



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN**
FACULTAD DE CIENCIAS

VARIACIÓN INTERESPECÍFICA DEL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS Y DE LOS
PARÁMETROS BIOENERGÉTICOS DE DOS ESPECIES DE SARDINAS DEL
PACÍFICO SURORIENTAL EXPLOTADAS COMERCIALMENTE

Por

FRANCIS CAMILA LARA GARRIDO

**MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO MARINO**

Profesor guía: **ÁNGEL GABRIEL URZÚA OSORIO**

Concepción, Chile

2017

ACTA DE CERTIFICACIÓN



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN

Certifico que el presente trabajo de Memoria de Título se realizó bajo mi dirección y ha sido aprobado.

Profesor guía: Ángel Gabriel Urzúa Osorio

Declaro que el contenido de esta Memoria de Título no ha sido presentado total o parcialmente para optar a otro Título o Grado Académico.

Francis Camila Lara Garrido

Nota del Examen de Título: _____

Fecha de aprobación del Examen de Título:

_____ de _____ de 201_

Ministro de Fe: _____

*A mis padres, gracias a ustedes hoy estoy aquí y a mi hija Isabella, este logro es
dedicado a ti.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mis padres René Lara y Marta Garrido por la educación que me brindaron y por siempre apoyarme en todo este proceso universitario; son la razón por la que hoy soy capaz de terminar mi etapa universitaria. A mis hermanas Rocío y Javiera porque al igual que mis padres han sido un apoyo incondicional en todos mis años universitarios.

Siempre estaré inmensamente agradecida de mis tíos (segundos padres) Patricia Garrido y Jorge López, por abrirme las puertas de su casa, por el inmenso cariño y por estar siempre presentes conmigo, por los consejos y críticas. Sin su apoyo hoy no estaría terminando este proceso. A mis primas Natalie y Johana por su cariño y apoyo durante todos estos años.

A mi hija Isabella, ya que este logro va dedicado a ella, mi razón de ser, mi compañera de vida, que pese a que aún es pequeña se hizo partícipe de este trabajo acompañándome varias veces a la universidad . Agradezco a Alejandro por apoyarme desde el primer día de universidad y hasta el final del proceso, por brindarme ayuda cuando la necesité y por sus consejos en el proceso universitario.

A mi amigo del alma Aldo Poblete, gracias por tu amistad, has sido mi pilar fundamental en todos estos años de universidad. Gracias por siempre acompañarme, tanto en los malos como buenos momentos, por los consejos que siempre me diste, por la retroalimentación, por las críticas y por el inmenso cariño que siempre me das. Espero seguir compartiendo muchos logros más junto a ti.

A mis amigos Joaquín, Esteban, Camila, Carla y Gisel, los que me acompañaron desde los primeros días universitarios y que siguen presentes hoy conmigo, brindándome su amistad y apoyo en este último proceso. También a Ruby, Constanza, Claudia (Alesita), Marlenne, Jaimito, Miguel, Pedro, Luis y Fabián, por su incondicional amistad y cariño. Son personas importantes en mi vida; agradezco todo su apoyo, consejos, críticas, etc.

Agradezco a mi profesor guía, el Dr. Ángel Urzúa Osorio, por el incondicional apoyo en todo este proceso, además por la alegría, la confianza y los consejos brindados.

Al laboratorio 22 de Recursos Hidrobiológicos, especialmente a Miguel Bascur y Fabián Guzmán por su apoyo en análisis de lípidos y ácidos grasos. Además de la compañía y amistad brindada en las largas jornadas de trabajo. También agradezco a Natalia Viña, Rodolfo Escalante (Wlado), Marco Quispe, Jorge Lazo y Paula Ruiz, por ser un apoyo dentro del laboratorio, por la compañía y consejos brindados.

A Esthefany Reyes, del laboratorio 16 de análisis químico, por su buena disposición y ayuda en la medición de ácidos grasos, liofilización de muestras y por la facilitación de material cuando fue necesario.

Les doy las gracias a los profesores encargados del curso de Habilitación Profesional, la Dra. Florence Tellier y el Dr. Konrad Górski, por la retroalimentación y ayuda brindada en el formato y redacción de esta memoria a lo largo del curso, además de la ayuda en los análisis estadísticos por parte del Dr. Konrad.

Del mismo modo agradezco a los revisores de mi memoria, Sergio Mora y Guillermo Herrera, por las críticas y consejos dados dentro de mi trabajo y que ayudaron a realizar este trabajo de mejor forma.

Agradezco a los profesores de la facultad, por los conocimientos entregados a lo largo de la carrera, en especial a la profesora Edna Barrientos, Viviana Olmos, María Cristina Orellana, Guillermo Herrera, Ricardo Otaíza y Julio Moscoso. Cada uno de ellos, en algún momento de la carrera, me brindó ayuda y consejos y siempre estaré agradecida por ello.

A los auxiliares de la facultad, José, don Luis, Álvaro y don Víctor, por ayudarme cada vez que los molesté con algo, además de las conversaciones o consejos entregados.

Para finalizar, agradezco al IFOP por las muestras de sardinas. Además agradezco a los proyectos CONICYT: FONDECYT N° 11140213 y PAI N° 7913002, por la ayuda económica de esta memoria.

TABLA DE CONTENIDOS

Resumen.....	vi
Abstract	vii
Introducción.....	1
Hipótesis.....	5
Objetivos	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	6
Métodos.....	7
Obtención de muestras	7
Composición bioquímica	8
<i>Lípidos totales</i>	8
<i>Ácidos grasos</i>	8
Análisis estadístico	8
Resultados	10
Lípidos totales	10
Ácidos grasos	15
Discusión.....	25
Conclusiones.....	27
Referencias bibliográficas	28
Anexo 1: Nombres ácidos grasos.	31

RESUMEN

La pesquería de sardinas actualmente se encuentra dentro de las principales explotaciones con gran importancia comercial a nivel mundial. Conocer la composición química de las sardinas, hoy en día es un parámetro importante para así conocer su valor en composición nutritiva. Por ejemplo, las sardinas *Strangomera bentincki* y *Sprattus fuegensis* son especies de importancia comercial en las costas Chilenas, las cuales presentan una rica fuente de ácidos grasos esenciales poliinsaturados (omega-3). Estas especies presentan distribuciones geográficas diferentes, *S. bentincki* habita desde Coquimbo hasta Puerto Montt, mientras que *S. fuegensis* presenta una distribución desde Puerto Montt y hasta Tierra del Fuego. Ambas especies son similares tanto en características morfológicas como alimenticias. Se ha descrito que especies cercanas a zonas australes poseen mayor reserva energética que generan variación en su composición bioquímica, lo que a su vez se relaciona con la alimentación, migración y cambios en el comportamiento reproductivo. En peces, la energía se almacena en forma de lípidos, los que además de ser fuente de ácidos grasos esenciales, se utilizan como fuente de energía para funciones como migraciones y reproducción. En este estudio se realizó la extracción de lípidos y ácidos grasos en ejemplares de *S. fueguensis* y de *S. bentincki* en tres tejidos (músculo, hígado y gónada). Los resultados muestran que existen diferencias significativas en la concentración de lípidos totales entre las especies *Sprattus fueguensis* y *Strangomera bentincki*. Además se encontraron diferencias significativas entre los tejidos de la sardina común, mientras que en sardina austral no hay diferencias. Por otro lado, se encontraron diferencias significativas en el contenido de ácidos grasos totales entre tejidos de *S. bentincki*, no así en los de *S. fuegensis* donde entre hígado y gónada no hay diferencias. Si se registraron diferencias entre especies, siendo mayor el contenido de ácidos grasos totales en el hígado de *S. bentincki*.

Palabras clave: Ácidos grasos, Bioquímica, Lípidos, Sardina, Tejidos.

ABSTRACT

The sardine fishery is currently among the main farms with great commercial importance worldwide. Knowing the chemical composition of sardines, today is an important parameter to know its value in nutritional composition. For example, the sardines *Strangomera bentincki* and *Sprattus fuegensis* are species of commercial importance in the Chilean coasts, which present a rich source of polyunsaturated essential fatty acids (omega-3). These species have different geographical distributions, *S. bentincki* lives from Coquimbo to Puerto Montt, while *S. fuegensis* has a distribution from Puerto Montt to Tierra del Fuego. Both species are similar in both morphological and nutritional characteristics. It has been described that species near austral zones have greater energy reserves that generate variation in their biochemical composition, which in turn is related to feeding, migration and changes in reproductive behavior. In fish, energy is stored in the form of lipids, which besides being a source of essential fatty acids, are used as an energy source for functions such as migrations and reproduction. In this study, the extraction of lipids and fatty acids was carried out in specimens of *S. fueguensis* and *S. bentincki* in three tissues (muscle, liver and gonad). The results show that there are significant differences in the concentration of total lipids between the species *Sprattus fueguensis* and *Strangomera bentincki*. In addition, significant differences were found between the tissues of the common sardine, while in southern sardines there are no differences. On the other hand, significant differences were found in the content of total fatty acids between tissues of *S. bentincki*, but not in those of *S. fuegensis* where between liver and gonad there are no differences. If there were differences between species, the content of total fatty acids in the liver of *S. bentincki* was higher.

