



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**VARIACIÓN TEMPORAL EN LOS PERFILES DE
ÁCIDOS GRASOS DE BALLENAS AZULES
Balaenoptera musculus QUE VISITAN EL
GOLFO DE CALIFORNIA.**

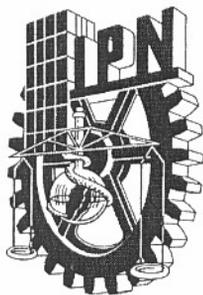
TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN
RECURSOS MARINOS

PRESENTA

NATALIA MARCELA ESPINO PÉREZ

LA PAZ, B.C.S., DE JUNIO DE 2009



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 11 del mes Junio del año 2009, el (la) que suscribe BIÓL. NATALIA MARCELA ESPINO PÉREZ alumno(a) del

Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A070310 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DRA. DIANE GENDRON LANIEL y

MC. JORGE ARTURO DEL ÁNGEL RODRÍGUEZ y cede los derechos del trabajo titulado:

"VARIACIÓN TEMPORAL EN LOS PERFILES DE ÁCIDOS GRASOS DE BALENAS AZULES

Balaenoptera musculus QUE VISITAN EL GOLFO DE CALIFORNIA"

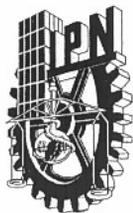
al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: natalia_12983@hotmail.com dgendron@ipn.mx delangelj@gmail.com

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

BIÓL. NATALIA MARCELA ESPINO PÉREZ

nombre y firma



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 11 del mes de Junio del 2009 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis de grado titulada:

“VARIACIÓN TEMPORAL EN LOS PERFILES DE ÁCIDOS GRASOS DE BALLENAS AZULES
Balaenoptera musculus QUE VISITAN EL GOLFO DE CALIFORNIA”

Presentada por el alumno:

ESPINO
Apellido paterno

PÉREZ
materno

NATALIA MARCELA
nombre(s)

Con registro:

A	0	7	0	3	1	0
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron *SU APROBACION DE LA TESIS*, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. DIANE GENDRON LANIEL

PRESIDENTE

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

SECRETARIO

DR. CHRISTINE JOHANNA BAND SCHMIDT

SEGUNDO VOCAL

MC. JORGE ARTURO DEL ANGEL RODRÍGUEZ
2.º DIRECTOR

TERCER VOCAL

DR. SERGIO AGUÍNIGA GARCÍA

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE



IPN
CICIMAR
DIRECCION

INDICE

RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Grasa.....	3
2.2. Ácidos Grasos (AG).....	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	6
4. HIPÓTESIS.....	6
5. OBJETIVO GENERAL.....	6
5.1 OBJETIVOS PARTICULARES.....	6
6. ÁREA DE ESTUDIO.....	7
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
7.1. Trabajo de campo.....	9
7.2. Trabajo de laboratorio.....	9
<i>Extracción de lípidos totales.....</i>	<i>10</i>
<i>Cuantificación de lípidos totales.....</i>	<i>10</i>
<i>Separación de lípidos de reserva y estructurales.....</i>	<i>11</i>
<i>Derivatización de ácidos grasos.....</i>	<i>11</i>
<i>Identificación y cualificación de AG.....</i>	<i>12</i>
<i>Cuantificación de los AG.....</i>	<i>12</i>
<i>Análisis de datos.....</i>	<i>12</i>
8. RESULTADOS.....	13
8.1. Variación mensual de lípidos totales.....	13
8.2. Variación mensual de lípidos totales por categorías.....	14

8.3. Variación mensual de los lípidos de reserva.....	14
8.4. Ácidos grasos de lípidos de reserva	15
8.4.1.- Ácidos grasos de lípidos de reserva en machos de ballena azul	17
8.4.2. Ácidos grasos de lípidos de reserva en hembras de ballena azul	21
8.4.3. Ácidos grasos de reserva en hembras lactantes de ballena azul.	25
8.5. Lípidos estructurales.....	28
8.5.1. Variación mensual de ácidos grasos de lípidos estructurales	28
9. DISCUSIÓN.....	33
9.1. Movimiento de ballena azul y monitoreo de grasa	33
9.2. Grasa	34
9.3. Ácidos Grasos de lípidos de Reserva	36
9.4. Ácidos grasos de lípidos Estructurales.	38
10. CONCLUSIONES	41
11. RECOMENDACIONES.....	42
12. LITERATURA CITADA	43
Anexo 1. Perfil de ácidos grasos en lípidos estructurales de grasa subcutánea de machos de ballena azul.	48
Anexo 2. Perfil de ácidos grasos en lípidos estructurales de grasa subcutánea de hembras de ballena azul.....	50
Anexo 3. Perfil de ácidos grasos en lípidos estructurales de grasa subcutánea de hembras lactantes de ballena azul.	52
Anexo 4. Porcentaje de lípidos en <i>Euphausia pacifica</i>	54
Anexo 5. Porcentaje de lípidos en <i>Thysanoessa spinifera</i>	55
Anexo 6. Porcentaje de lípidos en <i>Nyctiphanes simplex</i>	56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio Golfo de California.....	8
Figura 2. Porcentaje promedio de lípidos totales en grasa subcutánea de ballenas azules con respecto a los meses de muestreo en el suroeste del Golfo de California. Líneas verticales, = intervalos de confianza al 95 %.....	13
Figura 3. Variación mensual en el porcentaje de lípidos totales en grasa subcutánea de hembras y de machos de ballena azul.....	14
Figura 4. Porcentaje de lípidos de reserva en grasa subcutánea de hembras y machos de ballena azul entre meses.....	15
Figura 5. Análisis de funciones discriminantes (FDC) en lípidos de reserva entre meses de muestreo de ballena azul.....	16
Figura 6. Ácidos grasos de lípidos de reserva que mostraron un claro incremento entre el inicio y el final de la temporada en machos de ballena azul.....	20
Figura 7. Ácidos grasos de lípidos de reserva que mostraron un claro decremento entre el inicio y el final de la temporada en machos de ballena azul.....	21
Figura 8. Ácido graso 20:5 (n-3) de lípidos de reserva que mostró un claro incremento entre el inicio y el final de la temporada en hembras de ballena azul.....	24
Figura 9. Ácido graso 18:3 (n-3) de lípidos de reserva que mostró un claro decremento entre el inicio y el final de la temporada en hembras de ballena azul.....	25
Figura 10. Porcentaje de lípidos estructurales para hembras y machos de ballena azul entre meses.....	28
Figura 11. Análisis funciones discriminantes en lípidos estructurales entre meses de muestreo de ballena azul.....	29
Figura 12. Ácidos grasos de lípidos estructurales que mostraron diferencia entre grupos.....	32

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distancia entre los grupos con valores de probabilidad	16
Tabla 2. Porcentaje de clasificación por meses en lípidos de reserva.....	16
Tabla 3. Perfil de ácidos grasos en lípidos de reserva de grasa subcutánea de machos de ballena azul.....	18
Tabla 4. Perfil de ácidos grasos en lípidos de reserva de grasa subcutánea de hembras de ballena azul.	22
Tabla 5. Perfil de ácidos grasos en lípidos de reserva de grasa subcutánea de hembras lactantes de ballena azul.	25
Tabla 6. Distancia entre los grupos con valores de probabilidad.....	30
Tabla 7. Porcentaje de clasificación por meses en lípidos estructurales.	30
Tabla 8. Perfil de ácidos grasos en lípidos estructurales entre meses de grasa subcutánea.....	31

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Ácido graso: Molécula orgánica formada por una cadena hidrocarbonada en cuyo extremo hay un grupo carboxilo.

Ácido graso saturado: Ácido graso con su cadena llena de hidrógenos sin ningún enlace covalente doble en su estructura.

Ácido graso monoinsaturado: Ácido graso con un enlace covalente doble en su estructura.

Ácido graso poliinsaturado: Ácido graso con dos o más enlaces covalentes en su estructura.

Hembra lactante: hembra madura con edad mínima de 5 años, que bajo observación directa en el campo acompaña a una cría.

Lípidos: son los ácidos grasos y sus derivados, así como sustancias relacionadas a estos compuestos de manera biosintética o funcional.

Lípidos de reserva: son aquéllos lípidos que forman la principal reserva energética de los animales.

Lípidos estructurales: son aquéllos lípidos que forman las bicapas lipídicas de las membranas celulares.

