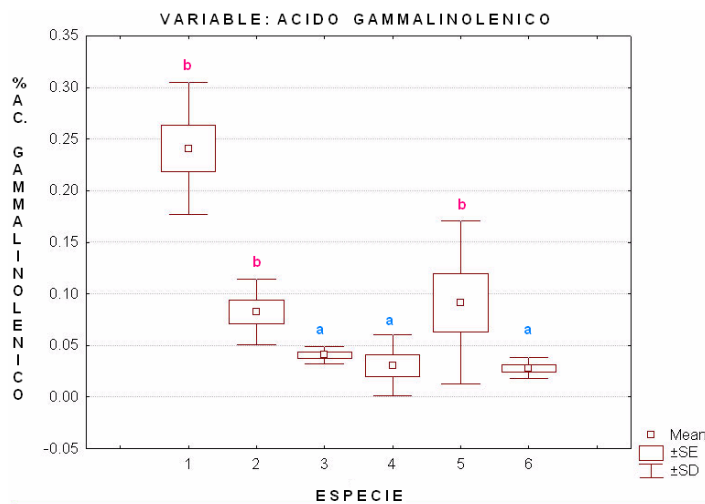
En cuanto al **ÁCIDO LINOLEICO**, ácido omega 6, los pescados se pueden clasificar en dos grupos. En el grupo **a**, caracterizado por su bajo porcentaje está el bagre y el bocachico y en el grupo **b**, caracterizado por un porcentaje mayor se encuentra el salmón, la trucha, la tilapia y la cachama (**figura 16**).

Figura 16. Relación de los porcentajes de ácido linoleico en muestra fresca de las diferentes especies de pescado: (1) Salmón, (2) Trucha, (3) Tilapia, (4) Bagre, (5) Bocachico, (6) Cachama



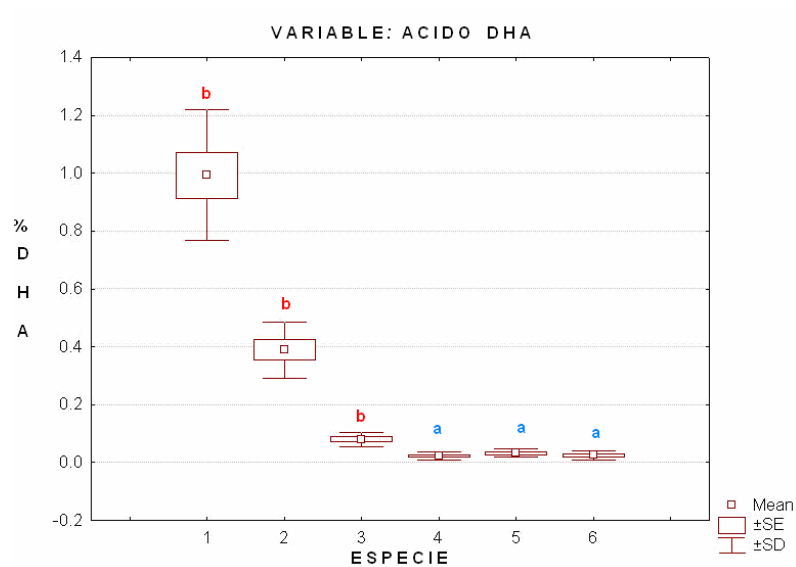
En cuanto al ácido **GAMMA LINOLÉNICO** de acuerdo a la **figura 17** y al análisis no paramétrico, se pueden clasificar las especies analizadas en dos grupos. Un grupo **a**, conformado por la tilapia, el bagre y la cachama que poseen un bajo contenido de este ácido y en el grupo **b**, conformado por el salmón, la trucha y el bocachico que poseen un mayor contenido de este ácido.

Figura 17. Relación de los porcentajes de gamma-linolénico en muestra fresca de las diferentes especies de pescado: (1) Salmón, (2) Trucha, (3) Tilapia, (4) Bagre, (5) Bocachico, (6) Cachama



En la **figura 18**, se pueden observar los grupos distribuidos de acuerdo al contenido de **DHA**. En el grupo **a** caracterizado se encuentran el bocachico, la cachama y el bagre con bajo contenido, y en el grupo **b** el salmón, seguido por la trucha y la tilapia.

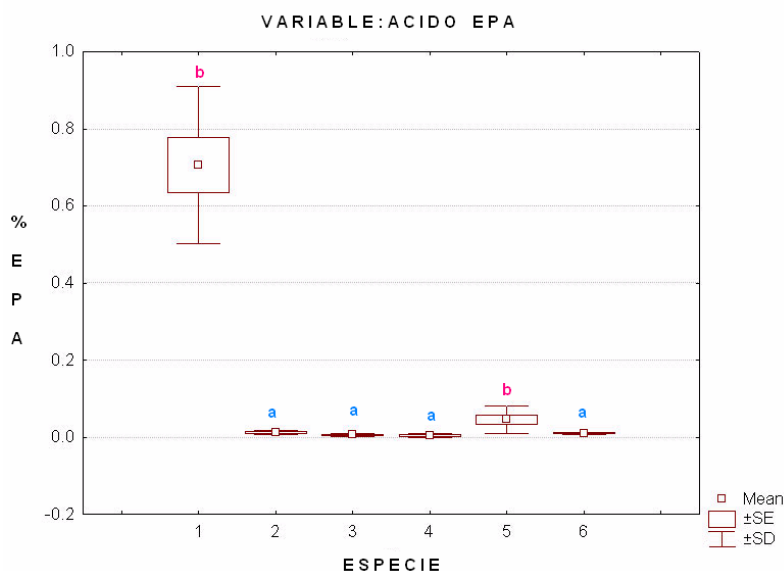
Figura 18. Relación de los porcentajes de DHA en muestra fresca de las diferentes especies de pescado: (1) Salmón, (2) Trucha, (3) Tilapia, (4) Bagre, (5) Bocachico, (6) Cachama.



Con respecto a los ácidos omega 3, tal como se encontró en la bibliografía, el salmón es el pescado con mayor contenido de estos ácidos. De los pescados regionales, la trucha presenta la mayor concentración de DHA aunque comparada con el salmón es tres veces menor, seguida por la tilapia pero en una concentración diez veces menor. Con respecto a los demás ácidos, la trucha es la especie que presenta una composición más cercana a la del Salmón.