Key words: Biochemistry, Fatty acids, Lipids, Sardine, Tissues.

INTRODUCCIÓN

La pesquería actualmente se encuentra dentro de las principales explotaciones con gran importancia comercial a nivel mundial (FAO, 2004). Las pesquerías Chilenas comenzaron su desarrollo al término de la segunda guerra mundial, en donde alcanzaron volúmenes de desembarque superior a los 8 millones de toneladas en el año 1994, dándole el quinto lugar a nivel mundial con mayor desembarque de este recurso (Arana, 2012).

Actualmente la producción Chilena supera los 2 millones de toneladas anuales en donde los desembarques pesqueros del sector industrial alcanzan el 24% del desembarque total, el sector artesanal el 39% y la producción acuícola representa el 37% restante (Sernapesca, 2017)

Conocer la composición bioquímica de los peces, hoy en día es un parámetro importante para así conocer su valor en composición nutritiva. La composición bioquímica y contenido graso son características importantes para así determinar el rendimiento para la obtención de diversos productos (Stansby & Dassow, 1963)

Además es fundamental conocer la composición del alimento, como los ácidos grasos saturados e insaturados, ya que estos son compuestos en el pescado a los que se les atribuyen varios beneficios para la salud (Clawson *et al*, 1991).

Los peces son una rica fuente de ácidos grasos Poliinsaturados (omega-3), esenciales en el desarrollo neural (gestación) y primeros años de vida (Uauy *et al*, 2000). Además los peces son uno de las principales fuentes de proteínas animales (FAO, 2001). Es por ello que los pescados están considerados como un alimento completo, tanto por la cantidad de nutrientes que aportan como por la calidad (Fennema, 1985).

Los grupos de peces de aguas frías que aportan una mejor fuente de Ácidos grasos poliinsaturados (omega n-3) son: sardina, atún, jurel y salmón (Simopoulus, 1991).

La carne de pescado, además que ser una rica fuente de proteínas y ácidos grasos, es considerada una valiosa fuente de calcio, fosforo, hierro y cobre. En el caso de las sardinas, además son un aporte importante de yodo. (FAO, 1988).

En Chile por lo general los peces pelágicos, como las sardinas, se capturan para la elaboración de harina de pescado (reducción), aceites o son utilizados como carnada (Subpesca, 2015).

La sardina común (*Strangomera bentincki*) es una especie pelágica con distribución exclusiva en el pacífico sur-oriental (Whitehead, 1985). Se distribuye desde el norte de Coquimbo (29°S) hasta Puerto Montt (42°S) (Serra, 1983). Esta especie forma cardúmenes con otras especies de Clupeiformes. Habita cerca de la costa, donde la productividad es por lo general alta debido a las surgencias que ocurren en primavera-verano (Cubillos *et al*, 2001, 2002). La mayor actividad reproductiva ocurre en invierno (desove); la primera madurez sexual ocurre de 11 a 12 cm de longitud total (Arancibia *et al*, 1994). La dieta predomina tanto en fitoplancton como en zooplancton, que consiste en diatomeas, dinoflagelados, y crustáceos (Balbontín, 1979).

La sardina austral (*Sprattus fuegensis*), fue reconocida a mediados de la década de los 80's, en donde su distribución se encontraba restringida solo a la costa Argentina. Su distribución fue descrita en la costa atlántica de Sudamérica, desde los 40°S hasta los 55°S, incluyendo las Islas Malvinas (Whitehead, 1989). Es incluida por primera vez como parte de los clupeideos regulares de Chile por Pequeño (1986). A través de estudios taxonómicos, Aranís *et al* (2007) identifica la presencia de *S. fuegensis* (sardina austral) en las capturas de peces pequeños en el mar interior de Chiloé, diferenciándola de la especie *S. bentincki* (sardina común).

Actualmente se encuentra distribuida en la zona sur austral de Chile entre los 41°S y 55°S y en Argentina se distribuye en las mismas latitudes hasta las Islas Malvinas (Aranís *et al*, 2007). Esta especie habita hasta los 50 metros de profundidad. Su talla de primera madurez sexual va de 12 a 13,5 cm de longitud total. Su período reproductivo ocurre a fines de invierno y principios de primavera (Leal *et al*, 2011). Al igual que la

sardina común, la sardina austral es una especie pelágica que forman cardúmenes cercanos a la costa, como en el mar interior de Chiloé, lugar altamente productivo en primavera-verano (Iriarte et al., 2007).

Algunas características taxonómicas que posee la sardina austral son: mandíbula inferior ligeramente prominente, no presentan bulla pteróptica, no poseen estrías en piezas operculares, posee dientes sobre la lengua, no así en el vómer, su vientre está formado por una fuerte quilla de escudetes óseos, las aletas pélvicas se insertan detrás o bajo del origen de la aleta dorsal (Whitehead, 1985).

Su alimentación está compuesta de eufásidos, copépodos, misidáceos, quetognatos, huevos y larvas de peces. Se ha registrado que la edad máxima que pueden alcanzar es de cinco años (Aranis et al, 2006).

Según Whitehead (1985), *Strangomera* y *Sprattus* son géneros muy similares que pueden ser reconocidos por una diferencia a nivel del hueso pterótico en el cráneo. Por su similitud, resulta muy difícil distinguirlas a simple vista (Aranis et al, 2007).

Los análisis bioquímicos y bioenergéticos pueden ayudar a mejorar la comprensión de la fisiología y ecología de los peces. La energía que se obtiene cuando el pez es sexualmente inmaduro, se destina a los procesos de crecimiento y supervivencia. Al alcanzar la madurez, gran parte de la energía se destina a los procesos reproductivos (Saborido-Rey, 2006).

Existen muchas especies marinas de aguas frías y templadas en las que el desove ocurre en las estaciones de primavera-verano, coincidiendo la eclosión de las larvas con procesos de surgencias. Lo anterior implica que el desarrollo gonadal y la acumulación de reserva energética para la reproducción ocurren en la estación de invierno, cuando la alimentación es más restringida. Estas reservas energéticas se acumulan en forma de lípidos y proteínas (Saborido-Rey, 2006).

Los lípidos son una de las principales fuentes de reserva de energía metabólica. Estos además se relacionan con la calidad y cantidad de presas consumidas, los que a su

vez se vinculan fuertemente a los procesos de reproducción y migración (Pethybridge *et al*, 2014).

El objetivo de este trabajo fue determinar la composición de lípidos totales y ácidos grasos totales de tres tejidos (hígado, gónada y músculo) de dos especies de sardinas altamente comercializadas *Strangomera bentincki* (sardina común) y *Sprattus fuegensis* (sardina austral).

HIPÓTESIS

1. *Strangomera bentincki* y *Sprattus fuegensis* son especies con características similares en morfología y alimentación pero que presentan diferentes distribuciones a lo largo de la costa de Chile (sardina común con una distribución más central y sardina austral con una distribución más austral). Las especies que viven en zonas más cercanas a las zonas australes presentan una mayor reserva energética, lo que podría afectar directamente los parámetros bioquímicos de estas especies. Por tanto se espera que:
 - *Sprattus fuegensis* tendrá un mayor contenido de lípidos totales que *Strangomera bentincki*.
 - La cantidad de ácidos grasos será mayor en *Sprattus fuegensis* que en *Strangomera bentincki*.
2. La cantidad de las principales reservas energéticas (i.e. lípidos y ácidos grasos) en peces puede variar en función de la estacionalidad (debido al tipo y cantidad de alimento disponible) como también por su fase ontogenética (época reproductiva, reclutamiento, crecimiento). Por lo anterior, estas reservas se pueden almacenar de forma diferencial según su estado de condición y/o fisiológico en sus tejidos (en hígado y gónada para reproducción, y en musculo para mantención y crecimiento). Las especies estudiadas presentan diferencias en sus períodos reproductivos. *Strangomera bentincki* presenta un periodo reproductivo de invierno a principios de primavera, mientras que *Sprattus fuegensis* tiene un periodo reproductivo de fines de invierno hasta verano. Al comparar los lípidos en muestras de tejidos (hígado, gónada, musculo) de ambas especies recolectadas en invierno se predice que:
 - Los lípidos totales será mayor en hígado que en gónada y músculo en ambas especies de sardinas.
 - La cantidad de ácidos grasos será mayor en el hígado que en la gónada y músculo en ambas especies de sardinas.

OBJETIVOS

Objetivo General

Comparar la composición bioquímica y bioenergética de dos especies de sardinas altamente comercializadas *Strangomera bentincki* (sardina común) y *Sprattus fuegensis* (sardina austral).

Objetivos Específicos

- O1: Determinar las variaciones de lípidos totales y ácidos grasos presentes en hígado, gónada y músculo de ambas especies de sardinas.
- O2: Comparar las variaciones de lípidos totales y ácidos grasos presentes en los tejidos (hígado, gónada y músculo) para ambas especies de sardinas.

MÉTODOS

Obtención de muestras

Ambas especies de sardinas (*S. bentincki* y *S. fuegensis*) se recolectaron durante la estación de invierno del año 2016 en la costa de Puerto Montt, en la bahía Abtao (41°49'00"), las muestras fueron obtenidas por el IFOP a bordo de la embarcación Orión y se trasladaron envasadas con hielo seco al laboratorio de Recursos Hidrobiológicos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de la Santísima Concepción.