Metabolismo. Conjunto de reacciones bioquímicas común en todos los seres vivos, que ocurren en las células, para la obtención e intercambio de materia y energía con el medio ambiente y síntesis de macromoléculas a partir de compuestos sencillos con el objetivo de mantener los procesos vitales (nutrición, crecimiento, relación y reproducción).

n-3: también llamados ω -3 (omega-3) debido a que presentan un doble enlace en el tercer carbono contando a partir del extremo metilo. Son los ácidos grasos derivados a partir del ácido α -linolénico por medio de elongación de la cadena o insaturación e incluye ácidos grasos como el EPA y DHA.

n-6: también llamados ω -6 (omega-6) debido a que presentan un doble enlace en el sexto carbono contando a partir del extremo metilo. Son los ácidos grasos derivados a partir del ácido linoléico por medio de elongación de la cadena o insaturación e incluye al ácido graso araquidónico.

RESUMEN

Anualmente, parte de la población de la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) del Pacífico Noreste migra de las costas de California, donde se alimenta intensamente de los eufáusidos *Euphausia pacifica* y *Thysanoessa spinifera*, hacia el Golfo de California, zona de crianza en la que su alimentación se basa principalmente en el eufáusido *Nyctiphanes simplex*. En el presente estudio, se planteó la hipótesis de que el cambio de presa debe verse reflejado en el contenido de lípidos y en el perfil de ácidos grasos (AG) de la grasa subcutánea de las ballenas azules monitoreadas en el Golfo de California. De enero a mayo del 2007 se recolectaron un total de 50 biopsias de piel y grasa en la zona suroeste del Golfo de California. En este periodo, los Lípidos Totales (LT) de las ballenas azules en conjunto mostraron una tendencia hacia un incremento, aunque no existieron diferencias significativas ($p > 0.05$), las hembras no mostraron diferencias significativas en los porcentajes de LT, pero los machos mostraron diferencia significativa entre febrero y marzo ($p < 0.05$). En los lípidos de reserva las hembras y los machos presentaron un comportamiento similar a los LT como resultado de que estos lípidos conforman del 10% al 50% de la grasa subcutánea. Se identificaron y cuantificaron 42 ácidos grasos de reserva y se realizó un análisis de funciones discriminantes (FDC) entre los meses sin distinción entre grupo (machos, hembras, hembras lactantes y crías). Dicho análisis no mostró diferencias significativas entre los meses de muestreo ($p > 0.05$), aunque se obtuvo 100% en el porcentaje de clasificación para las muestras dentro de su mes de muestreo. Para los machos ocho ácidos grasos de reserva mostraron un aumento entre el inicio y el final de la temporada mientras que dos ácidos grasos disminuyeron durante los meses de análisis. En las hembras solo incremento un ácido graso y otro disminuyó. En las hembras lactantes ningún ácido graso mostró incremento o disminución. Los lípidos estructurales no mostraron diferencia cuantitativas significativas ($p > 0.05$). Se identificaron y cuantificaron 33 ácidos grasos estructurales. Se realizó un análisis de funciones discriminantes (AFD) considerando todos los grupos en conjunto, mismo que mostró una diferencia significativa entre meses de muestreo ($p < 0.05$), formando claramente dos grupos: Febrero-Marzo y Abril-Mayo. El análisis de varianza definió que 6 ácidos grasos estructurales que pueden ser considerados biomarcadores temporales entre los dos grupos. Los ácidos grasos se ven fuertemente influenciados por los requerimientos de cada categoría y los cambios relacionados con el alimento se pueden observar después de 3 meses de que el alimento ha sido consumido.

ABSTRACT

Once a year, part of the population of blue whales (*Balaenoptera musculus*) from the Northeast Pacific migrates off California, where they feed intensively on the euphausiids *Euphausia pacifica* and *Thysanoessa spinifera*, toward the Gulf of California, a breeding area where their food is mainly based on the euphausiid *Nyctiphanes simplex*. The present study tested the hypothesis that the change of prey should be reflected in the lipid content and in the fatty acid profile of subcutaneous fat of examined blue whales in the Gulf of California. From January to May 2007, a total of 50 biopsies of skin and fat were collected in the southwestern portion of the Gulf of California. During that period, total lipids (TL) in the whole blue whales sampled showed an increasing trend without significant differences ($p > 0.05$), females did not show significant differences in the TL percentages, but the males showed significant difference between February and March ($p < 0.05$). Storage lipids in females and males showed a similar pattern to that of the TL as these lipids comprise from 10% to 50% of subcutaneous fat. A total of 42 storage fatty acids were identified and quantified and a discriminant function analysis (DFA) during the months was performed without distinction among groups (males, females, lactating females and pups). This analysis did not show significant differences among sampling months ($p > 0.05$), despite the 100% in the classification percentage for samples within months. For males eight fatty acids increased in storage lipids between the beginning and end of the season while two fatty acids decreased during the months of analysis. Only one fatty acid from storage lipids increased in females, and only one decreased. No fatty acid increased or decreased in storage lipids of lactating females. Structural lipids did not show significant quantitative differences among sampling months ($p > 0.05$). A total of 33 structural fatty acids were identified and quantified. A discriminant function analysis (DFA) was performed, without distinction among groups. A significant difference among sampling months ($p < 0.05$) was observed, clearly forming two groups: February-March and April-May. The analysis of variance determined that 6 structural fatty acids could be considered temporal biomarkers between those two groups. The fatty acids are strongly influenced by the requirements of each category and the changes related to the food can be observed 3 months after the food has been consumed.

1. INTRODUCCIÓN

Los patrones de migración de la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) del Océano Pacífico noreste aún no están bien definidos. Basándose en información de capturas y cruceros realizados fuera de las costas de California y Baja California, Rice (1974), describió el movimiento de la ballena azul desde el Golfo de Alaska y el sur de las Islas Aleutianas durante el verano hacia las costas de California en otoño y Baja California en el invierno. Una década después a partir de los años 80's la distribución de la ballena azul aparentemente se ha modificado, ya que se le empezó a observar con frecuencia fuera de California área en la cual durante el otoño se alimenta intensamente de eufáusidos de las especies *Euphausia pacifica* y *Thysanoessa spinifera* (Fiedler *et al.*, 1998).

Sin embargo existen registros de las temporadas de caza donde se observaba a las ballenas azules alimentándose en diferentes zonas desde Alaska y al sur de las Isla Aleutianas (Nemoto, 1957), las costas de Baja California (Gendron, 2002) hasta el Domo de Costa Rica (Reilly y Thayler, 1990). Lo que confirma que al menos, la población del Pacífico Noreste tiene una amplia zona de alimentación.

Parte de la población de la ballena azul del Pacífico Nororiental de migra anualmente al Golfo de California durante invierno y primavera, región que es considerada como zona de crianza y alimentación (Gendron, 2002). A partir de la información basada en marcas por satélite (Mate *et al.*, 1999), esta migración dura aproximadamente un mes, lapso en el cual los animales tienen un alto consumo de energía proveniente de la grasa que aparte de cumplir otras funciones importantes en el organismo es un importante almacén de energía de reserva.

Los hábitos alimentarios de la ballena azul en el Golfo de California se han determinado usando diferentes técnicas: inicialmente, con registros visuales de ballenas alimentándose en superficie de agregaciones de eufáusidos, (Gendron, 1992; 2002). Por medio del análisis del contenido en heces (Del Ángel-Rodríguez, 1997; Mejía-Acosta, 2003), se describieron y midieron mandíbulas de eufáusidos, lo

que les permitió confirmar que la ballena azul se alimenta principalmente del eufáusido *Nyctiphanes simplex* y en menor proporción de *Nematoscelis difficilis* durante su estancia en el Golfo de California.

Adicionalmente, la comparación entre las señales isotópicas de C y N obtenidas en la piel de tres rorcuales (Gendron *et al.*, 2001) concluyen que el nivel trófico de la ballena azul es consistente con una alimentación basada en eufáusidos. Posteriormente se describió la variación en la señal isotópica de la piel de ballena azul demostrando que el cambio en la señal isotópica de la piel de ballena azul proveniente del alimento ingerido en el pasado, fuera de California, al alimento del Golfo de California registros durante sus movimiento entre estas zonas de alimentación (Busquets-Vass *et al.*, 2006). Esto permitió determinar el tiempo de recambio de la piel de esta especie de aproximadamente 3 meses gracias a los registros isotópicos durante sus movimientos entre zonas de alimentación.