En la **figura 19**, se encuentran los resultados de la aplicación del análisis no paramétrico para el **EPA**, el cual indica que los pescados analizados forman dos grupos: el grupo **a** conformado por la trucha, la cachama, la tilapia y el bagre que tienen en común un bajo contenido de EPA con respecto al grupo **b** conformado por el salmón y el bocachico.

Figura 19. Relación de los porcentajes del EPA en muestra fresca de las diferentes especies de pescado: (1) Salmón, (2) Trucha, (3) Tilapia, (4) Bagre, (5) Bocachico, (6) Cachama

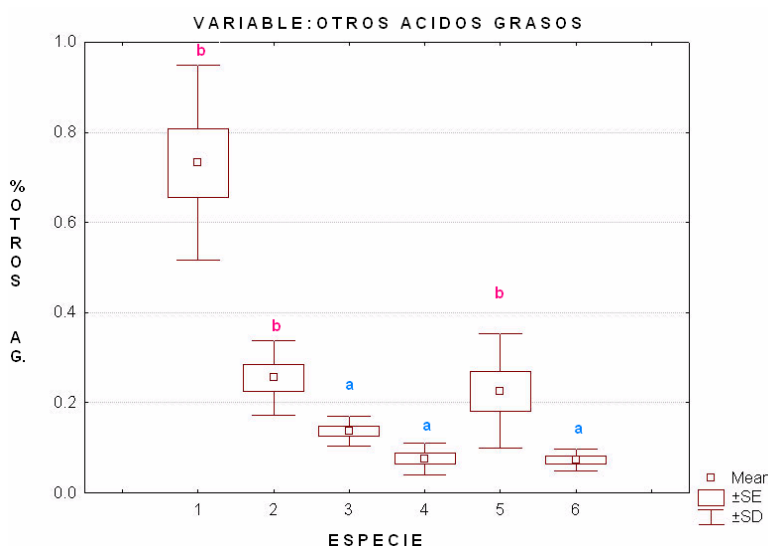


En cuanto al EPA, el pescado regional que presenta mayor concentración es el bocachico aunque en una proporción diez veces menor comparada con el salmón.

El ácido araquidónico, ácido omega 6, no se detectó en ninguna de las especies.

Se encontraron además **OTROS ÁCIDOS GRASOS** en mucha menor proporción: Tridecanoico, cis-10-pentadecenoico, cis-11,14-eicosadienoico, miristoleico, Heptadecanoico, cis-8,11,14-eicosatrienoico, pentadecanoico, cis-10-heptadecenoico, henicosoico, araquidico, cis-11-eicosenoico, cis-13,16-docosadienoico, tricosanoico, lignocerico.

Figura 20. Relación de los porcentajes de otros* ácidos grasos que se encuentran en menor proporción en las diferentes especies de pescado: (1) Salmón, (2) Trucha, (3) Tilapia, (4) Bagre, (5) Bocachico, (6) Cachama



*Otros ácidos: Tridecanóico, cis-10-pentadecenoico, cis-11,14-eicosadienoico, miristoleico, Heptadecanoico, cis-8,11,14-eicosatrienoico, pentadecanoico, cis-10-heptadecenoico, henicanoico, araquídico, cis-11-eicosenoico, 1cis-13,16-docosadienoico, tricosanoico, lignocérico.

En la **tabla 16**, se reportan los valores obtenidos para los ácidos grasos de las seis especies analizadas en esta investigación y los registrados por otros autores.

Tabla 16. Análisis reportados en la literatura para los ácidos grasos en porcentaje de muestra fresca.

SALMON						
INVESTIGACIÓN	LINOLEICO	α-LINOLÉNICO	γ-LINOLÉNICO	EPA	DHA	OTROS*
Este estudio	0,7-2,2	0,01-0,02	0,16-0,33	0,44-1,00	0,72-1,25	0,4-1,00
Valenzuela, A., 2005	nr	nr	nr	1.39	2.04	nr
Departamento de Pesca de la FAO 1994 ^a	nr	nr	nr	0.27	0.63	nr
TRUCHA						
INVESTIGACIÓN	LAURICO	MIRÍSTICO	PALMÍTICO	PALMITOLEICO	ESTEÁRICO	OLEICO
Este estudio	0,01	0,1-0,3	0,9-1,8	0,00-0,01	0,2-0,5	1,0-2,2
Izquierdo, <i>et al.</i> , 2000 ^b	nr	0.05	0.59	0.15	nr	nr
Departamento de Pesca. FAO 1994	nr	0.14-0.22	0.86-1.37	0.34- 0.52	0.14-0.22	1.94-1.11

INVESTIGACIÓN	LINOLEICO	α - LINOLÉNICO	γ - LINOLÉNICO	EPA	DHA	OTROS*
Este estudio	0,6-1,3	0,01-0,02	0,05-0,13	0,01-0,02	0,24-0,48	0,2-0,4
Izquierdo <i>et al.</i> , 2000	nr	nr	nr	0.03	0.276	nr
Departamento de Pesca de la FAO 1994	0.32-0.52	nr	nr	0.172-0.26	0.75-0.88	nr
Departamento de Pesca de la FAO 1994 ^c	nr	nr	nr	0.214	0.810	nr
TILAPIA						
INVESTIGACIÓN	LAURICO	MIRÍSTICO	PALMÍTICO	PALMITOLEICO	ESTEÁRICO	OLEICO
Este estudio	0,00-0,01	0,1-0,2	0,6-1,3	0,13-0,28	0,2-0,3	0,1
Rasoarahona J. <i>et al.</i> , 2005 ^d	0.004	0.036	0.217	0.1	0.075	0.14

Rasoarahona J. <i>et al</i> , 2005 ^e	0.0035	0.023	0.18	0.085	0.068	0.121
Rasoarahona J. <i>et al</i> , 2005 ^f	0.0048	0.042	0.25	0.12	0.084	0.13
Izquierdo, <i>et al.</i> , 2000 ^g	nr	0.15	nd	0.31	nd	nd
INVESTIGACIÓN	LINOLEICO	α - LINOLÉNICO	γ- LINOLÉNICO	EPA	DHA	OTROS*
Este estudio	0,4-0,7	0,01-0,02	0,02-0,05	0,00-0,01	0,05-0,12	0,1-0,2
Rasoarahona J. <i>et al</i> , 2005 ^d	0.06	nr	nr	0.03	0.08	nr
Rasoarahona. <i>et al</i> , 2005 ^e	0.054	nr	nr	0.02	0.071	nr
Rasoarahona J. <i>et al</i> , 2005 ^f	0.043	nr	nr	0.03	0.12	nr
Izquierdo, <i>et al.</i> , 2000 ^g	nr	nr	nr	0.09	0.113	nr