De la recolección se seleccionaron 20 individuos de sardina común y 20 de sardina austral: a todos los ejemplares se les midió su longitud total con un pie de metro para así separar muestras que se encontraran dentro de su primera madurez sexual de las que aún eran inmaduras sexualmente. (Figura 1).

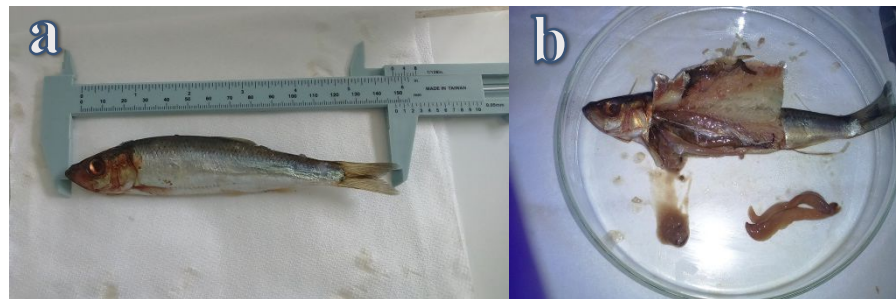


FIGURA 1

A) Medición de longitud total de *Strangomera bentincki* utilizando pie de metro.

B) Extracción de las muestras de tejidos (hígado, gónada y músculo).

Se extrajeron muestras de hígado, gónada y músculo de ambas especies de sardinas (Figura 1), las que se depositaron en tubos Eppendorf de 1,5 mL previamente pesados en una balanza (SARTORIUS LA230S). La biomasa (peso seco) de estos órganos y tejidos se determinó mediante la técnica estándar descrita por Anger & Harms (1990), donde los tubos Eppendorf con las muestras fueron secados por sublimación en un liofilizador (Operon, FDU-7012) durante 48 horas a -70 °C. Una vez que las muestras se secaron, los tubos se pesaron nuevamente y el peso seco de las muestras se obtuvo

restando el peso del tubo Eppendorf vacío del peso del tubo Eppendorf con la muestra seca.

Composición bioquímica

Lípidos totales

Para determinar el contenido total de lípidos de hígado, gónada y músculo de ambas especies de sardina, se utilizó el método de Folch *et al.* (1957), (modificado por Cequier-Sánchez *et al.* 2008). Para ello se utilizó diclorometano: metanol como solvente. De cada tejido (hígado, gónada y músculo) se utilizaron 10 mg de muestra. Los que fueron dejados en frascos previamente pesados y se agregaron 10 mL de diclorometano-metanol, las muestras fueron puestas en un sonicador para romper el tejido. Luego las muestras fueron separadas del tejido y se les agregó 4 mL de cloruro de potasio (KCL) las que luego fueron vorteadas y centrifugadas por 5 minutos a 1500 rpm, de las que se formaron dos fases. Se utilizó la fase de abajo, la que fue secada con nitrógeno gaseoso, para luego pesarlas y obtener la concentración de lípidos totales de cada muestra.

Ácidos grasos

Para la determinación de ácidos grasos en las muestras utilizadas (10 mg) de hígado, gónadas y músculo para los 20 individuos de cada especie de sardina, se utilizó el método descrito por Urzúa & Anger (2011) (modificado de Malzahn *et al.* 2007), utilizando la medición con ésteres metílicos de ácidos grasos (FAMEs). La esterificación se realizó en un Thermo shaker, utilizando ácido sulfúrico metanólico a 70°C. Los ácidos grasos fueron enjuagados con 6 mL de n-hexano (modificado), debido a la alta concentración de las muestras, en donde se formaron dos fases, utilizando esta vez la fase de arriba. Las muestras fueron secadas con nitrógeno gaseoso. La medición de los ácidos grasos se realizó en un cromatógrafo de gases Agilent 7890^a.

Análisis estadístico

De las diferencias en concentraciones de lípidos totales entre ambas especies de sardinas y entre tejidos (hígado, gónada y músculo), se evaluaron mediante un

PERMANOVA de dos vías cruzado. Además se realizaron post análisis para ver así de mejor forma las interacciones de cada especie con sus tres tejidos, para ellos realizaron pruebas de comparaciones pareadas. Para todos los análisis se usó un nivel de significancia de 0,05%, además se utilizó distancia euclidiana, transformación de datos con Log (X+1) y 9999 permutaciones. Todos los análisis se realizaron en el programa PRIMER 6.

Para el perfil de ácidos grasos de los tejidos hígado, gónada y músculo, de ambas especies de sardinas fueron evaluados mediante ANDEVA de una vía. El supuesto de normalidad fue evaluado mediante la prueba de Shapiro-wilk, mientras que la homogeneidad de varianza fue evaluada con la prueba de Levene. Todos los análisis fueron realizados con el programa STADISTICA 7.

RESULTADOS

Lípidos totales

Los promedios de lípidos totales encontrados en los tres tejidos estudiados en *Strangomera bentincki* fueron $25,1 \pm 2,7\%$ peso seco (PS) (hígado), siendo este el mayor valor, $18 \pm 4,3\%$ peso seco (PS) (gónada), y $12,9 \pm 2,7\%$ peso seco (PS) (músculo). Para *Sprattus fuegensis* los lípidos totales en cada tejido fueron $30 \pm 3,09\%$ Peso seco (PS) (hígado), $28 \pm 2,45\%$ peso seco (PS) (gónada) y $29 \pm 3,46\%$ peso seco (PS) (músculo) no mostrando diferencia entre los tres tejidos.

Los valores absolutos encontrados entre los promedios de lípidos totales de *Strangomera bentincki* entre sus tejidos fueron 2,5 mg en hígado, 1,8 mg en gónada y 1,3 mg en músculo. Mientras que en *Sprattus fuegensis* fueron 3,0 mg en hígado, 2,7 mg en gónada y 2,8 mg en músculo (FIGURA 2).

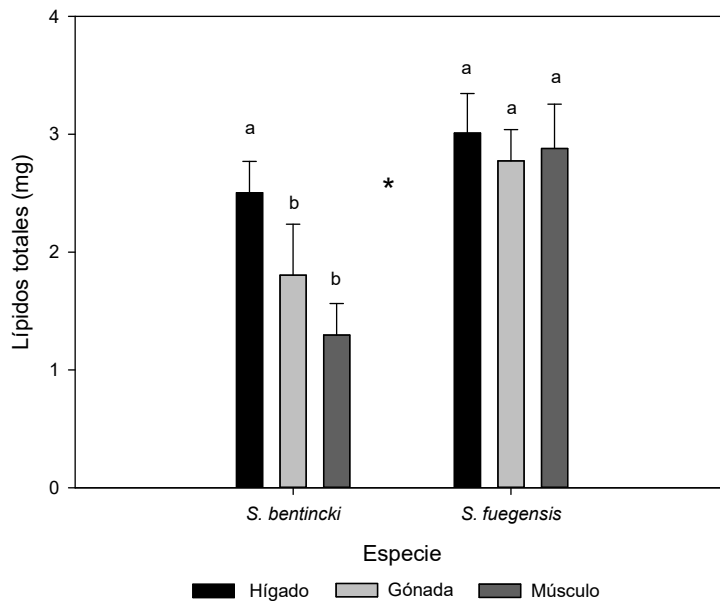


FIGURA 2

Promedio de lípidos totales (mg) para dos especies de sardinas (*S. bentincki* y *S. fuegensis*) con tres tejidos (hígado, gónada y músculo). Valores promedio \pm desviación

estándar (DS). Asterisco (*) indica diferencias significativas. Letras minúsculas (a, b) indican diferencias entre tejidos.

Entre la comparación de especies (FIGURA 2) con sus tejidos, existen diferencias significativas ($p < 0,05$) siendo mayor el contenido de lípidos totales (mg) en la especie *S. fuegensis*, sin embargo entre los tejidos de esta especie no existen diferencias, mientras que en *S. bentincki* si existen diferencias entre los tejidos siendo mayor en hígado y menor en músculo. Por otro lado, en la comparación de tejidos entre ambas especies (FIGURA 3) muestra que el hígado no presenta diferencias significativas ($p > 0,05$), sin embargo entre gónadas y músculos de ambas especies si existen diferencias significativas ($p < 0,05$) siendo mayor los tejidos de *S. fuegensis*.