Otra técnica aplicada en el estudio, sobre la alimentación de la ballena azul del Golfo de California se realizó a partir de los ácidos grasos (AG) estructurales y de reserva contenida en la grasa de biopsias de ballena azul. Se encontraron marcadas diferencias entre los perfiles de AG de hembras, machos, hembras lactantes y crías lo cual, sugiere que el metabolismo de los individuos de cada sexo y grupo de madurez tiene un efecto en la transformación y utilización de los AG (Rueda –Flores *et al.*, 2007).

La cuantificación de AG de reserva ha demostrado ser una herramienta útil para indicar aspectos de la composición de la dieta de mamíferos marinos así como marcadores biológicos en peces y copépodos (Iverson *et al.*, 1997).

Con base al historial de avistamientos de los individuos de ballenas azules (1993-2007) aunado al amplio muestreo de biopsias de grasa recolectadas durante la temporada 2007 se plantea determinar el perfil típico de AG provenientes de eufáusidos del Golfo de California y diferenciarlos de los reportados para las especies de eufáusidos de California. Se espera observar, a lo largo de la temporada, un cambio en los perfiles de AG, modificación que permitirá determinar el

período de recambio en el tejido graso de la ballena azul proveniente de la dieta ingerida en diferentes zonas de alimentación.

2. ANTECEDENTES

2.1. Grasa

El material comúnmente conocido como grasa está constituido por lípidos que sirven como material de reserva de energía y se encuentran en el tejido adiposo, que es un tejido conjuntivo ubicado bajo la dermis en cantidades variables (Daintith, 2001).

En mamíferos marinos la grasa cumple diferentes funciones como dar forma al cuerpo, aislante térmico, ayudar en la flotabilidad, protección de los órganos y la más importante que es almacenar energía de reserva (Iverson., 2002; Samuel *et al.*, 2004) la cual es utilizada durante los viajes de migración.

2.2. Ácidos Grasos (AG)

Los ácidos grasos son ácidos orgánicos formados por una cadena de átomos de carbono de una longitud variable que tienen en un extremo un radical carboxilo, lo que confiere el carácter de ácido orgánico, y son las estructuras básicas de los lípidos, algunos de los cuales provienen de la dieta y son conocidos como AG esenciales (Lehninger, 1993)

Los AG tienen tres funciones principales en los organismos: 1) como reserva energética en depósitos grasos constituyendo ceras y triglicéridos, 2) como elementos estructurales de las membranas celulares, tilacoidales y membranas subcelulares, 3) y como precursores de eicosanoides (sustancias parecidas a las hormonas) que regulan procesos de inflamación, vasodilatación y coagulación. (Villem, 1977; Lehninger, 1993; Christie, 2003).

El análisis de AG es una técnica que se ha utilizado como herramienta para indicar aspectos de la composición de la dieta en mamíferos marinos (Iverson *et al.*, 1997). Esto se basa en el principio de que los AG presentes en la presa se reflejaran casi sin modificaciones en los perfiles del depredador (Budget *et al.*, 2006). Los AG los podemos encontrar en los organismos como: 1) firma, cuando el perfil completo de la presa pasa al depredador sin ninguna alteración, 2) huella, algunos AG de la presa pasan al depredador con poco cambio, y como 3) biomarcadores, que es un AG que pasa de la presa al depredador sin cambio alguno.

Esta técnica aplicada en estudios de alimentación de fócidos y otáridos ha mostrado ser útil en la determinación de la variabilidad espacial y temporal de la dieta de estos depredadores (Iverson *et al.*, 2001). Por ejemplo Iverson *et al.* (1997) observaron una alta correlación en los perfiles de AG de grasa de focas vitulinas y sus presas en Alaska. A partir de plasma en crías en lobo marino de California (*Zalophus californianus*) Cupa-Cedillo (2007) encuentra que se forman tres grupos distintos de acuerdo al perfil de AG atribuido a distintas dietas de las madres. En grasa de foca anillada (*Phoca hispida*) Thiemann *et al.* (2007) observan un cambio en los perfiles de los AG dado a las diferentes zonas demográficas de alimentación dentro del Ártico Canadiense.

En biopsias de grasa de ballena jorobada (*Megaptera novaengliae*) y ballena de aleta (*Balaenoptera physalus*) en el Golfo de San Lorenzo, Borobia *et al.* (1995) observan que aunque ambas especies aparentan tener hábitos alimenticios similares, el análisis de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ en grasa revela que la ballena jorobada se encuentra en un nivel trófico mayor que la ballena de aleta lo que refleja una diferencia en la dieta de ambas especies en esta área.

Sin embargo existen estudios que muestran una alta variación en la composición de la grasa, incluso hay autores que afirman que ésta puede ser tan compleja como la diversidad de presas aunado a los procesos metabólicos del depredador (Grahl-Nielsen y Mjaavatten, 1991). En una comparación de los perfiles de AG de osos polares (*Ursus maritimus*) del mar de Barents y sus presas, Grahl-Nielsen *et al.* (2003) no encontraron correlación directa entre los depredadores y sus

presas. Otro trabajo realizado por Grahl-Nielsen y Mjaavatten (1991) tampoco encuentra una correlación entre los perfiles de AG de focas en cautiverio a las que se les realizó un cambio de dieta.

Por otro lado, se ha mostrado que el análisis de AG puede ser útil para identificar stocks o poblaciones ya que encuentran diferencias entre los perfiles de AG en ballena minke (*Balaenoptera acutorostrata*) capturadas en el mar Noruego y en el mar del Norte, coincidiendo con la diferenciación de estas poblaciones por la Comisión Ballenera Internacional (Olsen y Grahl- Nielsen., 2003).

Se ha estudiado en detalle la relación entre los perfiles de AG en grasa de hembras y crías de belugas (*Delphinopterus leucas*) en cautiverio por Birkeland *et al.*, (2005) los cuales observaron que el perfil de AG de las crías es diferente al de sus madres a pesar de que su única fuente de alimento es la leche. Sin embargo observaron que el cambio en los perfiles de las crías era paulatino y que se asemeja al de las hembras conforme van creciendo. Lo anterior coincide con lo reportado por West *et al.* (1979) que mencionan que algunos de los factores que influyen en la regulación de la grasa relacionada al alimento son el sexo, el estado reproductivo y la edad del individuo.

3. JUSTIFICACIÓN

Considerando que las ballenas azules pueden ser considerada como una especie biomonitora y que los constantes cambios que surgen en el ecosistema pudieran tener un efecto sobre los hábitos alimentarios y de migración en las ballena azules, es importante conocer el tiempo de recambio en el perfil de AG de la ballena azul lo cual nos permitirá diseñar mejores muestreos para inferir cambios en su alimentación que puedan estar asociados a cambios en el ecosistema.

4. HIPÓTESIS

Existe una variación en los lípidos estructurales y de reserva así como en los perfiles de AG en la grasa subcutánea formada en distintas áreas de alimentación de la ballena azul.

5. OBJETIVO GENERAL

Determinar la variabilidad temporal en el perfil de AG de ballena azul (*Balaenoptera musculus*) en el Golfo de California.

5.1 OBJETIVOS PARTICULARES

- Comparar los perfiles de AG de ballena azul muestreadas al inicio y final de la temporada 2007 y por categorías (machos, hembras, hembras lactantes y crías).
- Cuantificar y comparar el porcentaje de lípidos estructurales y de reserva en grasas de ballena azul por categorías a lo largo de la temporada 2007.
- Correlacionar el perfil de AG de la ballena azul con los de sus presas en dos zonas de alimentación: el Golfo de California donde se alimenta de los eufáusidos *Nyctiphanes simplex* y *Nematoscelis difficilis*, y de la costa de California donde se alimenta de los eufáusidos *Euphausia pacifica* y *Thysanoessa spinifera*.

6. ÁREA DE ESTUDIO

El Golfo de California comprende entre los 31°53' -20°27' latitud norte y los 114°54' - 105°38' longitud oeste. Se encuentra en una zona subtropical de alta productividad primaria propiciada por las características hidrográficas de esta región (Álvarez-Borrego, 1983). Al Oeste está limitado por la Península de Baja California y al Este por los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco.