BAGRE						
INVESTIGACIÓN	LAURICO	MIRÍSTICO	PALMÍTICO	PALMITOLEICO	ESTEÁRICO	OLEICO
Este estudio	0,00-0,02	0,0-0,1	0,1-0,6	0,02-0,12	0,0-0,2	0,0-0,1
INVESTIGACIÓN	LINOLEICO	α - LINOLÉNICO	γ- LINOLÉNICO	EPA	DHA	OTROS*
Este estudio	0,0-0,1	0,00	0,01-0,08	0,00-0,01	0,01-0,04	0,0-0,1
BOCACHICO						
INVESTIGACIÓN	LAURICO	MIRÍSTICO	PALMÍTICO	PALMITOLEICO	ESTEÁRICO	OLEICO
Este estudio	0,00-0,02	nd	0,4-1,8	0,01-0,03	0,1-0,3	0,0-0,1
Izquierdo, <i>et al.</i> , 2000 ^h	nr	nd	nd	nd	nd	nd
INVESTIGACIÓN	LINOLEICO	α - LINOLÉNICO	γ- LINOLÉNICO	EPA	DHA	ÔTROS*
Este estudio	0,0-0,1	0,01-0,04	0,04-0,22	0,01-0,10	0,02-0,06	0,1-0,4
Izquierdo, <i>et al.</i> , 2000 ^h	0.19	0.29	nr	0.16	nd	nr

CACHAMA						
INVESTIGACIÓN	LAURICO	MIRÍSTICO	PALMÍTICO	PALMITOLEICO	ESTEÁRICO	OLEICO
Este estudio	0,00-0,11	0,1-0,3	0,5-1,8	0,08-0,37	0,2-0,6	0,5-1,9
Izquierdo, <i>et al.</i> , 2000 ⁱ	nr	nd	nd	nd	1.88	nd
INVESTIGACIÓN	LINOLEICO	α - LINOLÉNICO	γ- LINOLÉNICO	EPA	DHA	ÔTROS*
Este estudio	0,2-0,8	0,00-0,02	0,01-0,04	0,01	0,01-0,05	0,0-0,1
Izquierdo, <i>et al.</i> , 2000 ⁱ	2.02	nd	nr	0.436	0.615	nr

^a Salmón Coho

^b Trucha (*Oncorhynchus mykiss*) de la cuenca del Lago Maracaibo.

^c Trucha arcoiris

^d Tilapia (*Tilapia rendalli*) de Madagascar

^e Tilapia (*Oreochromis niloticus*) de Madagascar

^f Tilapia (*Oreochromis macrochir*) de Madagascar

^g Tilapia (*Oreochromis sp*) de la cuenca del Lago Maracaibo.

^h Bocachico (*Prochilodus reticulatus*) de la cuenca del Lago Maracaibo.

ⁱ Cachama (*Colosoma macropomus*) de la cuenca del Lago Maracaibo.

nr: no reportado;

nd: no detectado

En general, en todos los casos se observan diferencias en la composición de los ácidos grasos de los pescados debido a la diversidad de variables que pueden influir en el contenido de grasa total. En el caso de la Tilapia, Rasoarahona, *et al* (2005) evaluaron tres variedades provenientes de Madagascar (*Tilapia rendalli*, *Oreochomis niloticus* y *Oreochomis macrochir*) y hallaron diferencias en su composición. Marin (1985), al evaluar el bocachico encontró que la composición en ácidos grasos difiere de acuerdo a las circunstancias ambientales, edad, tamaño del animal, ciclo alimenticio, ciclo de maduración sexual, disponibilidad del alimento, temperatura y pH del agua, estado de fatiga al que se somete el pez durante la captura, entre otros.

En resumen en la **tabla 17**, se relacionan los resultados de la clasificación por grupos de las diferentes especies, con base en el análisis de macronutrientes, micronutrientes y ácidos grasos, concluyéndose que:

- a) Al aplicar la estadística no paramétrica se observó siempre la formación de dos grupos, excepto en el caso del calcio, lo que indica que el valor de una determinada variable no es el mismo en las especies de pescados estudiadas.
- b) No es posible clasificar las especies en grupos de acuerdo a su composición bromatológica y de ácidos grasos, debido a que todos difieren entre sí en cuanto a su contenido de estos nutrientes. Por ejemplo, la trucha que pertenece a la misma familia del salmón, no presenta una similitud total con respecto a las variables estudiadas, por el contrario se clasifica en grupos diferentes en muchos casos.

Tabla 17. Resumen de la clasificación por grupos del análisis bromatológico y de ácidos grasos para las diferentes especies analizadas.

VARIABLE	GRUPO a (MENOR PORCENTAJE)	GRUPO b (MAYOR PORCENTAJE)
HUMEDAD	Salmón	Trucha, tilapia, bagre, bocachico y cachama
PROTEÍNA	Trucha, bocachico y cachama	Tilapia, bagre, salmón
CENIZA	Trucha y bagre	Salmón, bocachico, cachama
GRASA	Bagre, tilapia, bocachico y cachama	Trucha y salmón
CALCIO	Salmón, Trucha, tilapia, bagre, bocachico y cachama	
HIERRO	Tilapia , cachama	Salmón, trucha, bocachico y bagre
FÓSFORO	Cachama, tilapia y bagre	Salmón, trucha y bocachico

ACIDOS GRASOS SATURADOS		
ÁCIDO GRASO	GRUPO a (MENOR PORCENTAJE).	GRUPO b (MAYOR PORCENTAJE)
LAURICO	Tilapia	Salmón, trucha, bagre, bocachico, cachama
MIRÍSTICO	Bagre, bocachico	Salmón, trucha, tilapia, cachama
PALMÍTICO	Bagre, bocachico	Salmón, trucha, tilapia, cachama
ESTEÁRICO	Tilapia, bocachico, bagre	Salmón, trucha, cachama
ÀCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS		
PALMITOLEICO	Salmón, trucha y bocachico	Tilapia, bagre y cachama
OLEICO	Tilapia, bagre y bocachico	Salmón, trucha y cachama

ÀCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS		
ACIDO GRASO	Grupo a (Menor porcentaje).	Grupo b (Mayor porcentaje).
DHA	Bagre, bocachico, cachama	Salmón, trucha, tilapia
EPA	Trucha, tilapia, bagre y cachama	Salmón y bocachico
ALFA LINOLÉNICO	Bagre	Salmón, trucha, tilapia, bocachico y cachama
LINOLEICO	Bagre y bocachico	Salmón, trucha, tilapia y cachama
GAMMA LINOLÉNICO	Bagre, tilapia y cachama	Salmón, trucha y bocachico
OTROS*	Tilapia, bagre y cachama	Trucha, salmón y bocachico

*Otros ácidos: Tridecanóico, cis-10-pentadecenoico, cis-11,14-eicosadienoico, miristoleico, Heptadecanoico, cis-8,11,14-eicosatrienoico, pentadecanoico, cis-10-heptadecenoico, hencosanoico, araquidico, cis-11-eicosenoico, 1cis-13,16-docosadienoico, tricosanoico, lignocerico.