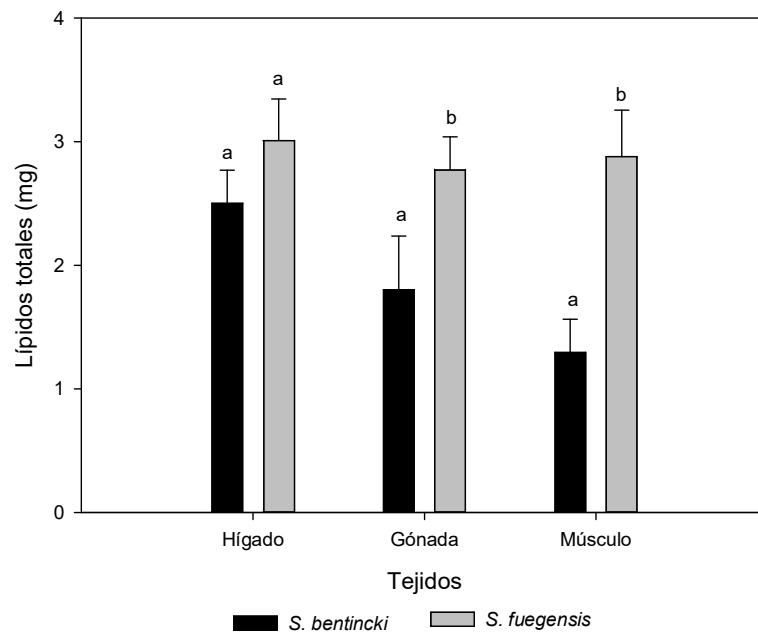


FIGURA 3

Promedio de lípidos totales (mg) para tres tejidos (hígado, gónada y músculo) de dos especies de sardinas (*S. bentincki* y *S. fuegensis*). Valores promedio \pm Desviación estándar (DS). Letras minúsculas (a, b) indican diferencias entre especies.

En el análisis de PERMANOVA, realizado con distancia euclidiana y transformación de datos ($\log(x+1)$), además de 9999 permutaciones, indicó que para las concentraciones de lípidos totales (mg) de *S. Bentincki* y *S. fuegensis*, existen diferencias significativas entre especies ($p < 0,05$). Además para las concentraciones de lípidos totales (mg) entre los tres tejidos analizados (hígado, gónada y músculo), muestran también, que existen diferencias significativas entre tejidos ($p < 0,05$) (TABLA 1).

TABLA 1:

Tabla resumen del análisis de PERMANOVA cruzado entre especies (*S. bentincki* y *S. fuegensis*) y sus tejidos (hígado, gónada y músculo)

Grupos	df	ss	ms	pseudo-F	p	Permutaciones	p (MC)
Especies	1	4,0886	4,0886	27,513	0,0001	9820	0,0001
Tejido	2	1,4639	0,73196	4,9255	0,0108	9946	0,0089
Especie x tejido	2	0,91326	0,45663	3,0727	0,0477	9959	0,0495
Res	114	16,941	0,14861				
Total	119	23,407					

La comparación de lípidos totales expresada en porcentaje de peso seco de los 10 mg de muestra utilizada para cada tejido (hígado, gónada y músculo) de ambas especies de sardinas mostro que existen diferencias significativas entre ambas especies ($p < 0,05$), siendo mayor el contenido de lípidos totales en *Sprattus fuegensis*. Dentro de los tres tejidos por especie, se encontraron diferencias significativas en *Strangomera bentincki*, mostrando diferencias en el hígado de los otros dos tejidos (gónada y músculo). Mientras que para *Sprattus fuegensis* no se encontraron diferencias entre estos tres tejidos (FIGURA 4).

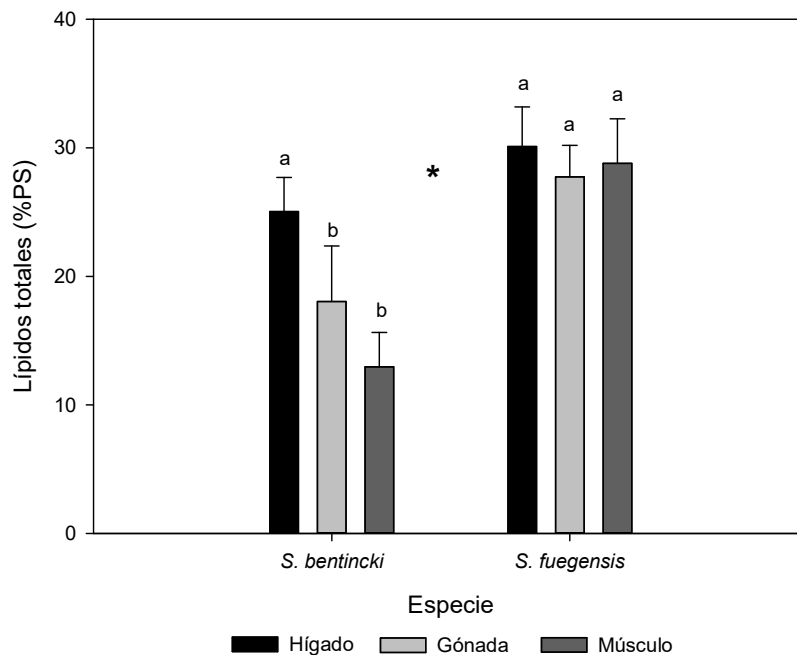


FIGURA 4

Lípidos totales (%PS) de tres tejidos, hígado, gónada y músculo de las especies *S. bentincki* y *S. fuegensis*. Valores promedio \pm Desviación estándar (DS). Asterisco (*) indica diferencias significativas. Letras minúsculas (a, b) indican diferencias entre tejidos.

Entre la comparación de especies (FIGURA 3) con sus tejidos, existen diferencias siendo mayor el contenido de lípidos totales (mg) en la especie *S. fuegensis*, sin embargo entre los tejidos de esta especie no existen diferencias, mientras que en *S. bentincki* si existen diferencias entre los tejidos siendo mayor en hígado y menor en músculo. Mientras que en la comparación entre tejidos de ambas especies (FIGURA 4) muestra que el hígado no existe diferencias, sin embargo entre gónadas y músculos de ambas especies si existen diferencias siendo mayor los tejidos de *S. fuegensis*.

Para la primera prueba de comparaciones pareadas (TABLA 2), de cada especie con sus tejidos mostró, para *Strangomera bentincki* (sardina común) que existen diferencias significativas entre hígado-gónada ($p < 0,05$) e hígado-músculo ($p < 0,05$), no así para gónada-músculo ($p > 0,05$) en donde no existen diferencias.

Para *Sprattus fuegensis* (sardina austral) los resultados del test mostraron que no existen diferencias significativas en ninguno de los tres niveles, hígado- gónada, hígado-músculo y gónada- músculo, ($p > 0,05$) (TABLA 3).

TABLA 2

Prueba de comparaciones pareadas de lípidos totales para *Strangomera bentincki* y *Sprattus fuegensis* entre tejidos (hígado, gónada y músculo).

<i>S. bentincki</i>	t	p	permutaciones
Hígado, Gónada	2,2053	0,0345	9589
Hígado, Músculo	3,5952	0,0018	9683
Gónada, Músculo	1,2118	0,2318	9234

<i>S. fuegensis</i>	t	p	permutaciones
Hígado, Gónada	0,59695	0,5523	9811
Hígado, Músculo	0,50722	0,6164	9816
Gónada, Músculo	2,74E-02	0,9778	9802

La segunda prueba de comparaciones pareadas se realizó para ver la comparación de ambas especies de sardinas por cada tejido, en donde los tejidos de gónada y músculo entre ambas especies mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$), mientras que la

comparación de hígado entre ambas especies (sardina común y sardina austral) no mostro diferencias ($p>0,05$) (TABLA 3).

TABLA 3

Prueba de comparaciones pareadas de lípidos totales de tres tejidos (hígado, gónada y músculo) para ambas especies de sardinas

Hígado	t	p	Permutaciones
S. común, S. Austral	1,4203	0,1608	9698

Gónada	t	p	permutaciones
S. común, S. Austral	3,0644	0,0045	9798

Músculo	t	p	permutaciones
S. común, S. Austral	4,2855	0,0002	9816

Ácidos grasos

El total de ácidos grasos, los ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados n-6 (AGPI n-6) presentan diferencias significativas entre ambas especies de sardinas ($p<0,05$) siendo mayor en *S. fuegensis*, mientras que los ácidos grasos poliinsaturados n-3 (AGPI n-3) no presentan diferencias entre especies ($p>0,05$). Dentro de los cuatro tipos de ácidos grasos, los saturados y monoinsaturados son los que presentan una mayor cantidad en ambas especies (FIGURA 5).

Los ácidos grasos que se presentan en mayor concentración son: saturados, palmítico (AP, C16:0); monoinsaturados, oleico (AO, C18:1n9); poliinsaturados n-3, (C22:6n-3) y poliinsaturados n-6, (C18:2n-6c) presente solo en el hígado de *S. bentincki*, (C18:2n-6t) presente en los tres tejidos de *S. fuegensis* (TABLA 4).