Desde el punto de vista oceanográfico el Golfo de California puede dividirse en cuatro provincias diferentes:

Golfo superior: comprende desde la desembocadura del Río Colorado hasta la Isla Tiburón. En el verano se encuentran altos valores de temperatura y salinidad debidos al calentamiento solar y a la evaporación (De la Lanza-Espino 1991). Durante el invierno prevalecen condiciones inversas presentándose en esta zona las temperaturas superficiales mínimas para el Golfo de California (Soto-Mardones *et al.*, 1999).

Canal de Ballenas y Fosas Salsipuedes: Situado entre las Islas Ángel de la Guarda, San Lorenzo y la costa de Baja California zona que presenta corrientes de marea longitudinales, provocando elevadas temperaturas en el fondo, así como corrientes que propician fuertes mezclas a lo largo de la columna de agua (De la Lanza-Espino 1991).

Golfo Inferior: Se localiza entre la Isla Tiburón y una línea imaginaria entre Mazatlán y Cabo San Lucas. Su temperatura a 100 m de profundidad de 14° C.

Entrada del Golfo: Limita la costa de México entre Mazatlán y Cabo Corrientes y dos líneas imaginarias desde Cabo San Lucas. Sus temperaturas son moderadas debido ala entrada de aguas del Pacífico (De la Lanza-Espino 1991).

Durante invierno predominan vientos del sureste, las surgencias son más y junto con los giros, propician un incremento en la productividad primaria (Santamaría-Del Ángel *et al.*, 1994).

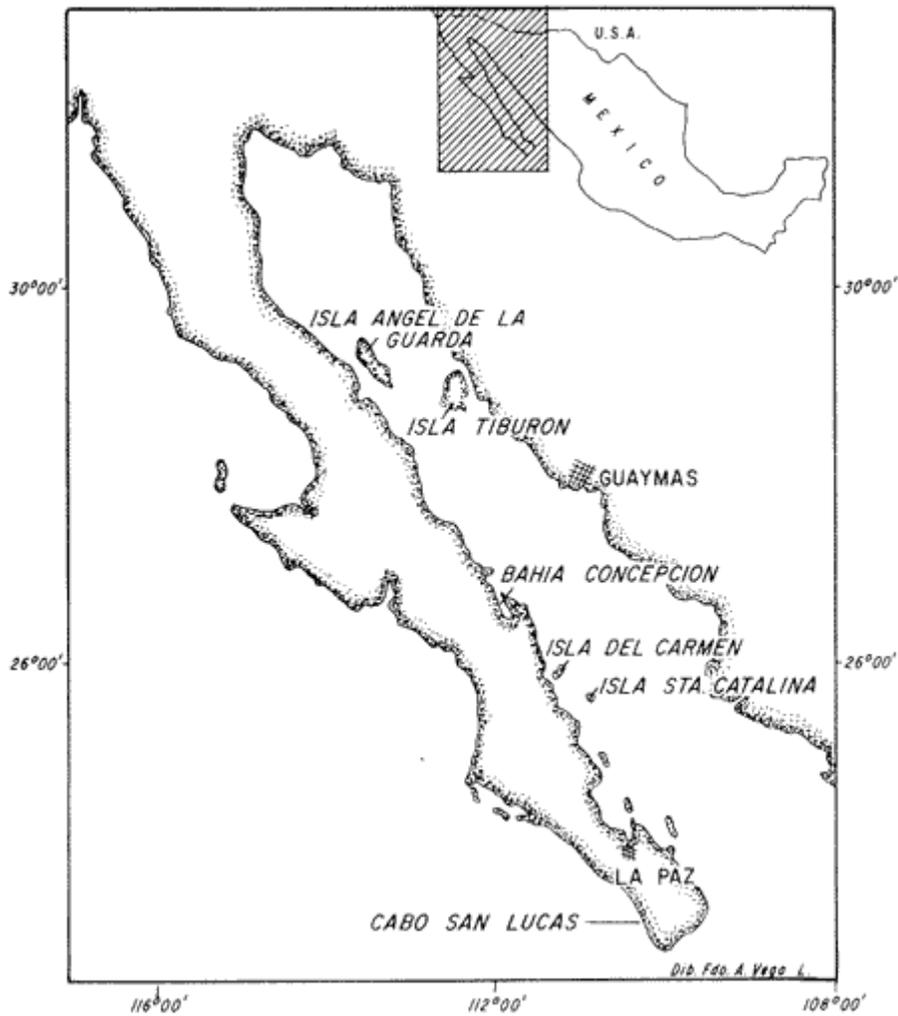


Figura 1. Área de estudio Golfo de California

7. MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras que se utilizaron fueron tomadas del banco de tejido de ballena azul del CICIMAR recolectadas durante la temporada de Enero a Mayo de 2007.

7.1. Trabajo de campo

Se realizaron salidas no sistemáticas de entre tres y cinco días a bordo de la lancha CICIMAR XV de motor diesel de 9 m de eslora en la zona Loreto-La Paz, realizando un esfuerzo de búsqueda para encontrar ballenas azules. Después de identificar por fotografía al individuo (Sears *et al.*, 1990) se procedió a la toma de la biopsia de piel y grasa. Las muestras se obtuvieron por medio de una ballesta y una flecha con punta modificada de acero inoxidable de 7 mm de diámetro y 40 mm de largo (Gendron, 2002). Las muestras se expulsaron de la punta con ayuda de un palillo esterilizado para colocarse en papel aluminio estéril dentro de un vial criogénico de 10 mL. Todas las muestras fueron congeladas inmediatamente en nitrógeno líquido (-196° C) para después ser almacenadas a -70° C hasta su análisis en el laboratorio.

Durante las salidas se tomaron datos complementarios en las bitácoras de avistamiento correspondientes considerando la hora, las coordenadas con un GPS, asociaciones con otros individuos e información referente a fotografías, biopsias y otras muestras (heces, eufáusidos, etc.).

7.2. Trabajo de laboratorio

En el laboratorio se realizó un corte longitudinal de la biopsia de ballena azul con un bisturí estéril, sobre un cubo de hielo cubierto con papel aluminio para evitar el descongelamiento de la grasa y que esta sufriera algún tipo de oxidación. Posteriormente se pesó la submuestra de grasa de aproximadamente 50 mg, la

cual se colocó en un vial Ependorff y se almacenó en congelación a -70° C hasta su procesamiento.

Extracción de lípidos totales

El primer proceso al que se sometió la submuestra fue a la extracción de lípidos totales utilizando la técnica de Folch *et al.* (1967) la cual fue la mas eficiente para la extracción de lípidos de la grasa de ballena azul (Rueda –Flores, 2007). Se utilizó una solución de cloroformo: metanol (2:1), dentro de la cual se trituraron 50 mg de submuestra con un bisturí estéril. Se le agregó 3.15 mL de solución Folch, y 5 μ L de BHT (Butil hidroxitolueno) para evitar la oxidación de los lípidos y se dejó reposar por 24 h.

Pasadas las 24 h se agregó 0.6 mL de agua destilada, esperando a que la solución se separara en dos fases, posteriormente se retiro la fase superior con ayuda de una pipeta Pasteur, para después agregar 1.5 mL de la solución llamada fase superior, y hacer 3 lavados retirando la parte superior. Después de realizar los lavados se agrego 0.65 mL de metanol obteniendo una solución de una sola fase. Finalmente esta solución fue filtrada utilizando pipetas Pasteur rellenas de fibra de vidrio y se seco con nitrógeno gaseoso para ser resuspendida en 1 mL de cloroformo.

Cuantificación de lípidos totales

Para la cuantificación de lípidos totales se utilizo la metodología propuesta por Marsh y Weinstein (1966) tomando una alícuota de 10 μ L del extracto resuspendido en 1 mL de cloroformo. Se secó con nitrógeno gaseoso y se agregaron 2 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, también se preparó una muestra blanco en la cual solo se agregaron 2mL de ácido sulfúrico, para después ser introducidas a la mufla a una temperatura de 200° C por 15 minutos. Una vez fuera de la mufla se dejaron enfriar a temperatura ambiente (5 minutos) y luego en agua con hielo (5minutos). Se agregó 3 mL de agua destilada, después se introdujeron en agua con

hielo hasta la desaparición de las burbujas formadas por el agua destilada (10 minutos). Finalmente se realizó la lectura de lípidos totales en un espectrofotómetro a 375 nm.