3.4.4 ÁCIDOS GRASOS SATURADOS, INSATURADOS (MONOINSATURADOS Y POLIINSATURADOS).

A fin de establecer una relación del porcentaje de los diferentes tipos de ácido grasos en las especies, se utilizó el valor máximo del rango de cada uno de éstos encontrados en este trabajo, para realizar las correspondientes sumatorias de ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos insaturados (AGI), ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) (donde AGI = AGMI + AGPI) y se compararon con los valores encontrados en la literatura. En la **tabla 18** se encuentran los porcentajes de los ácidos grasos saturados, insaturados: monoinsaturados y poliinsaturados determinados para las seis especies analizadas y los valores reportados por otros autores.

Tabla 18. Porcentaje de ácidos grasos Saturados, Insaturados, Monoinsaturados y Poliinsaturados, determinados para las seis especies analizadas y los valores reportados por otros autores.

SALMÒN				
INVESTIGACIÓN	Σ AGS	Σ AGI	Σ AGMI	Σ AGPI
Este Estudio	5.14	7.72	2.92	4.8
FAO	1.36	3.00	1.77	1.23
Valenzuela	3.83	9.68	3.94	5.74
TRUCHA				
Este Estudio	2.61	4.16	2.21	1.95
FAO	2.16	5.18	2.89	2.29
Izquierdo	0.44	1.07	0.57	0.5

TILAPIA				
INVESTIGACIÓN	Σ AGS	Σ AGI	Σ AGMI	Σ AGPI
Este Estudio	1.81	1.28	0.38	0.9
Izquierdo	0.15	2.12	0.31	1.81
BAGRE				
Este Estudio	0.92	0.45	0.22	0.23
BOCACHICO				
Este Estudio	2.12	0.65	0.13	0.52
Izquierdo	-	2.17	1.53	0.64
CACHAMA				
Este Estudio	2.81	3.19	2.27	0.92
Izquierdo	0.22	nd	nd	0.5

nd: no determinado.

Comparando los estudios realizados por otros autores, se encuentra que en cuanto al porcentaje de ácidos saturados, insaturados, monoinsaturados y poliinsaturados para el salmón los valores de esta investigación se acercan a los reportados por el departamento de pesca de la FAO (1994) y Valenzuela (2005). En cuanto a la trucha los estudios realizados por la FAO reportan valores similares a los de este estudio, mientras que para otras especies, los datos reportados por Izquierdo (2000) se alejan de los obtenidos en este trabajo.

4. CONCLUSIONES

- Los pescados producidos en Santander, al igual que otras carnes de consumo humano, poseen un porcentaje alto de **HUMEDAD** (69.83%-79.28%) lo que hace necesario una adecuada recolección, transporte y almacenamiento de las especies, por ser alimentos perecederos.
- En todas las especies analizadas, el contenido de **PROTEÍNAS** (16.36% - 22.12%) es comparable con el de otros alimentos como el pollo que tiene alrededor del 20%, el cerdo 19-20% y el músculo de la carne vacuna 20%.
- La trucha y el salmón se destacaron por su alto contenido de **GRASA TOTAL** y se consideran especies grasas, mientras que la tilapia, el bocachico y la cachama se clasifican como especies semigrasas y el bagre que presenta un contenido de grasa bajo se clasifica como especie magra.
- Con respecto a los micronutrientes, las especies de pescado estudiadas son fuente importante de fósforo y de hierro ya que proporcionan gran parte de la cantidad diaria recomendada por la OMS y la FAO. El contenido de calcio de los pescados de producción regional es bajo, dato similar a lo reportado en la literatura, considerándose en general que este alimento no es fuente de calcio.
- El ácido palmítico es el más abundante de los ácidos grasos saturados en todas las especies analizadas, seguido por el ácido oleico que hace parte de los ácidos grasos monoinsaturados.

- En cuanto a los ácidos grasos poliinsaturados de los pescados regionales, la trucha presenta el mayor contenido de DHA, después del salmón, aunque en una proporción tres veces menor. Las especies de la región analizadas tienen un porcentaje de ácido graso EPA bajo, comparado con el del salmón.

- Teniendo en cuenta el contenido de DHA y ácido alfa linolénico presentes en la trucha, esta especie se convierte en una buena alternativa como fuente de estos ácidos.

- Una porción diaria de 100g de salmón o una de 250g de trucha suple el requerimiento de ácidos grasos omega 3 (1.2-1.5g/día, OMS y FAO).

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda estudiar y llevar a cabo diferentes estrategias de divulgación que permitan a la población conocer la composición de los pescados regionales.

Se recomienda para posteriores estudios, ampliar la cantidad de especies provenientes de diferentes sitios de producción tanto fresco como congelado, para que el consumidor tenga más información sobre la composición de los principales nutrientes del pescado de Santander.

Se recomienda analizar otros componentes del pescado como son: aminoácidos, minerales como magnesio y manganeso, oligoelementos con efecto antioxidante como selenio y zinc, además de otros componentes asociados a la grasa como colesterol y vitaminas liposolubles, que son importantes al elegir el pescado como alimento de alto valor nutricional y con características saludables.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACERO, A.; La acuicultura en América Latina, Informe sobre la pesca continental y la piscicultura en Colombia, FAO, informes de pesca, 1977, N° 159, 3.
2. Acuerdo de la competitividad de la cadena de la piscicultura en Colombia. Ley 811 de 2003 del Congreso de la República de Colombia consolidación de organizaciones de cadena y la definición de acuerdos sectoriales de competitividad.
3. ANDERSON, L. *et al.*, Nutrición humana. Principios y aplicaciones, 1979, Bellaterra S.A. 1ª ed. Barcelona, pp. 314-315.
4. ANDREWS. Asymptotic behavior of some rank tests for analysis of variance. *Ann. Math. Statist.*. 1954, 25:724-735.
5. ARANDA, M. *et al.*, Lipid damage during frozen storage of whole jack mackerel (*trachurus symmetricus murphyi*). *Journal of Food Lipids*. 2006; 13(2): 155.
6. AUBOURG, Santiago.; Efecto de las alteraciones lipídicas sobre la calidad del pescado procesado. *Grasas y aceites*. 1999, 50(3), pp.218-224.
7. BADUI, S.; Química de los Alimentos, 1996, Alambra Mexicana, México, pp. 213-260.