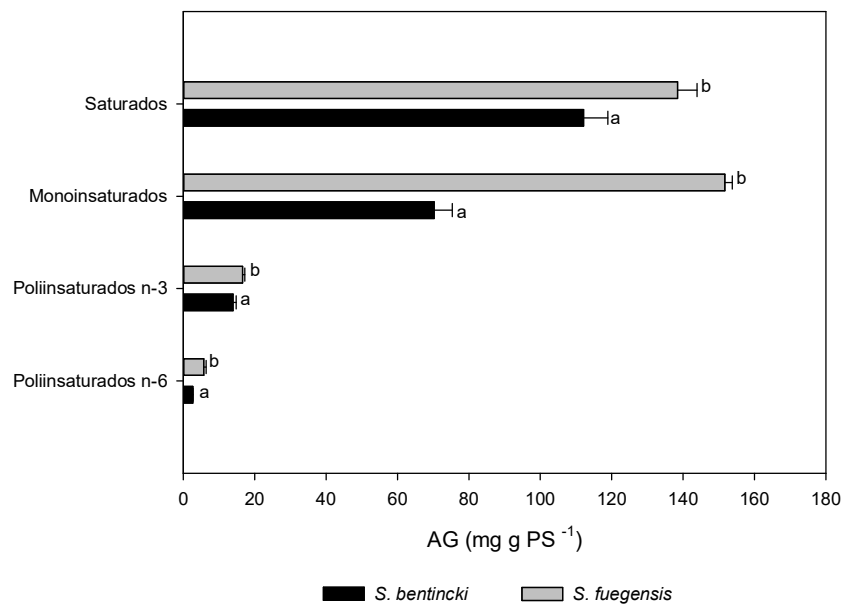


FIGURA 5

Ácidos grasos totales (mg*g PS⁻¹) de cuatro tipos (saturados, monoinsaturados, poliinsaturados n-3 y n-6) de ambas especies de sardinas (*S. bentincki* y *S. fuegensis*). Valores promedio ± Desviación estándar (DS). Letras minúsculas (a, b) indican diferencias entre especies.

TABLA 4

Contenido de ácidos grasos (mg AG*g de Peso Seco⁻¹) en tres tipos de tejido (hígado, gónada y músculo) en dos especies de sardinas (*Strangomera bentincki*, *Sprattus fuegensis*); promedio ± EE.

AG	<i>S. bentincki</i>			<i>S. fuegensis</i>		
	Hígado	Gónada	Músculo	Hígado	Gónada	Músculo
C8:0	0	0,84 ± 0,01 ^A	0	1 ± 0,06 ^a	1,02 ± 0,05 ^{a,A}	1,03 ± 0,08 ^a
C10:0	0	0	0	0	1,76 ± 0,1	0
C11:0	0	0	0	0	1,7 ± 0,61 ^a	1,13 ± 0,07 ^a
C12:0	0	0	0	1,56 ± 0,3 ^a	1,32 ± 0,07 ^a	1,34 ± 0,06 ^a
C13:0	0	1,19 ± 0,07 ^A	0	0,91 ± 0,06 ^a	2,33 ± 0,44 ^{b,A}	1,98 ± 0,45 ^b
C14:0	8,44 ± 1,57 ^{a,A}	2,50 ± 0,24 ^{b,A}	1,64 ± 0,12 ^{c,A}	10,17 ± 1,52 ^{a,A}	9,11 ± 1,7 ^{a,B}	8,65 ± 1,35 ^{a,B}
C15:0	0	0	0	1,1 ± 0,07 ^a	0	1,02 ± 0,27 ^a
C16:0	48,67 ± 7,9 ^{a,A}	19,63 ± 3,24 ^{b,A}	10,28 ± 0,62 ^{c,A}	36,3 ± 3,8 ^{a,A}	31 ± 4,07 ^{a,B}	30,55 ± 3,71 ^{a,B}
C17:0	1 ± 0,09 ^{a,A}	0	0	1,23 ± 0,24 ^{a,A}	1,32 ± 0,14 ^a	1,15 ± 0,18 ^a
C18:0	13,80 ± 2,77 ^{a,A}	3,27 ± 0,74 ^{b,A}	0,87 ± 0,05 ^{c,A}	6,9 ± 1,13 ^{a,B}	7,9 ± 1,6 ^{a,B}	5,55 ± 1,23 ^{a,B}
C20:0	0	0	0	0	0	0
Total AGS	71,91 ± 3,94^{a,A}	27,43 ± 1,88^{b,A}	12,79 ± 1,01^{c,A}	59,17 ± 1,94^{a,B}	57,46 ± 1,75^{a,B}	21,85 ± 1,73^{b,B}
C14:1	0	0	0	1,70 ± 0,22 ^a	1,33 ± 0,3 ^a	1,69 ± 0,81 ^a
C15:1	1,32 ± 0,004 ^{a,A}	0,86 ± 0,05 ^{a,A}	0	1,82 ± 0,23 ^{a,B}	1,71 ± 0,23 ^{a,B}	1,46 ± 0,18 ^a
C16:1	7,76 ± 1,28 ^{a,A}	2,66 ± 0,28 ^{b,A}	1,65 ± 0,16 ^{c,A}	9,25 ± 1,6 ^{a,A}	9,8 ± 2,04 ^{a,B}	9,12 ± 1,34 ^{a,B}
C17:1	2,26 ± 0,06 ^{a,A}	2,15 ± 0,09 ^{a,A}	0	2,47 ± 0,28 ^{a,A}	2,48 ± 0,2 ^{a,A}	2,43 ± 0,16 ^a
C18:1n-9	33,09 ± 8,2 ^{a,A}	7,67 ± 0,55 ^{b,A}	5,60 ± 0,26 ^{c,A}	11,55 ± 1,15 ^{a,B}	12,12 ± 1,6 ^{a,B}	11,43 ± 1,10 ^{a,B}
C20:1	3,16 ± 0,18 ^A	0	0	8,12 ± 1,22 ^{a,B}	8,6 ± 1,3 ^a	8,29 ± 1,37 ^a
C22:1n-9	2,08 ± 0,11 ^A	0	0	11,18 ± 1,96 ^{a,B}	12,02 ± 2,05 ^a	11,77 ± 2,06 ^a
C24:1	0	0	0	3,84 ± 0,45 ^a	3,6 ± 0,21 ^a	3,93 ± 0,49 ^a
Total AGMI	49,67 ± 4^{a,A}	13,34 ± 0,6^{b,A}	7,25 ± 0,49^{c,A}	49,93 ± 0,65^{a,A}	51,66 ± 0,75^{a,B}	50,11 ± 0,69^{a,B}
C18:2n-6c	2,63 ± 0,08	0	0	0	0	0
C18:2n-6t	0	0	0	2,1 ± 0,31 ^a	1,65 ± 1,3 ^a	1,97 ± 0,26 ^a
C18:3n-6	0	0	0	0	0	0
Total AGPI _{n-6}	2,63 ± 0,08^A	0	0	2,1 ± 0,31^{a,A}	1,65 ± 0,11^a	1,97 ± 0,26^a
C20:5n-3	2,05 ± 0,09 ^{a,A}	3,41 ± 0,76 ^{b,A}	2,21 ± 0,04 ^{c,A}	2,9 ± 0,6 ^{a,A}	2,28 ± 0,03 ^{a,B}	2,4 ± 0,1 ^{a,A}
C22:6n-3	0	3,50 ± 0,11 ^{a,A}	2,76 ± 0,12 ^{b,A}	3,01 ± 0,5 ^a	2,76 ± 0,12 ^{a,B}	3,22 ± 0,21 ^{a,B}
Total AGPI _{n-3}	2,05 ± 0,09^{a,A}	6,91 ± 0,65^{b,A}	4,97 ± 0,13^{c,A}	5,91 ± 0,35^{a,B}	5,04 ± 0,13^{b,B}	5,62 ± 0,16^{a,B}
Total AGPI	4,68 ± 0,42^{a,A}	6,91 ± 3,45^{a,A}	4,97 ± 2,48^{a,A}	8,01 ± 1,26^{a,B}	6,69 ± 0,55^{b,A}	7,59 ± 0,15^{a,B}
Total AG	126,26 ± 11,12^{a,A}	47,68 ± 13,05^{b,A}	25,01 ± 2,77^{c,A}	117,11 ± 11,25^{a,A}	115,81 ± 10,83^{a,B}	79,55 ± 10,04^{b,B}

Letras minúsculas diferentes (a, b, c) en el superíndice indican diferencias significativas entre tejidos (hígado, gónada y músculo) para cada una de las especies de sardina. Letras mayúsculas diferentes

(A, B) en el superíndice indican diferencias significativas en el mismo tejido entre ambas especies de sardina. (ANDEVA de una vía).

AG totales: suma total AGS- total AGMI y total AGPI; total AGS: suma C8:0-C24:0; total AGMI: suma C14:1-C24:1; total AGPI n-6: suma C18:2n6c-C20:3n6; total AGPI n-3: suma C20:5n3-C22:6n-3; total AGPI: suma total AGPI n-6 y AGPI n-3.

En *Strangomera bentincki*, los ácidos grasos que se encuentran presentes en mayor cantidad son los ácidos grasos saturados (AGS) y monoinsaturados (AGMI), estos se encuentran en mayor proporción en el hígado. Los ácidos grasos poliinsaturados n-3 (AGPI n-3) se encuentran en mayor cantidad en la gónada. Por otro lado en los ácidos grasos polinsaturados n-6 (AGPI n-6) solo se encuentran presentes en el hígado, ausentándose en gónada y músculo. Cabe destacar que todos los tipos de ácidos grasos (AGS, AGMI, AGPI n-3 y n-6) presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) (FIGURA 6).