Separación de lípidos de reserva y estructurales

La parte restante del extracto se utilizó para llevar a cabo una separación entre lípidos de reserva y estructurales siguiendo la técnica de goteo constante propuesta por Palacios *et al.* (2001) y Christie, (2003). Los 990 μ L restantes se secaron con Nitrógeno gaseoso y fueron resuspendidos en 0.5 mL de cloroformo los cuales se agregaron en una pipeta Pasteur rellena de fibra de vidrio y silica gel que fue unida a una bureta en la que se agregaron 10mL de cloroformo para obtener los lípidos de reserva. Después se agregaron 15mL de metanol para obtener los lípidos estructurales.

Derivatización de ácidos grasos

El siguiente proceso, fue la extracción de AG a los lípidos de reserva y estructurales mediante una derivatización. Las clases lipídicas se sometieron a una metanólisis en la cual se les agrega 2.5 mL de solución de cloroformo: metanol (5:95 v/v) y se colocan 2.5 hr. en baño María a 85°C. De esto se obtienen metil-ésteres los cuales se extraen con 1.5 mL de hexano procedimiento que se realiza 2 veces. Los metil-ésteres obtenidos se lavaron adicionando 2 mL de agua destilada en donde se formaron 2 capas, de las cual se extrajo la capa inferior (formada por agua destilada), utilizando una pipeta Pasteur burbujeando. El lavado se realizó dos veces para quitar las impurezas que queden de la derivatización. Los metil-ésteres se separaron del hexano con una pipeta Pasteur pasándolo a otro tubo y se secaron con nitrógeno gaseoso. Posteriormente fueron resuspendidos en hexano para tomar una alícuota de 250 μ L del extracto y finalmente ser inyectados en un cromatógrafo de gases-espectrómetro de masas (GC-MS).

Identificación y cualificación de ácidos grasos

Una vez inyectados los AG se obtuvo un cromatograma con un perfil y un espectro de masas para cada AG, con los que se realizó la identificación y cuantificación de los AG para las muestras de grasa subcutánea de ballena azul.

La identificación de cada AG presente en la muestra se llevo a cabo comparando el tiempo de retención (tiempo que tarda en detectarse el pico del AG después del ser inyectado), los picos presentes se compararon con un estándar de 36 AG. Para corroborar se realizó una identificación con el programa Varian y con los espectros de la biblioteca NIST 2002.

Cuantificación de los ácidos grasos

La cuantificación de los AG presentes se llevo a cabo utilizando el área bajo la curva, esta área se relaciona con la concentración de los 36 estándares de AG. Finalmente los perfiles obtenidos serán correlacionados con los de sus presas en las dos zonas de alimentación el Golfo de California y en California.

Análisis de datos

Los datos de las concentraciones [$\mu\text{g}/\text{mL}$] se transformaron en porcentajes, los cuales a su vez fueron transformados utilizando la función arco seno de su raíz cuadrada con la finalidad de reducir la heterogeneidad en las varianzas (Zar, 1999).

Se realizaron las pruebas de normalidad y de homocedasticidad cuando los datos no cumplieron los supuestos para realizar pruebas paramétricas se aplicó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Los datos estadísticos se llevaron a cabo con el programa STATISTICA ver 7.0.

8. RESULTADOS

8.1. Variación mensual de lípidos totales

Para el caso de los lípidos totales, las pruebas de normalidad mostraron que los datos son normales ($p > 0.20$), sin embargo al realizar la prueba de homocedasticidad se observó que los datos no cumplen este supuesto ($p < 0.05$), por lo que se aplicó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($H(4, N=51) = 6.77$ $p = 0.148$) misma que no provee de evidencia para considerar que el porcentaje de lípidos totales varía en los cuatro meses de muestreo, al considerar a todas las categorías en conjunto. Al considerar a todas las categorías en conjunto ($p > 0.05$), no obstante, se observa una clara tendencia a incrementar el porcentaje de lípidos conforme avanza la temporada, desde el 20% hasta casi el 50% del peso total de la grasa subcutánea (Fig.2), lo que sugiere cierto grado de acumulación de reservas y es consistente con un área de alimentación.

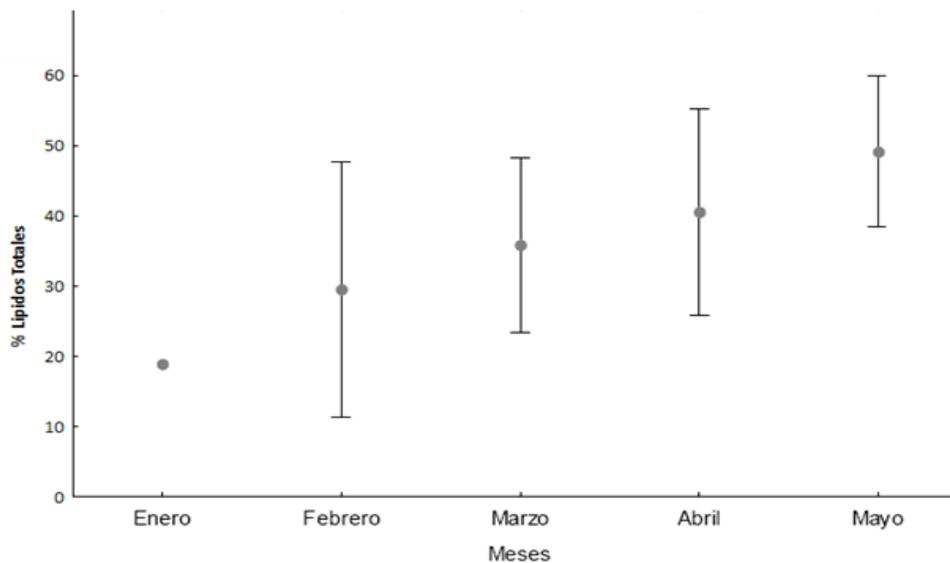


Figura 2. Porcentaje promedio de lípidos totales en grasa subcutánea de ballenas azules con respecto a los meses de muestreo en el suroeste del Golfo de California. Líneas verticales, = intervalos de confianza al 95 %.

8.2. Variación mensual de lípidos totales por categorías.

Para eliminar la variación debida a las diferencias fisiológicas entre hembras y machos, se comparó el porcentaje de lípidos totales por sexos. Mientras que no se encontró diferencia significativa ($p > 0.05$) para las hembras se mantuvieron alrededor del 20%, para los machos se observa una tendencia significativa de febrero a mayo de aumentar su porcentaje de lípidos totales entre meses y una diferencia significativa entre febrero y mayo (Fig. 3), lo que sugiere que las diferencias fisiológicas entre sexos pueden enmascarar parte de la variación temporal.

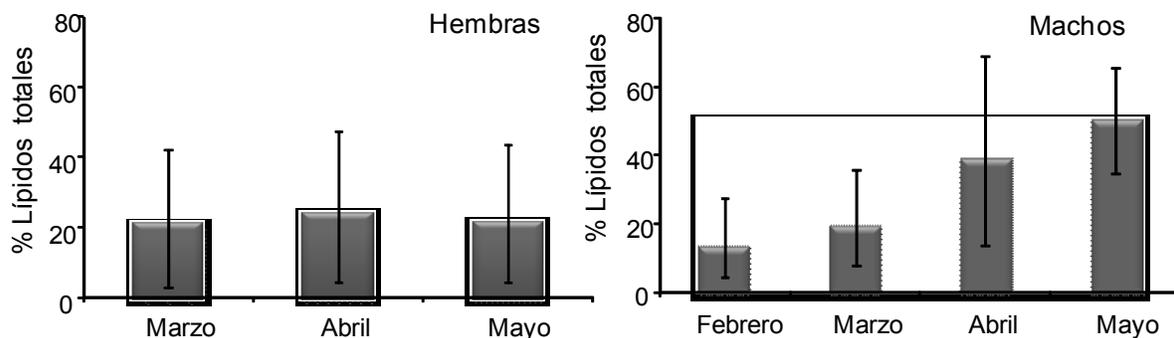


Figura 3. Variación mensual en el porcentaje de lípidos totales en grasa subcutánea de hembras y de machos de ballena azul.