8. BELITZ, H.; GROSCH, W.; Química de los alimentos, 1997, Acribia, S.A., 2° ed., España, pp. 667-685.
9. BENATTI P. *et al.*, Fatty Acids: Biochemical, Nutritional and Epigenetic Properties, *J Am Coll Nutr* , 2004, 23(4), pp. 281-302.
10. BERNAL, I.; Análisis de alimentos. 1994. Guadalupe. 2° ed., Colombia. pp. 53-58.
11. BISTRAIN, B.; Clinical aspects of essential fatty acid metabolism, *J Parent Enter Nutr*, 2003, 27, pp. 168-175.
12. BLÁZQUEZ, C. *et al.*, Necesidad de la ingesta de calcio en la dieta del anciano Semergen, 2001, 25(11), pp. 965-968.
13. BLIGH, E.; DYER, W.; A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* , 1959; 37(8), pp. 911-17.
14. BRUINSMA K.; TAREN D.; Dieting, essential fatty acid intake, and depression. *Nutr Rev* 2000; 58(4): 98-108
15. BURR M.; FEHILY A.; GILBERT, J.; Effects of change in fat, fish, and fibre dietary on death and myocardial reinfarction: Diet and Reinfarction Trial(DART), *Lancet* 1989; 2, pp. 757 – 761.
16. CARRERO, J., *et al.*, Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta, *Nutr Hosp.*, 2005, XX(1), pp. 63 – 69.

17. CASTRO, A.; FORERO, E.; GUILLOT, G.; Algunos aspectos bioecológicos de la trucha arco iris en el embalse Pantano Redondo de Cundinamarca, Colombia, *Acta Biológica Colombiana*, 2004, 9(2), pp. 26 – 34.
18. CLANDININ, T.; Brain development and assessing the supply of polyunsaturated fatty acids, *Lipids*, 1999, 34, pp. 131-137.
19. CLAWSON, A., *et al.*, Nutritional, physiological, genetic, sex, and age effects on fat-free dry matter composition of the body in avian, fish, and mammalian species: A review. *J Anim Sci.*, 1991, 69, pp.3617-44.
20. CONSTANT, J.; The role of eggs, margarines and fish oils in the nutritional management of coronary artery disease and strokes, *Keio J Med*, 2004, 53(3), pp.131 - 136.
21. DALLONGEVILLE J.; Fish consumption is associated with lower heart rates, *Circulation*, 2003; 108(7), pp. 820 - 825.
22. DUTTA-ROY, A.; Transport mechanism for long-chain polyunsaturated fatty acids in the human placenta, *Am J Clin Nutr* , 2000, 71, pp. 315S-322S.
23. ECHEVERRI, D.; JARAMILLO, J.; PINEDA, H.; Triploidia en trucha arco iris (*Oncorhynchus milkiss*): posibilidades en Colombia, *Rev Col Cienc Pc*, 2003, 16(2): 183 – 187.
24. EGUSA, G.; YAMANE, K.; Lifestyle, serum lipids and coronary disease: comparison of Japan with the United States. *J Atheroc and Thromb*, 2004, 11(6), pp.304 – 312.
25. FAO, Acero A, Informe sobre la pesca continental y la piscicultura en Colombia, 2005.

26. Fats and Oils in Human Nutrition, Report of a Joint Expert Consultation
FAO/OMS, *FAO Food and Nutrition Paper*, N° 57, 1994.
27. GISSI-Prevenzione investigators. Dietary supplementation with n-3
polyunsaturated fatty acids and vitamin E alter myocardial infarction: results of
the 91 GISSI-Prevenzione trial, *Lancet*, 1999; 354, pp. 447 – 555.
28. HARRIS, WS.; Are omega-3 fatty acids the most important nutritional
modulators of coronary heart disease risk, *Curr Atheroscler Rep*, 2004; 6(6),
pp.447 - 452.
29. HE K., *et al.*, Accumulated evidence on fish consumption and coronary heart
disease mortality: a meta-analysis of cohort studies, *Circulation*. 2004; 109(22),
pp. 2705 - 2711.
30. HOLUB BJ.; Omega-3 fatty acids in cardiovascular care,
CMAJ. Clinical nutrition: 4, 2002; 166(5), pp. 608-615.
31. Informe del Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER) 2002.
32. INPA, 2000, Boletín estadístico pesquero 1998–1999, Ministerio de agricultura
y desarrollo rural e Instituto nacional de pesca y acuicultura INPA, ISSN-01021-
8131, Cartagena, pp.114.
33. IZQUIERDO, P.; *et al.*, Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos
esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de
importancia comercial en Venezuela, *ALAN*, 2000, 50 (2), pp. 1-14.

34. KRIS-EHERTON, PM.; HARRIS WS.; APPEL LJ.; Fish consumption, fish oil omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease, *Circulation* 2002, pp. 2747 – 2757.
35. LEICHSENRING, M., KOCHSIEK, U., PAUL, K. (n-6) fatty acids in plasma lipids of children with atopic bronchial asthma. *Pediatr Allergy Immunol*, 1995, 6, pp. 209-212.
36. LUDORFF W. Y MEYER V. El pescado y los productos de la pesca. 1973. Acribia. Zaragoza.
37. MACARULLA, J.; GOÑI, F.; Biomoléculas, 1991, 2° ed., Reverté, España, pp. 66-70.
38. MARÍN, F.; Contribución al estudio de los lípidos neutros del bocachico, Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander, 1985.
39. Ministerio de Salud de Colombia. II estudio nacional de factores de riesgo de enfermedades crónicas (ENFREC II). 2002.
40. MASSON, L.; Apoyo a las actividades regionales de acuicultura en América Latina y del Caribe. Control de calidad de insumos y dietas acuícolas. FAO, México D.F. 1994. Capítulo 10.
41. MORENO, N.; DURÁN, T.; Evaluación de la variación del perfil ácido del grano de cacao durante los procesos de fermentación y de secado, Tesis de grado (Químico), 1999, *Universidad Industrial de Santander*, Bucaramanga, Colombia.