En *Sprattus fuegensis*, los ácidos grasos que se encuentran presentes en mayor cantidad son los ácidos grasos saturados (AGS) y monoinsaturados (AGMI), en donde el músculo, de los ácidos grasos saturados (AGS) presenta diferencia significativas ($p < 0,05$) con respecto a hígado y gónada, que no presentan diferencias entre sí. Los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), poliinsaturados n-3 (AGPI n-3) y n-6 (AGPI n-6) no presentan diferencias entre tejidos (FIGURA 7).

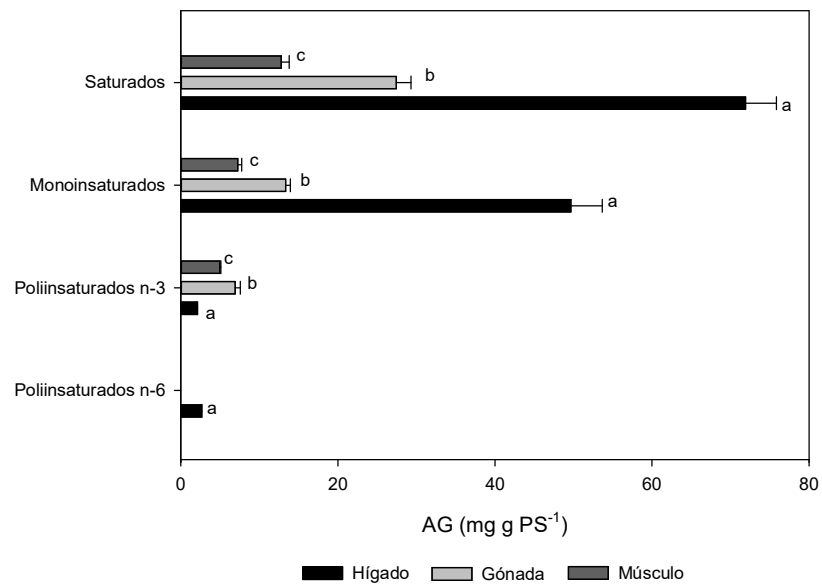


FIGURA 6

Ácidos grasos totales ($\text{mg} \cdot \text{g PS}^{-1}$) de cuatro tipos (saturados, monoinsaturados, poliinsaturados n-3 y n-6) por cada tejido (hígado, gónada y músculo) de *Strangomera bentincki*. Valores promedio \pm Desviación estándar (DS). Letras minúsculas (a, b, c) indican diferencias entre tejidos.

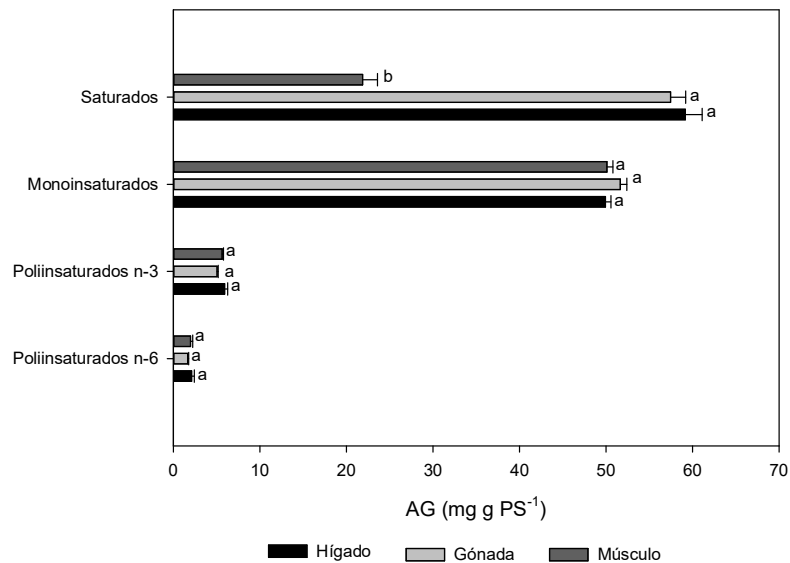


FIGURA 7

Ácidos grasos totales (mg*g PS⁻¹) de cuatro tipos (saturados, monoinsaturados, poliinsaturados n-3 y n-6) por cada tejido (hígado, gónada y músculo) de *Sprattus fuegensis*. Valores promedio ± Desviación estándar (DS). Letras minúsculas (a, b) indican diferencias entre tejidos.

Dentro los tejidos, los ácidos grasos totales (mg*g PS⁻¹) de ambas especies de sardinas, para hígado no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$), mientras que para gónada y músculo entre ambas especies si presentan diferencias significativas ($p < 0,05$). Ahora bien dentro de cada especie, *Strangomera bentincki* presenta diferencias significativas entre sus tres tejidos, hígado, gónada y músculo ($p < 0,05$), mientras que para *Sprattus fuegensis*, presenta diferencias significativas entre hígado- músculo y gónada-músculo ($p < 0,05$), no así entre hígado-gónada, en donde no existen diferencias (FIGURA 8).

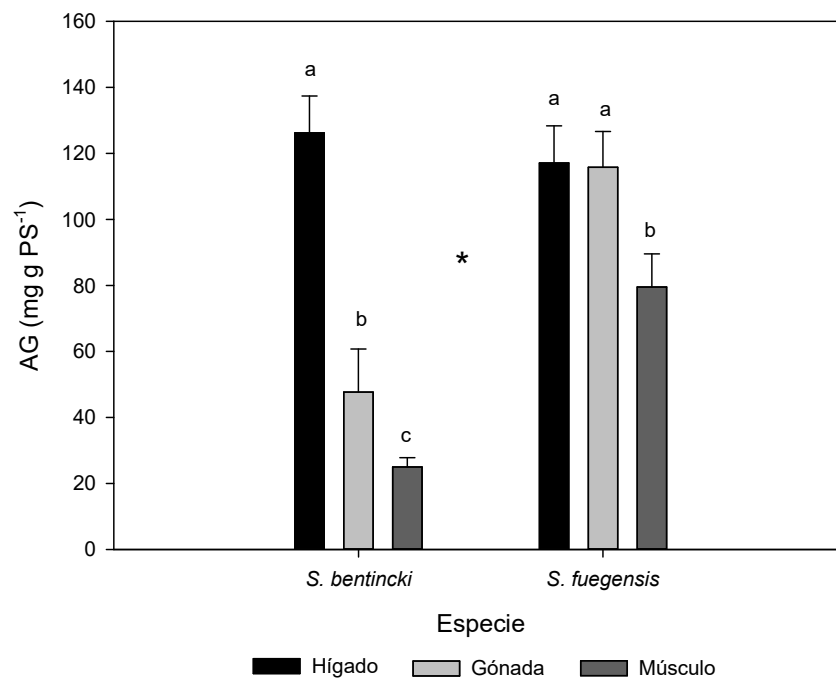


FIGURA 8

Ácidos grasos totales (mg*g PS⁻¹) de *Strangomera bentincki* y *Sprattus fuegensis* con sus respectivos tejidos (hígado, gónada y músculo). Valores promedio ± Desviación estándar (DS). Letras minúsculas (a, b, c) indican diferencias entre tejidos.

Los ácidos grasos con respecto a sus lípidos totales (mg AG* g Lípidos Totales⁻¹), *Strangomera bentincki* presenta diferencias significativas entre tejidos de los Ácidos Grasos Saturados (AGS), siendo mayor en hígado. *Sprattus fuegensis* también presenta diferencias significativas entre tejidos, siendo mayor en el hígado. También existen diferencias significativas entre especies, siendo mayor el contenido de ácidos grasos en sardina común. Dentro de los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) existen diferencias significativas entre tejidos en la sardina común, siendo mayor en hígado, mientras que en la sardina austral existen diferencias entre la gónada y el hígado, pero no entre hígado y músculo. Los ácidos grasos poliinsaturados n-3 (AGPI n-3) para

ambas especies presentan diferencias significativas, y además entre tejidos, siendo menor en hígado en ambas especies. Cabe destacar que los ácidos grasos poliinsaturados n-6 (AGPI n-6) en sardina común se encuentra presente el ácido grasos (C18:2n-6c), solo en hígado, mientras que en la sardina austral se encuentra presente el ácido graso (C18:2n-6t) en los tres tejidos.

Los ácidos grasos que se presentan en mayor concentración son el mirístico (C14:0), palmítico (AP, C16:0), esteárico (C18:0), y oleico (AO, C18:1n9). (Tabla 5)

TABLA 5

Contenido de ácidos grasos (mg AG* g Lípidos Totales-1) en tres tipos de tejido (hígado, gónada y músculo) en dos especies de sardina (*Strangomera bentincki*, *Sprattus fuegensis*); promedio ± EE.