8.3. Variación mensual de los lípidos de reserva

Los resultados muestran que la grasa subcutánea de ballena azul está compuesta principalmente por lípidos de reserva (entre el 10 y el 50 % del peso total), mientras que los lípidos estructurales contribuyen con menos del 2.5 % del peso total. Resulta lógico observar que los lípidos de reserva tuvieron un comportamiento semejante al observado para lípidos totales, ya que para las hembras no se encontraron diferencias significativas entre meses para los lípidos de reserva, mientras que en los

machos la diferencia fue consistente con un incremento de reservas de febrero a mayo final de la temporada ($p=0.01941$).

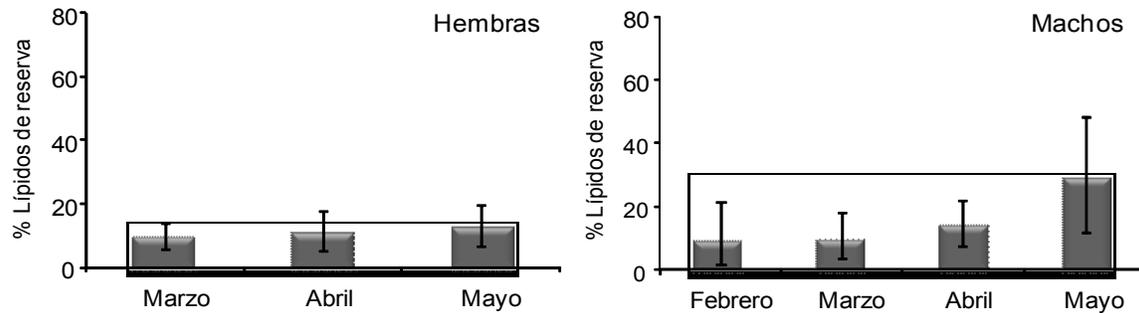


Figura 4. Porcentaje de lípidos de reserva en grasa subcutánea de hembras y machos de ballena azul entre meses.

8.4. Ácidos grasos de lípidos de reserva

Además de las diferencias cuantitativas, las diferencias cualitativas en los lípidos de reserva pueden ayudar a explicar que compuestos en particular son responsables del incremento de las reservas de la grasa subcutánea y nos permiten conocer si existen correlaciones entre los componentes presentes en el depredador y aquellos típicos de la presa. Los AG saturados (SFA) y monoinsaturados (MFA) se encontraron en mayores proporciones que los ramificados y los poliinsaturados en los cuatro meses analizados. Utilizando los 42 AG de reserva (Ver anexos) detectados se realizó un análisis de funciones discriminantes (FDC) sin distinción entre grupo (machos, hembras, hembras lactantes y crías). Dicho análisis no mostró una diferencia significativa entre los meses de muestreo (Lambda de Wilk's: 0.00146 $F_{(126,15)} = 98976$ $p < .54969$) (Fig. 5), sin embargo podemos observar una clara tendencia a la agrupación de las muestras entre meses de análisis así como un 100% de confianza en la matriz de clasificación (Tabla 2).

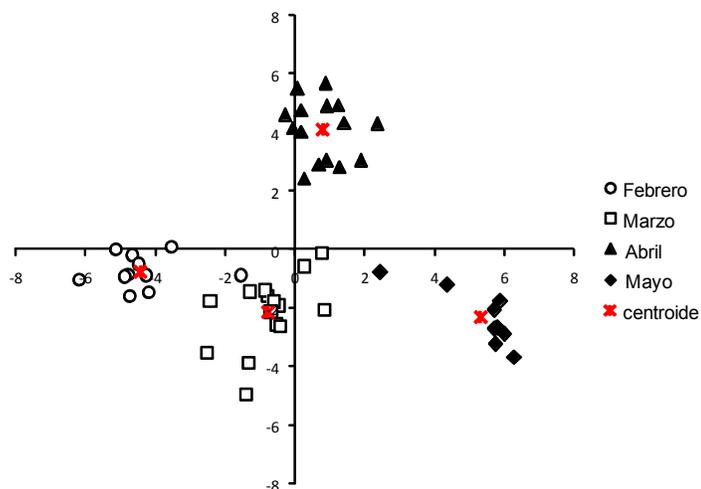


Figura 5. Análisis de funciones discriminantes (FDC) en lípidos de reserva entre meses de muestreo de ballena azul.

	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Febrero		0.719944	0.574172	0.447556
Marzo	0.719944		0.614176	0.625474
Abril	0.574172	0.614176		0.574628
Mayo	0.447556	0.625474	0.574628	

Tabla 1. Distancia entre los grupos con valores de probabilidad

	Porcentaje Correcto	Febrero p=0.22000	Marzo p=0.30000	Abril p=0.30000	Mayo p=0.18000
Febrero	100	11	0	0	0
Marzo	100	0	15	0	0
Abril	100	0	0	15	0
Mayo	100	0	0	0	9
Total	100	11	15	15	9

Tabla 2. Porcentaje de clasificación por meses en lípidos de reserva.

Se ha demostrado que existen diferencias en el perfil de AG de las diferentes categorías (Rueda-Flores, 2007), por lo que es probable que las diferencias entre grupos enmascaren las diferencias temporales. Sin embargo, no es posible hacer un análisis de funciones discriminantes para cada grupo empleando 42 variables (AG) ya que ello reduce notablemente el número de muestras por mes. Por ello se optó por el análisis de varianza para comparar la variación mensual de cada categoría por separado.

En el caso de las hembras lactantes debido al bajo número de muestras, se agruparon los meses de abril y mayo en un solo mes. Para la categoría de las crías no se realizó el análisis de varianza ya que el número de muestra fue muy bajo (2).

8.4.1.- Ácidos grasos de lípidos de reserva en machos de ballena azul.

Los perfiles de AG de los machos presentaron diferencias temporales significativas ($p < 0.05$) en 18 AG, de los cuales 8 mostraron un aumento consistente entre el inicio y el final de la temporada: 24:0, 17:1(n-7), 20:1(n-7), 22:1(n-7), iso-17:0, 20:3(n-3), 22:4(n-3) 22:5(n-6), así como el total de los (n-3). Por otra parte, el 16:1(n-7) típico de diatomeas y el 20:1(n-9) disminuyeron de febrero a mayo (Fig. 7).

Tabla 3. Perfil de ácidos grasos en lípidos de reserva de grasa subcutánea de machos de ballena azul.

Ácido Graso	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
14:0	3.5 ± 1.3	3.9 ± 1.4	4.7 ± 1.2	4.5 ± 1.7
15:0	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.2	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.2
16:0	17.2 ± 5.6	16.2 ± 5.4	18.0 ± 4.5	19.8 ± 6.6
17:0	1.1 ± 0.4	0.8 ± 0.4	0.7 ± 0.3	0.6 ± 0.3
18:0	5.3 ± 2.4	3.7 ± 2.1	3.7 ± 1.6	1.8 ± 1.6
19:0	0.7 ± 0.4	0.3 ± 0.2	0.4 ± 0.2	1.6 ± 0.7
20:0	0.4 ± 0.2	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.1
23:0	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.2
24:0	1.7 ± 0.4	1.8 ± 0.4	1.8 ± 0.3	3.0 ± 0.6
S SFA	32.0 ± 8.8	28.0 ± 8.5	31.8 ± 7.0	32.5 ± 9.9
a-iso 14:0	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
iso 15:0	0.4 ± 0.3	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1
iso 16:0	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
a-iso 16:0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
Fitánico	0.5 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.1	0.6 ± 0.3
iso 17:0	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.2	1.7 ± 0.6
Σ BFA	2.1 ± 0.7	1.5 ± 0.6	1.3 ± 0.5	3.1 ± 1.0
14:1(n-5)	0.6 ± 0.3	0.7 ± 0.3	0.7 ± 0.3	0.5 ± 0.3
16:1(n-9)	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
16:1(n-7)	15.9 ± 5.4	13.1 ± 5.0	15.1 ± 4.2	4.4 ± 3.4
16:1(n-5)	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
17:1(n-7)	0.7 ± 0.2	1.0 ± 0.3	0.8 ± 0.2	3.3 ± 0.6
18:1(n-9)	25.0 ± 6.4	32.5 ± 6.9	25.6 ± 5.1	22.9 ± 6.9
18:1(n-7)	4.8 ± 1.1	5.7 ± 1.2	6.5 ± 1.0	5.0 ± 1.3
18:1(n-5)	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.2
20:1(n-9)	1.1 ± 0.4	1.3 ± 0.4	1.2 ± 0.3	0.4 ± 0.3
20:1(n-7)	0.3 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.3 ± 0.2	1.3 ± 0.6
22:1(n-9)	0.53 ± 0.27	0.19 ± 0.17	0.51 ± 0.21	0.04 ± 0.09
22:1(n-7)	0.3 ± 0.4	0.2 ± 0.3	0.1 ± 0.2	2.1 ± 1.0
Σ MFA	51.6 ± 8.0	56.4 ± 7.9	50.2 ± 6.3	42.7 ± 8.8
16:2 (n-4)	0.4 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.2
18:2(n-6)	1.7 ± 0.3	1.8 ± 0.3	1.4 ± 0.2	1.8 ± 0.3
20:2(n-6)	0.9 ± 0.7	1.1 ± 0.8	2.3 ± 0.9	2.7 ± 1.4
22:2(n-6)	0.7 ± 0.6	0.8 ± 0.6	1.7 ± 0.7	2.0 ± 1.1
Σ PUFA	3.9 ± 1.4	4.1 ± 1.4	6.1 ± 1.4	6.9 ± 2.0
n	5	5	8	4