42. MORENO, N.; Búsqueda de nuevas alternativas para la utilización del aceite de palma: producción de equivalentes de la manteca de cacao por interesterificación enzimática, Tesis de Maestría, 2001, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga – Colombia.
43. NESTEL, P.J.; Fish oil and cardiovascular disease: lipids and arterial function. *Am J Clin Nutr*, 2000, 71(1), pp. 228S - 231S.
44. Official and Tentative Methods of the American Oil Chemists' Society. 1966. Third edition, edited by Sallee E.M., American Oil Chemists' Society. Chicago, Illinois. Methods 1a 4-46, Ca 5a-40.
45. PEREA, A.; Contribución al estudio lipidológico y microbiológico del bagre (*pseudoplastyoma faciatum*) del Río Magdalena, Tesis de maestría, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 1985.
46. PETTEGREW, J.; Brain membrane phospholipid alteration in Alzheimer's disease, *Neurochem Res*, 2001, 26, pp. 771-782.
47. PISCHON T., *et al.*, Habitual dietary intake n-3 and n-6 fatty acids in relation to inflammatory markers among US men and women, *Circulation* 2003; 108, pp. 155 – 160.
48. PLATA, G.; GÓMEZ, A.; Sistema de equivalentes de alimentos, UIS 2005.
49. POPMA, T.; RODRÍGUEZ. F.; Tilapia Aquaculture in Colombia. in B.A. Costa-Pierce and J.E. Rakocy, eds., *Tilapia Aquaculture in the Americas*, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States, 2000; 2: pp. 141-150.

50. PRADA, G.; ÁLVAREZ A.; Caracterización de la situación alimentaria en tres municipios de Santander: Vélez, Charalá, Floridablanca. Secretaría de Salud de Santander. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Nutrición. Informe Técnico. Bucaramanga. 2002.
51. PRADA, G.; Percepción social de la alimentación en la zona de intervención del programa CARMEN. Bucaramanga, Informe técnico, Secretaría de salud y ambiente, Alcaldía de Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, Escuela de nutrición y dietética, Bucaramanga, 2003.
52. PRIMO, E.; Química de los alimentos, 1998, Síntesis, S.A, 1ª ed., España, pp. 338-391.
53. QUINTERO, D.; ESCOBAR, L.M.. Tabla de composición de alimentos. Centro de atención nutricional, L. Vieco e hijas Ltda., Colombia. 2001.
54. RASOARAHONA, J., *et al.*, Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species (*Oreochromis niloticus*, *O. nacrochir* and *Tilapia rendalli*) from Madagascar, *Science Direct*, 2005; 91(4), pp. 683-694.
55. SIMOPOULOS, A.; Evolutionary aspects of diet and essential fatty acids, *World Rev Nut Diet* 2001, 88, pp. 18-27.
56. SUMMERBELL, C.; HIGGINS, J.; and HOOPER, L.; Dietary fat intake and prevention of cardiovascular disease: systematic review, *BMJ* 2001, 322, pp. 757 – 763.
57. Tabla de composición de alimentos Colombianos, 1978. Instituto Colombiano de Bienestar familiar (ICBF), 4ª ed. pp. 338-339.

58. Tabla de composición de alimentos chilenos, 2001.
59. Tabla de alimentos del Perú, 2000.
60. TAPIA, A., Ácidos grasos omega 3 para la prevención y tratamiento de las depresiones en el embarazo y post parto. *Rev. méd. obstet ginecol. Chile*, 2004, 69(5), pp. 399-403.
61. TILMAN, J.; TSUKAYAMA, I.; PEACOCK, N.; Programa regional de pesca VECEP. Venezuela, Ecuador, Colombia y Perú, *Bulletin*, 1999; 12(1,2): 42 – 45.
62. UAUY, R.; VALENZUELA, A.; Marine oils: the health benefits of omega-3 fatty acids, *Nutrition*, 2000, 16, pp. 680-689.
63. UAUY, R.; MENA, P.; ROJAS, C.; Essential fatty acids in early life: structural and functional role, *Proc Nutr Soc* , 2000, 59, pp. 3-15.
64. USTATE, E.; Estudio prospectivo de la industria pesquera. Ministerio de comercio, industria y turismo. República de Colombia. 2002.
65. USTATE, E.; Diagnóstico de la cadena productiva pesquera en la república de Colombia, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2002, pp. 1–29.
66. VALENZUELA, A.; NIETO, M.; Ácido docosahexaenoico (DHA) en el desarrollo fetal y en la nutrición materno-infantil, *Rev. méd. Chile*, 2001, 129(10), pp. 1203-1211.
67. VALENZUELA A.; El salmón: un banquete de salud, *Rev Chil Nutr* , 2005, 32(1), pp.11-19.

68. VALENZUELA, A.; SANHUEZA, J.; NIETO, S.; ¿Cuál es el mejor aceite?, *Aceites & Grasas*, 2003, 50, pp. 54-58.
69. WAINWRIGHT, P. Nutrition and behaviour: the role of n-3 fatty acids in cognitive functions, *Brit J Nutr.*, 2000, 83, pp. 337-339.
70. Whelton fish intake and coronary heart disease, *Am J Cardiol.*, 2004, 93(9), pp. 1119 - 1123.
71. WILSON, E.; FISHER, K.; FUQUA, M.; Fisiología de la alimentación, 1959, Interamericana S.A. 1ª ed. México.

ANEXOS

ANEXO 1. Resultados de Kruskal-Wallis test y prueba *a posteriori* para el análisis bromatológico y de ácidos grasos de las diferentes especies: Salmón, Trucha, Tilapia, Bagre, Bocachico, Cachama.

HUMEDAD							
ESPECIE	Suma de Rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6
Bocachico (5)	298,000		298,000				
Cachama (6)	276,000		276,000	22.000	39,598	0,556	4,030
Bagre (4)	242,000		242,000	56.000	39,598	1,414	4,030
Tilapia (3)	180,500		180,500	117.500	39,598	2,967	4,030
Trucha (2)	143,500		143,500	154.500	39,598	3,902	4,030
Salmón (1)	36,000	298,000	36,000	262.000	39,598	6,616	4,030

Donde:

R_b: Suma de rangos mayor; R_a: Suma de rangos menor; SE: error estándar q: valor crítico de distribución calculado; q_{0.05}: valor crítico de distribución tabulado.