AG	<i>S. bentincki</i>			<i>S. fuegensis</i>		
	Hígado	Gónada	Músculo	Hígado	Gónada	Músculo
C8:0	0	13,97 ± 3,42 ^A	0	3,08 ± 0,83 ^a	4,85 ± 1,03 ^{a,B}	3,74 ± 1,33 ^a
C10:0	0	0	0	0	12,56 ± 1,42	0
C11:0	0	0	0	0	7,93 ± 0,27 ^a	6,41 ± 0,7 ^b
C12:0	0	0	0	4,58 ± 0,84 ^a	4,87 ± 1,12 ^a	2,31 ± 0,6 ^b
C13:0	0	19,8 ± 6,87 ^A	0	3,78 ± 0,97 ^a	9,41 ± 0,59 ^{b,B}	11,74 ± 4,4 ^b
C14:0	25,97 ± 4,7 ^{a,A}	18,07 ± 3,01 ^{b,A}	16,08 ± 4,48 ^{b,A}	30,55 ± 2,64 ^{a,A}	29,15 ± 3,3 ^{a,B}	27,03 ± 2,4 ^{a,B}
C15:0	0	0	0	2,34 ± 0,58 ^a	0	1,96 ± 0,12 ^a
C16:0	150,4 ± 25,3 ^{a,A}	132,4 ± 28,94 ^{a,A}	104,31 ± 31,8 ^{a,A}	118,33 ± 6,69 ^{a,B}	105,02 ± 5,99 ^{a,A}	100,52 ± 7,25 ^{a,A}
C17:0	2,96 ± 0,28 ^{a,A}	0	0	3,57 ± 0,52 ^{a,A}	4,07 ± 0,29 ^a	3,59 ± 0,8 ^a
C18:0	42,89 ± 9,74 ^{a,A}	22,38 ± 7,45 ^{b,A}	7,90 ± 1,65 ^{c,A}	20,44 ± 2,59 ^{a,B}	21,94 ± 3,32 ^{a,A}	15,61 ± 3,06 ^{a,B}
C20:0	0	0	0	0	0	0
Total AGS	222,22 ± 12,7^{a,A}	206,62 ± 14,52^{b,A}	128,29 ± 17,8^{c,A}	186,67 ± 5,8^a	199,8 ± 5^{b,A}	172,91 ± 5^{c,B}
C14:1	0	0	0	3,95 ± 1,09 ^a	3,37 ± 0,7 ^a	3,79 ± 1,9 ^a
C15:1	3,89 ± 0,82 ^{a,A}	7,87 ± 1,21 ^{b,A}	0	5,17 ± 0,38 ^{a,B}	5,29 ± 0,31 ^{a,B}	4,86 ± 0,34 ^a
C16:1	23,72 ± 3,68 ^{a,A}	18,56 ± 3,08 ^{a,A}	12,44 ± 2,80 ^{b,A}	28,23 ± 3,4 ^{a,A}	30,71 ± 4,26 ^{a,B}	29,56 ± 2,90 ^{a,B}
C17:1	7,16 ± 1,99 ^{a,A}	16,75 ± 2,03 ^{b,A}	0	5,85 ± 0,93 ^{a,A}	6,88 ± 0,34 ^{a,B}	4,91 ± 1 ^a
C18:1n-9	99,59 ± 24,10 ^{a,A}	53,98 ± 7,77 ^{b,A}	54,91 ± 15,94 ^{b,A}	39,06 ± 2,29 ^{a,B}	42,67 ± 2,7 ^{a,B}	39,95 ± 3,07 ^{a,A}
C20:1	7,71 ± 1,22 ^A	0	0	25,7 ± 2,14 ^{a,B}	28,32 ± 2,47 ^a	25 ± 2,34 ^a
C22:1n-9	6,13 ± 0,21 ^A	0	0	35,19 ± 3,55 ^{a,B}	39,56 ± 5,18 ^a	36,01 ± 3,04 ^a
C24:1	0	0	0	8,29 ± 0,93 ^a	9,48 ± 0,85 ^a	8,94 ± 1,31 ^a
Total AGMI	148,2 ± 4^{a,A}	97,16 ± 5,02^{b,A}	67,35 ± 9,67^{c,A}	151,44 ± 1,7^{a,A}	166,28 ± 2^{b,B}	153,02 ± 1,8^{a,B}
C18:2n-6c	7,5 ± 1,27 ^A	0	0	0	0	0
C18:2n-6t	0	0	0	4,49 ± 0,64 ^a	4,14 ± 0,48 ^a	4,35 ± 1,27 ^a
C18:3n-6	0	0	0	0	0	0
Total AGPI _{n-6}	7,5 ± 1,27^A	0	0	4,49 ± 0,64^{a,B}	4,14 ± 0,5^a	4,35 ± 1,27^a
C20:5n-3	8,23 ± 1,32 ^{a,A}	10,68 ± 1,12 ^{a,A}	13,94 ± 8,66 ^{a,A}	8,43 ± 1,31 ^{a,A}	8,75 ± 2,39 ^{a,A}	8,68 ± 1,18 ^{a,A}
C22:6n-3	0	24,2 ± 9,80 ^{a,A}	18,86 ± 5,35 ^{a,A}	11,5 ± 1,57 ^a	15,19 ± 1,91 ^{b,A}	15,45 ± 2,75 ^{b,A}
Total AGPI _{n-3}	8,23 ± 0,08^{a,A}	34,88 ± 7,24^{b,A}	32,8 ± 4,24^{b,A}	19,93 ± 1,09^{a,B}	23,94 ± 1,72^{b,B}	24,13 ± 1,73^{b,B}
Total AGPI	15,73 ± 3,11^{a,A}	34,88 ± 5,17^{b,A}	32,8 ± 2,77^{b,A}	24,42 ± 3,55^{a,B}	28,08 ± 3,74^{a,A}	28,48 ± 4,12^{a,A}
Total AG	386,15 ± 37,01^{a,A}	318,86 ± 22,34^{b,A}	228,44 ± 19,85^{c,A}	362,53 ± 14,32^{a,A}	394,16 ± 25,63^{a,B}	354,41 ± 21,44^{a,B}

Letras minúsculas diferentes (a, b, c) en el superíndice indican diferencias significativas entre tejidos (hígado, gónada y músculo) para cada una de las especies de sardina. Letras mayúsculas diferentes (A, B) en el superíndice indican diferencias significativas en el mismo tejido entre ambas especies de sardinas (ANDEVA de una vía).

AG totales: suma total AGS- total AGMI y total AGPI; total AGS: suma C8:0-C24:0;
total AGMI: suma C14:1-C24:1; total AGPI n-6: suma C18:2n6c-C20:3n6; total AGPI
n-3: suma C20:5n3-C22:6n-3; total AGPI: suma total AGPI n-6 y AGPI n-3.

DISCUSIÓN

El análisis de lípidos totales para *S. bentincki* y *S. fuegensis* permitió determinar que existen diferencias significativas en la concentración de lípidos totales entre especies, además presentando diferencias significativas entre tejidos de la sardina común. Por otro lado, los tejidos de la sardina austral no presentaron diferencias.

Según Saborido-Rey (2006) solo un 18% del total de la energía obtenida es utilizado para el crecimiento y otro 18% para la reproducción. Esto podría explicar porque no se encontraran diferencias significativas entre tejidos de *Sprattus fuegensis*.

La FAO (1998) señala que durante todo el año, el pez sexualmente maduro gasta energía en el fortalecimiento de sus gónadas agotando las reservas de proteínas y lípidos, *Strangomera bentincki* al tener una etapa reproductiva en invierno se esperaría que tuviera una menor cantidad de lípidos totales en relación a *Sprattus fuegensis* quien tiene una etapa reproductiva que va de fines de invierno hasta verano, esto concuerda con los resultados encontrados en este trabajo.

Sprattus fuegensis se caracteriza por ser una especie grasosa, La FAO (1998) describe que las especies grasas almacenan lípidos en todas partes del cuerpo, teniendo relación con los resultados entre tejidos de la sardina austral, en donde no se encontraron diferencias.

Por otro lado, se ha mencionado que *Strangomera bentincki* posee su periodo reproductivo en invierno, el que además es corto, a diferencia de *Sprattus fuegensis* que, como indican Leal *et al* (2011) presenta un periodo más largo. Esto podría explicar también que esta sardina posea un mayor contenido lipídico.

Para el análisis de ácidos grasos se obtuvo diferencias significativas de los ácidos grasos saturados (AGS) , monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados n-6 (AGPI n-6) entre especies, siendo mayor en *Sprattus fuegensis*, los ácidos grasos poliinsaturados n-3 (AGPI n-3) no mostraron diferencias entre especies.

Jacquot (1961) describe que *Sprattus fuegensis* se clasifica como una especie con mayor contenido de grasa que *Strangomera bentincki*. Coincidiendo con los resultados en donde se muestra que la sardina austral posee una mayor cantidad de ácidos grasos totales (FIGURA 5).

Dentro de los tejidos, para ácidos grasos totales, no se encontró diferencias entre el hígado de ambas especies, si entre gónada y músculo. Entre los tejidos de la sardina común existen diferencias entre los tres tejidos, siendo mayor en hígado. En sardina austral, no mostraron diferencias entre hígado y gónada, si entre hígado- músculo y gónada-músculo.

Las diferencias en el perfil de ácidos grasos totales entre los tejidos para cada una de las sardinias (*S. bentincki* y *S. fuegensis*) podría atribuirse a que, según Arancibia *et al* (1994), *Strangomera* es un desovante parcial, al igual que *Sprattus*, por lo que almacenarían grandes reservas de energía en el hígado para desoves futuros, lo que podría explicar el por qué no se encontraron diferencias en el hígado de ambas especies. Además la sardina austral al poseer periodos reproductivos más largos, explicaría que no se encontraron diferencias entre hígado y gónada de esta especie.