Tabla 3. Continuación

Ácido Graso	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
16:3(n-4)	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1
18:3(n-4)	0.3 ± 0.3	0.3 ± 0.3	0.3 ± 0.2	1.0 ± 0.5
18:3(n-3)	0.7 ± 0.3	1.0 ± 0.4	0.9 ± 0.3	0.4 ± 0.3
20:3(n-6)	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.2
20:4(n-6)	1.0 ± 0.5	1.1 ± 0.6	0.9 ± 0.4	0.8 ± 0.5
20:3(n-3)	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.4 ± 0.2	1.2 ± 0.5
20:5(n-3)	1.0 ± 0.6	0.8 ± 0.5	1.6 ± 0.6	1.8 ± 0.9
21:5(n-3)	0.3 ± 0.2	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1
22:5(n-6)	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.2	1.7 ± 0.8
22:4(n-3)	0.3 ± 0.3	0.2 ± 0.3	0.5 ± 0.3	1.4 ± 0.7
22:6(n-3)	4.2 ± 1.9	5.2 ± 2.2	4.2 ± 1.5	4.3 ± 2.2
Σ HUFA	9.1 ± 3.4	9.5 ± 3.5	10.1 ± 2.8	13.9 ± 4.6
Σ (n-3)	7.0 ± 2.8	7.6 ± 2.9	8.1 ± 2.4	9.5 ± 3.6
Σ (n-6)	5.0 ± 1.7	5.2 ± 1.7	7.2 ± 1.6	9.6 ± 2.6
Σ(n-3)/Σ(n-6)	1.5 ± 0.6	1.5 ± 0.6	1.2 ± 0.4	1.0 ± 0.5
EPA/DHA	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.1	0.4 ± 0.2	0.5 ± 0.3
n	5	5	8	4

¹ La tabla muestra los promedios con su respectivo intervalo de confianza al 95% para cada ácido graso en cada mes.

² Los promedios marcados en negritas son significativamente mayores de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

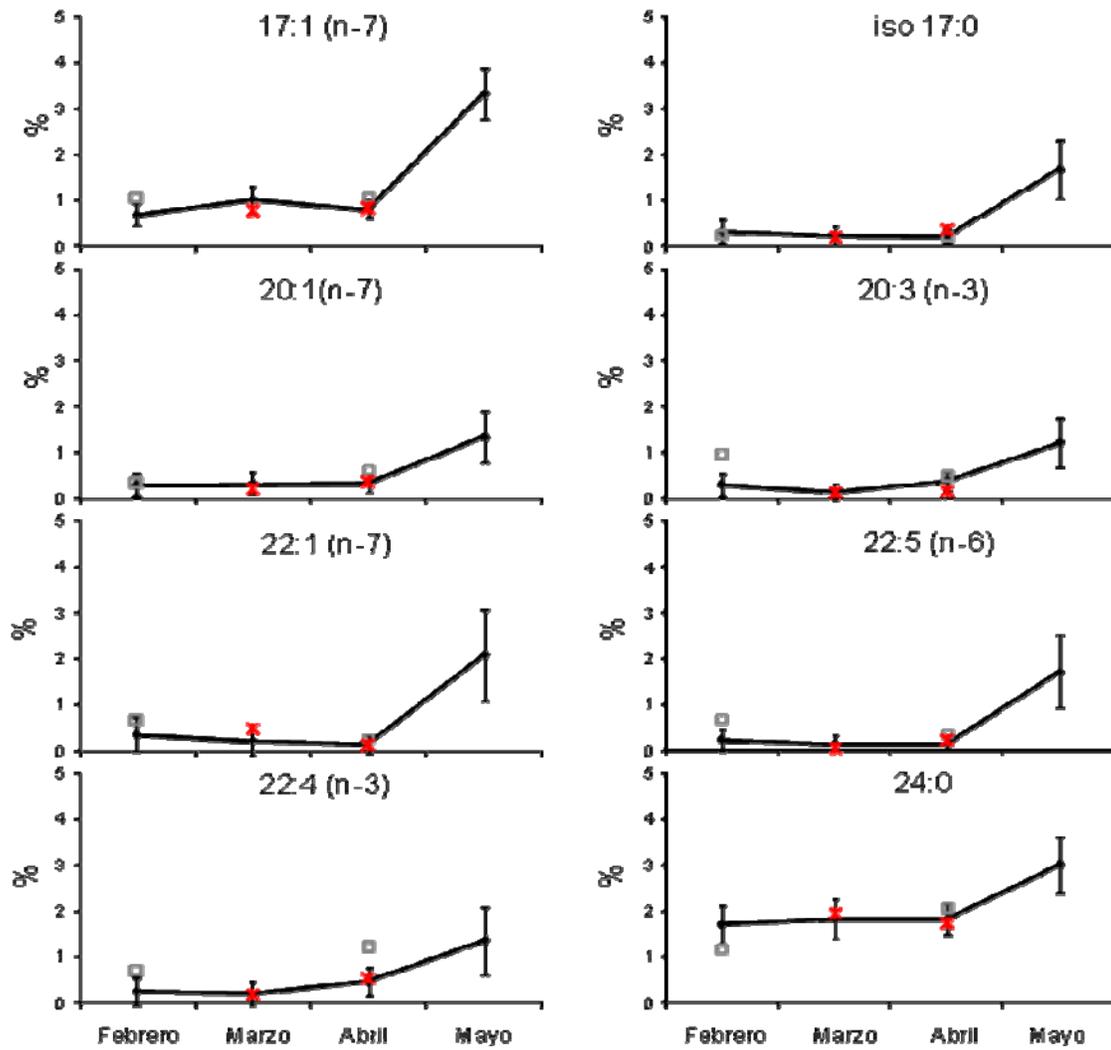


Figura 6. Ácidos grasos de lípidos de reserva que mostraron un claro incremento entre el inicio y el final de la temporada en machos de ballena azul.

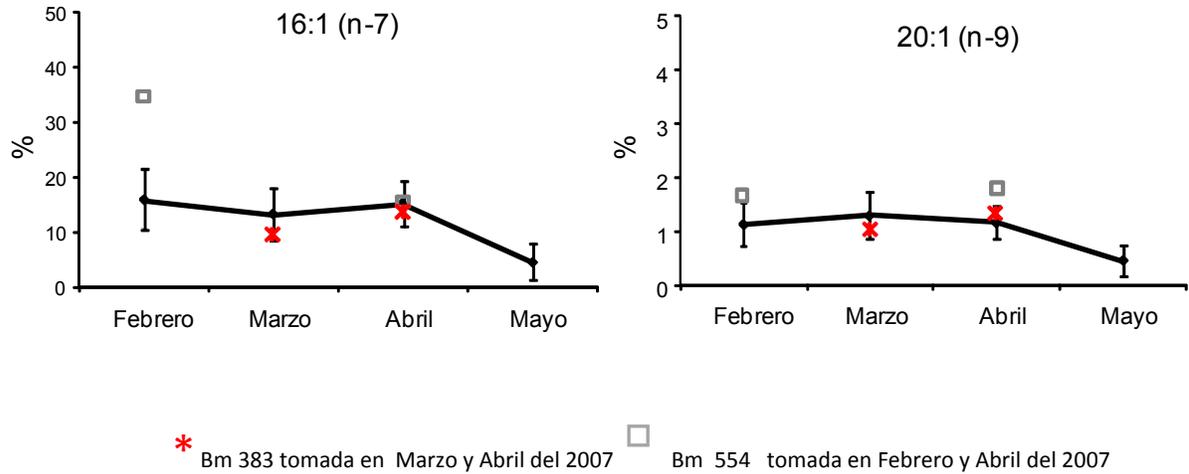


Figura 7. Ácidos grasos de lípidos de reserva que mostraron un claro decremento entre el inicio y el final de la temporada en machos de ballena azul.