PROTEINAS														
ESPECIE	Suma de rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05, inf,6	Suma de Rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6
Bagre (4)	333,500		333,500											
Salmón (1)	241,000		241,000	92.500	39,598	2,336	4,030							
Tilapia (3)	225,500		225,500	108.000	39,598	2,727	4,030							
Trucha (2)	157,000		157,000	176.500	39,598	4,457	4,030	84,000						
Bocachico (5)	135,000		135,000	198.500	39,598	5,013	4,030	135,000						
Cachama(6)	84,000	333,500	84,000	249.500	39,598	6,301	4,030	157,000	157,000	84,000	73,000	39,598	1,844	4,030

CENIZAS														
ESPECIE	Suma de Rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05, inf,6	Suma de Rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6
Tilapia (3)	305,500		305,500											
Salmón (1)	261,500		261,500	44,000	39,598	1,111	4,030							
Bocachico (5)	207,500		207,500	98,000	39,598	2,475	4,030							
Cachama (6)	160,000		160,000	145,500	39,598	3,674	4,030							
Trucha (2)	139,500		139,500	166,000	39,598	4,192	4,030	102,000						
Bagre (4)	102,000	305,500	102,000	203,500	39,598	5,139	4,030	139,500	139,500	102,000	37,500	39,598	0,947	4,030

GRASA TOTAL														
ESPECIE	Suma de Rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05, inf,6	Suma de Rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6
Salmón (1)	352,000		352,000											
Trucha (2)	266,000		266,000	86,000	39,598	2,172	4,030							
Cachama (6)	185,000		185,000	167,000	39,598	4,217	4,030	60,000						
Tilapia (3)	180,000		180,000	172,000	39,598	4,344	4,030	133,000						
Bocachico (5)	133,000		133,000	219,000	39,598	5,531	4,030	180,000						
Bagre (49)	60,000	352,000	60,000	292,000	39,598	7,374	4,030	185,000	185,000	60,000	125,000	39,598	3,157	4,030

CALCIO					
ESPECIE	R _B	R _A	R _B - R _A	Q	q _{tab}
Salmón (1)	115,00	115,00	0,00	0,00	4,03
Cachama (6)	166,50	115,00	51,50	1,30	4,03
Tilapia (3)	201,00	115,00	86,00	2,17	4,03
Bagre (4)	205,50	115,00	90,50	2,29	4,03
Bocachico (5)	238,00	115,00	123,00	3,11	4,03
Trucha (2)	250,00	115,00	135,00	3,41	4,03

HIERRO														
ESPECIE	Suma de Rangos a comparar	R _b	R _a	R _b -R _a	SE	q	q _{0.05, inf,6}	Suma de Rangos a comparar	R _b	R _a	R _b -R _a	SE	q	q _{0.05, inf,6}
Bagre(4)	305,500		305,500											
Trucha(2)	287,000		287,000	18,500	39,598	0,467	4,030							
Salmón(1)	271,500		271,500	34,000	39,598	0,859	4,030							
Bocachico(5)	153,000		153,000	152,500	39,598	3,851	4,030							
Tilapia(3)	110,000		110,000	195,500	39,598	4,937	4,030	49,000						
Cachama(6)	49,000	305,500	49,000	256,500	39,598	6,478	4,030	110,000	110,000	49,000	61,000	39,598	1,540	4,030

FÓSFORO														
ESPECIE	Suma de Rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05, inf,6	Suma de Rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6
Salmón (1)	346,000		346,000											
Trucha (2)	242,000		242,000	104,000	39,598	2,626	4,030							
Bocachico (5)	212,000		212,000	134,000	39,598	3,384	4,030							
Bagre (4)	173,000		173,000	173,000	39,598	4,369	4,030	87,000						
Tilapia (3)	116,000		116,000	230,000	39,598	5,808	4,030	116,000						
Cachama (6)	87,000	346,000	87,000	259,000	39,598	6,541	4,030	173,000	173,000	87,000	86,000	39,598	2,172	4,030

ÁCIDOS GRASOS SATURADOS

ÁCIDO LAURICO C12:0							
ESPECIE	SUMA DE RANGOS	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6
Salmón (1)	297,000		297,000				
Cachama (6)	227,000		227,000	70,000	39,598	1,768	4,030
Trucha (2)	214,000		214,000	83,000	39,598	2,096	4,030
Bocachico (5)	184,000		184,000	113,000	39,598	2,854	4,030
Bagre(4)	164,000		164,000	133,000	39,598	3,359	4,030
Tilapia (3)	90,000	297,000	90,000	207,000	39,598	5,228	4,030

ÁCIDO MIRISTICO C14:0														
ESPECIE	SUMA DE RANGOS	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6	Suma de rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	Q	q0.05,inf,6
Salmón(1)	356,00		356,00											
Trucha(2)	267,00		267,00	89,00	39,60	2,55	4,03							
Cachama(6)	193,50		193,50	162,50	39,60	3,01	4,03							
Tilapia(3)	193,00		193,00	163,00	39,60	3,83	4,03							
Bagre(4)	124,50		124,50	231,50	39,60	5,85	4,03	42,00						
Bocachico(5)	42,00	356,00	42,00	314,00	39,60	7,93	4,03	124,50	124,50	42,00	82,50	39,60	2,08	4,03

ÁCIDO PALMITICO C16:0														
ESPECIE	SUMA DE RANGOS	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6	Suma de rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	Q	q0.05,inf,6
Salmón (1)	322,00		322,00											
Trucha (2)	246,00		246,00	76,00	39,60	1,92	4,03							
Cachama (6)	217,00		217,00	105,00	39,60	2,65	4,03							
Tilapia (3)	187,00		187,00	135,00	39,60	3,41	4,03							
Bocachico (5)	153,00		153,00	169,00	39,60	4,27	4,03	51,00						
Bagre (4)	51,00	322,00	51,00	271,00	39,60	6,84	4,03	153,00	153,00	51,00	102,00	39,60	2,58	4,03

ÁCIDO ESTEÁRICO C18: 0														
ESPECIE	SUMA DE RANGOS	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	Q0.05,inf,6	Suma de rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	Q	q0.05,inf,6
Salmón(1)	328,00		328,00											
Trucha(2)	252,00		252,00	76,00	39,60	1,92	4,03							
Cachama (6)	240,00		240,00	88,00	39,60	2,22	4,03							
Tilapia (3)	165,50		165,50	162,50	39,60	4,10	4,03	66,50						
Bocachico(5)	124,00		124,00	204,00	39,60	5,15	4,03	124,00						
Bagre(4)	66,50	328,00	66,50	261,50	39,60	6,60	4,03	165,50	165,50	66,50	99,00	39,60	2,50	4,03