Dentro de este estudio se encontró una mayor concentración de los ácidos grasos palmítico (C16:0), oleico (C18:1n9), (C22:6n-3) y (C18:2n-6). Esto coincide con lo encontrado por Leal (2007) quien obtuvo los ácidos grasos más abundantes en *Sprattus fuegensis*, los ácidos palmíticos (C16:0), oleico (C18:1), Linoleico (C18:2), docosaheptaenoico (C22:6n-3) y eicosapentaenoico (C20:5n-3).

Por otro lado Leal (2007) obtuvo una mayor cantidad de ácidos grasos Monoinsaturados, concordante con los resultados obtenidos en este trabajo donde también fueron los ácidos grasos con mayor abundancia.

CONCLUSIONES

1. *Sprattus fuegensis* presentó un mayor contenido de lípidos totales y mayor concentración de ácidos grasos totales que *Strangomera bentincki*, esto estaría relacionado al periodo reproductivo que posee la sardina austral (más prolongado: desde invierno hasta verano), por lo que tendría una mayor reserva de energía.
2. *Strangomera bentincki* presentó diferencias entre sus tejidos (hígado, gónada y músculo), presentando un mayor contenido y concentración de lípidos totales y ácidos grasos en el hígado, esto estaría relacionado a la época de recolección en la que se encontraba a comienzos del periodo reproductivo.
3. *Sprattus fuegensis* no presentó diferencias entre sus tejidos en relación a lípidos totales teniendo altos valores tanto en el hígado, como en la gónada y músculo, relacionado a que sus reservas de energía son almacenadas por todo su cuerpo, haciéndola una especie grasosa.
4. El hígado de ambas especies (*Strangomera bentincki* y *Sprattus fuegensis*) no mostró diferencias en la concentración de ácidos grasos, esto estaría relacionado a que ambas especies son desovantes parciales por lo que sus reservas en el hígado son mayores y no son invertidas completamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arana P (2012). Recursos pesqueros del mar de Chile. Escuela de Ciencias de Mar. PUCV, Valparaíso, 308pp.
- Arancibia H, L. Cubillos, J. Remmaggi y R. Alarcón. 1994. Determinación de la talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la sardina común, *Strangomera bentincki* (Norman, 1936), del área de Talcahuano, Chile. *Biología Pesquera* 23: 11-17.
- Aranis A, R Meléndez, G Pequeño, F Cerna (2007) *Sprattus fuegensis* en aguas interiores de Chiloé, Chile (Osteichthyes: Clupeiformes: Clupeidae). *Gayana* 71(1): 102-113.
- Balbontín F, R Pérez (1979) Modalidad de postura, huevos y estados larvales de *Hypsoblennius sordidus* (Bennett) en la bahía de Valparaíso (Blennidae: Perciformes). *Revista de Biología Marina. Departamento de Oceanografía. Universidad de Chile. Volumen 16 n° 3*, 311-318.
- Cequier-Sánchez E, C Rodríguez, A Ravelo, R Zárata (2008) Dichloromethane as a solvent for lipid extraction and assessment of lipid classes and fatty acids from samples of different natures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(12): 4297-4303.
- Clawson A, J Garlich, M Coffey, W Pond (1991). Nutricional, physiological, genetic, sex and age effects on fat-free dry matter composition of the body in avian, fish and mammalian species, *Jamim scie* 69, 3617–3644.
- Cubillos L, M Canales, D Bucarey, A Rojas y R Alarcón. (1999) Época reproductiva y talla media de primera madurez sexual de *Strangomera bentincki* y *Engraulis ringens* en el período 1993-1997, en la zona centro-sur de Chile. *Investigación Marina, Valparaíso*, 27: 73-85.
- Cubillos L, D Arcos, M Canales & D Bucarey (2001) Seasonal growth of small pelagic fish off Talcahuano (37°S–73°W), Chile: a consequence of their reproductive strategy to seasonal upwelling? *Aquatic Living Resources*, 14: 115-124.
- Cubillos L. & D. Arcos (2002) Recruitment of common sardine (*Strangomera bentincki*) and anchovy (*Engraulis ringens*) off central-south Chile in the 1990s and the impact of the 1997–1998 El Niño. *Aquatic Living Resources*, 15: 87-94.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Organismo Danés de fomento internacional (DANINA) (1998). El pescado fresco: su calidad y cambios de calidad. Colección FAO pesca, Roma. 29, 9-19.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2001). Directrices para la recopilación sistemática de datos relativos a la pesca de captura. 132pp.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2004). El estado mundial de la pesca y de la acuicultura. Departamento de pesca. Roma, 168 pp.
- Fennema O. (1985) Food chemistry Part I, 2nd edition New York.
- Folch J, M Lees & S Stanley (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 276: 497-509.
- Iriarte, J, H González, K Liu, C Rivas, C Valenzuela (2007) Spatial and temporal variability of chlorophyll and primary productivity in surface waters of southern Chile (41.5–43°S). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 74: 471-480.
- Iverson S (2009) Tracing aquatic food webs using fatty acids: from qualitative indicators to quantitative determination. *In Lipids in Aquatic Ecosystems*. Springer New York (pp. 281-308).
- Iverson S, C Field, W Bowen, & W Blanchard. (2004) Quantitative fatty acid signature analysis: a new method of estimating predator diets. *Ecological Monographs* 74: 211 – 235.
- Jacquot R (1961) Organic constituents of fish and other aquatic foods. In *Fish and Food* Volum. I. Edition. Barnstorm, Academic Press, New York (pp 146-192).
- Leal M (2007) Comparación de la composición proximal, mineral y perfil de ácidos grasos de productos en conserva de sardina austral *Sprattus fuegensis* (JENYNS 1842) y sardina europea Pilchardus, (Waldbaum 1792).
- Leal E, Canales M, Aranís A. y Gonzales M, (2011) Actividad reproductiva y longitud de madurez de sardina austral *Sprattus fuegensis* en el mar interior de Chiloé, Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 46 (1): 43-51.
- Malzahn AM, N Aberle, C Clemmesen, M Boersma.(2007). Limitaciones de nutrientes de los productores primarios que afecta la condición de los peces planctívoros. *Limnología y Oceanografía* 52: 2062–2071.
- Pequeño G (1986) Peces de Chile. Lista sistemática revisada y comentada. *Revista de Biología Marina* 24(2): 1-132.

- Pethybridge HR, CC. Parrish, BD. Bruce, JW Young & PD Nichols. (2014) Lipid, fatty acid and energy density profiles of white sharks: insights into the feeding ecology and ecophysiology of a complex top predator. *PloS one* 9: 97877.
- Saborido-Rey F (2006) Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Instituto de Investigaciones Marinas. Universidad de Vigo.
- Serra JR (1983) Changes in the abundance of pelagic resources along the Chilean coast. *In: G. Sharp & J. Csirke (eds.)*. Proceedings of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. FAO Fisheries Report, 291: 255-284.
- Servicio Nacional de pesca y acuicultura, Sernapesca (2017). Anuario estadístico de pesca 2016, desembarques y acuicultura.
- Simopoulos A (1991). Omega 3 fatty acids in health and in growth and development. *Amer J Clin Nutr* 54, 438-463.
- Stansby M, J Dassow (1963). Tecnología de la industria pesquera: una revisión de los métodos utilizados en la captura, conservación y tratamiento del pescado utilizado como alimento y como base de productos industriales. Editorial Acribia. Zaragoza, España, 443pp.
- Subsecretaria de pesca y acuicultura, Subpesca (2015). Información general de la sardina común, artículo 825.
- Urzúa Á & K Anger. (2011) Larval biomass and chemical composition at hatching in two geographically isolated clades of the shrimp *Macrobrachium amazonicum*: intra or interspecific variation? *Invertebrate Reproduction & Development* 55(4): 236- 246.
- Vaay R, P Mena, C Rojas (2000). Essential fatty acids in early life: structural and functional role. *The proceedings of the Nutrition Society* 59, 3-15.
- Whitehead PJ (1989) Clupeoid fishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, anchovies and wolf-herrings. Part 1. Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. FAO Fisheries Synopsis 125(7), Part 1: 1-303.

ANEXO 1: NOMBRES ÁCIDOS GRASOS.

TABLA 6
Ácidos grasos presenten en *Strangomera bentincki* y *Sprattus fuegensis* con sus respectivos nombres

Nombre común	Ácidos grasos
Caprílico	C8:0
Cáprico	C10:0
Undecanoico	C11:0
Láurico	C12:0
Tridecilico	C13:0
Mirístico	C14:0
Pentadecanoico	C15:0
Palmítico	C16:0
Heptadecanoico	C17:0
Esteárico	C18:0
Araquídico	C20:0
Miristoleato	C14:1
cis 10-pentadecenoico	C15:1
Palmitelaídico	C16:1
cis 10-heptadecenoico	C17:1
Oleico	C18:1 n -9
Eicosenoico	C20:1
Ericico	C22:1 n -9
Nervónico	C24:1
Linoléico	C18:2 n -6c
Linolelaídico	C18:2 n -6t
Gama-linolénico	C18:3 n -6
Eicosapentaenoico	C20:5 n -3
Docosahexaenoico	C22:6 n -3