ACIDOS GRASOS MONOINSATURADOS

ÁCIDO PALMITOLEICO C16:1														
ESPECIE	SUMA DE RANGOS	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6	Suma de rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	Q	q0.05,inf,6
Tilapia (3)	321,00		321,00											
Cachama(6)	319,00		319,00	2,00	39,60	0,05	4,03							
Bagre(4)	230,00		230,00	91,00	39,60	2,30	4,03							
Salmón(1)	136,00		136,00	185,00	39,60	4,67	4,03	49,00						
Bocachico(5)	121,00		121,00	200,00	39,60	5,05	4,03	121,00						
Trucha(2)	49,00	321,00	49,00	272,00	39,60	6,87	4,03	136,00	136,00	49,00	87,00	39,60	2,20	4,03

ÁCIDO OLEICO C18:1n9														
ESPECIE	SUMA DE RANGOS	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	Q0.05,inf,6	Suma de rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	Q	q0.05,inf,6
Salmón(1)	336,00		336,00											
Trucha(2)	286,00		286,00	50,00	39,60	1,263	4,03							
Cachama(6)	254,00		254,00	82,00	39,60	2,071	4,03							
Tilapia(3)	133,00		133,00	203,00	39,60	5,127	4,03	51,00						
Bocachico(5)	116,00		116,00	220,00	39,60	5,556	4,03	116,00						
Bagre(4)	51,00	336,00	51,00	285,00	39,60	7,197	4,03	133,00	133,00	51,00	82,00	39,60	2,07	4,03

ACIDOS GRASOS POLIINSATURADOS

ÁCIDO cis- 4,7,10,13,16,19-DOCOSAHEXAENOICO C22:6n3 (DHA)														
ESPECIE	SUMA DE RANGOS	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6	Suma de rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6
Salmón(1)	356,00		356,00											
Trucha(2)	292,00		292,00	64,00	39,60	1,62	4,03							
Tilapia(3)	226,00		226,00	130,00	39,60	3,28	4,03							
Bocachico(5)	126,00		126,00	230,00	39,60	5,81	4,03	82,00						
Cachama(6)	94,00		94,00	262,00	39,60	6,62	4,03	94,00						
Bagre(4)	82,00	356,00	82,00	274,00	39,60	6,92	4,03	126,00	126,00	82,00	44,00	39,60	1,11	4,03

ÁCIDO cis- 5,8,11,14,17-EICOSAPENTAENOICO C20:5n3 (EPA)														
ESPECIE	SUMA DE RANGOS	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6	Suma de rangos a comparar	Rb	Ra	Rb - Ra	SE	q	q0.05,inf,6
Salmón(1)	356,00		356,00											
Bocachico(5)	277,00		277,00	79,00	39,60	2,00	4,03							
Trucha(2)	188,00		188,00	168,00	39,60	4,24	4,03	83,00						
Cachama(6)	175,00		175,00	181,00	39,60	4,57	4,03	97,00						
Tilapia(3)	97,00		97,00	259,00	39,60	6,54	4,03	175,00						
Bagre(4)	83,00	356,00	83,00	273,00	39,60	6,89	4,03	188,00	188,00	83,00	105,00	39,60	2,65	4,03

ÁCIDO ALFA-LINOLÉNICO C18:3n3							
ESPECIE	SUMA DE RANGOS	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6
Tilapia(3)	271,00		271,00				
Bocachico(5)	252,50		252,50	18,50	39,60	0,47	4,03
Trucha(2)	224,00		224,00	47,00	39,60	1,19	4,03
Salmón(1)	210,50		210,50	60,50	39,60	1,53	4,03
Cachama(6)	168,50		168,50	102,50	39,60	2,59	4,03
Bagre(4)	49,50	271,00	49,50	221,50	39,60	5,59	4,03

ÁCIDO LINOLEICO C18:2n6														
ESPECIE	SUMA DE RANGOS	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6	Suma de rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6
Salmón(1)	343,00		343,00											
Trucha(2)	276,00		276,00	67,00	39,60	1,69	4,03							
Tilapia(3)	225,00		225,00	118,00	39,60	2,98	4,03							
Cachama(6)	196,00		196,00	147,00	39,60	3,71	4,03							
Bocachico(5)	70,00		70,00	273,00	39,60	6,89	4,03	66,00						
Bagre(4)	66,00	343,00	66,00	277,00	39,60	7,00	4,03	70,00	70,00	66,00	4,00	39,60	0,10	4,03

ÁCIDO GAMMA-LINOLÉNICO C18:3n6														
ESPECIE	SUMA DE RANGOS	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6	Suma de rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	Q	q0.05,inf,6
Salmon1	350,00		350,00											
Trucha(2)	260,00		260,00	90,00	39,60	2,27	4,03							
Bocachico(5)	216,00		216,00	134,00	39,60	3,38	4,03							
Tilapia(3)	158,00		158,00	192,00	39,60	4,85	4,03	96,00						
Bagre(4)	96,00		96,00	254,00	39,60	6,41	4,03	96,00						
Cachama(6)	96,00	350,00	96,00	254,00	39,60	6,41	4,03	158,00	158,00	96,00	62,00	39,60	1,57	4,03

OTROS* ÁCIDOS GRASOS														
ESPECIE	SUMA DE RANGOS	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	q	q0.05,inf,6	Suma de rangos a comparar	Rb	Ra	Rb-Ra	SE	Q	q0.05,inf,6
Salmón(1)	354,00		354,00											
Trucha(2)	265,00		265,00	89,00	39,60	2,25	4,03							
Bocachico(5)	232,50		232,50	121,50	39,60	3,07	4,03							
Tilapia(3)	182,50		182,50	171,50	39,60	4,33	4,03	61,50						
Bagre(4)	80,50		80,50	273,50	39,60	6,91	4,03	80,50						
Cachama(6)	61,50	354,00	61,50	292,50	39,60	7,39	4,03	182,50	182,50	61,50	121,00	39,60	3,06	4,03

*Otros ácidos: Tridecanóico, cis-10-pentadecenoico, cis-11,14-eicosadienoico, miristoleico, Heptadecanoico, cis-8,11,14-eicosatrienoico, pentadecanoico, cis-10-heptadecenoico, henicanoico, araquidico, cis-11-eicosenoico, 1cis-13,16-docosadienoico, tricosanoico, lignocerico.