8.4.2. Ácidos grasos de lípidos de reserva en hembras de ballena azul

En las hembras el perfil de AG presentó diferencias temporales significativas ($p < 0.05$) en 15 AG y en la sumatoria de los ramificados (Σ BFA), sin embargo solo el 20:5 (n-3) (Fig. 8) se incrementó de febrero a mayo. Dicho ácido graso es esencial, característico de diatomeas y abundante en *N. simplex* durante el mes de mayo (Del Ángel *et al.*, 2008), al igual que en *E. pacifica* y *T. spinifera* (Ju, *et al.*, 2009). El AG 18:3 (n-3) mostró una clara reducción.

Tabla 4. Perfil de ácidos grasos en lípidos de reserva de grasa subcutánea de hembras de ballena azul.

Ácido graso	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
14:0	3.7 ± 2.7	2.1 ± 1.3	4.2 ± 2.0	4.4 ± 2.5
15:0	0.8 ± 0.3	0.2 ± 0.1	0.6 ± 0.2	0.5 ± 0.2
16:0	24.8 ± 11.5	14.1 ± 6.1	18.5 ± 7.4	12.1 ± 7.6
17:0	1.0 ± 0.5	0.4 ± 0.2	0.6 ± 0.3	0.5 ± 0.3
18:0	2.6 ± 2.0	2.2 ± 1.2	2.7 ± 1.5	2.9 ± 1.9
19:0	0.3 ± 0.4	2.2 ± 0.8	0.4 ± 0.4	0.2 ± 0.3
20:0	0.3 ± 0.2	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.2
23:0	0.8 ± 0.6	0.1 ± 0.1	0.5 ± 0.3	0.1 ± 0.2
24:0	1.0 ± 2.4	4.9 ± 3.4	2.8 ± 2.8	1.9 ± 2.9
Σ SFA	37.0 ± 11.8	28.3 ± 7.2	31.4 ± 8.0	25.8 ± 9.3
n	3	7	6	4

Tabla 4. Continuación

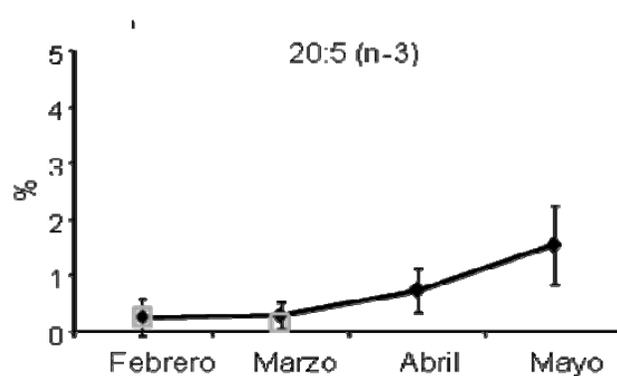
Ácido graso	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
a-iso 14:0	0.9 ± 0.7	0.2 ± 0.2	0.4 ± 0.4	0.2 ± 0.3
iso 15:0	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.7 ± 0.4	0.1 ± 0.2
iso 16:0	0.5 ± 0.2	0.2 ± 0.1	0.4 ± 0.2	0.3 ± 0.1
a-iso 16:0	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
Fitánico	0.5 ± 0.4	0.2 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.8 ± 0.4
iso 17:0	0.4 ± 1.5	9.0 ± 4.3	0.5 ± 1.2	0.2 ± 1.0
Σ BFA	2.8 ± 3.7	10.4 ± 4.5	2.7 ± 2.6	1.9 ± 2.6
14:1(n-5)	0.5 ± 0.3	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.5 ± 0.3
16:1(n-9)	0.4 ± 1.4	0.2 ± 0.7	0.3 ± 0.8	2.3 ± 2.8
16:1(n-7)	10.0 ± 7.4	6.8 ± 4.1	10.8 ± 5.5	6.6 ± 5.3
16:1(n-5)	0.5 ± 1.5	0.2 ± 0.7	0.7 ± 1.4	2.4 ± 3.0
17:1(n-7)	1.5 ± 0.9	0.5 ± 0.3	0.6 ± 0.4	0.4 ± 0.4
18:1(n-9)	22.6 ± 10.4	31.1 ± 7.6	22.0 ± 7.4	27.5 ± 9.7
18:1(n-7)	3.7 ± 3.1	4.7 ± 2.3	4.9 ± 2.5	5.4 ± 3.2
18:1(n-5)	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1
20:1(n-9)	0.7 ± 0.8	2.1 ± 0.9	0.8 ± 0.6	0.7 ± 0.7
20:1(n-7)	0.7 ± 1.4	2.2 ± 1.7	3.7 ± 2.3	0.5 ± 1.1
22:1(n-9)	0.3 ± 0.4	0.7 ± 0.4	0.5 ± 0.4	0.1 ± 0.2
22:1(n-7)	0.4 ± 0.4	0.1 ± 0.1	0.7 ± 0.4	0.0 ± 0.1
Σ MFA	43.9 ± 14.9	51.0 ± 9.9	47.6 ± 10.7	54.5 ± 13.0
16:2(n-4)	0.6 ± 0.3	0.2 ± 0.1	0.4 ± 0.2	0.4 ± 0.2
18:2(n-6)	3.0 ± 1.4	0.6 ± 0.4	0.6 ± 0.4	2.0 ± 1.0
20:2(n-6)	0.5 ± 1.0	1.3 ± 1.0	3.2 ± 1.7	1.1 ± 1.2
22:2(n-6)	1.1 ± 1.0	0.2 ± 0.3	0.5 ± 0.5	0.8 ± 0.8
Σ PUFA	5.4 ± 3.2	2.3 ± 1.4	5.0 ± 2.2	4.5 ± 2.6
n	3	7	6	4

Tabla 4. Continuación

Ácido graso	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
16:3 (n-4)	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1
18:3(n-4)	0.4 ± 0.5	1.2 ± 0.5	0.3 ± 0.3	0.2 ± 0.3
18:3(n-3)	1.4 ± 0.7	0.4 ± 0.2	0.8 ± 0.4	0.3 ± 0.3
20:3(n-6)	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1
20:4(n-6)	1.3 ± 0.8	0.3 ± 0.2	0.6 ± 0.4	0.6 ± 0.5
20:3(n-3)	1.0 ± 0.7	0.2 ± 0.2	0.3 ± 0.3	0.1 ± 0.2
20:5(n-3)	0.3 ± 0.3	0.3 ± 0.2	0.7 ± 0.4	1.6 ± 0.7
21:5(n-3)	0.2 ± 0.5	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.2	1.0 ± 0.9
22:5(n-6)	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0	0.1 ± 0.0
22:4(n-3)	0.2 ± 0.2	0.4 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.7 ± 0.4
22:6(n-3)	2.4 ± 3.7	3.1 ± 2.7	7.3 ± 4.5	6.0 ± 5.0
Σ HUFA	8.5 ± 5.6	6.5 ± 3.2	11.4 ± 4.5	12.4 ± 5.7
Σ (n-3)	6.1 ± 4.8	4.6 ± 2.8	9.9 ± 4.3	11.1 ± 5.5
Σ (n-6)	6.8 ± 3.3	2.6 ± 1.4	5.4 ± 2.1	4.9 ± 2.5
(n-3)/(n-6)	1.0 ± 0.8	1.9 ± 0.7	1.8 ± 0.7	2.2 ± 1.0
EPA/DHA	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.2	0.3 ± 0.3
n	3	7	6	4

¹ La tabla muestra los promedios con su respectivo intervalo de confianza al 95% para cada ácido graso en cada mes.

² Los promedios marcados en negritas son significativamente mayores de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).



□ Bm 065 muestras tomadas en Febrero y Marzo del 2007.

Figura 8. Ácido graso 20:5 (n-3) de lípidos de reserva que mostró un claro incremento entre el inicio y el final de la temporada en hembras de ballena azul.

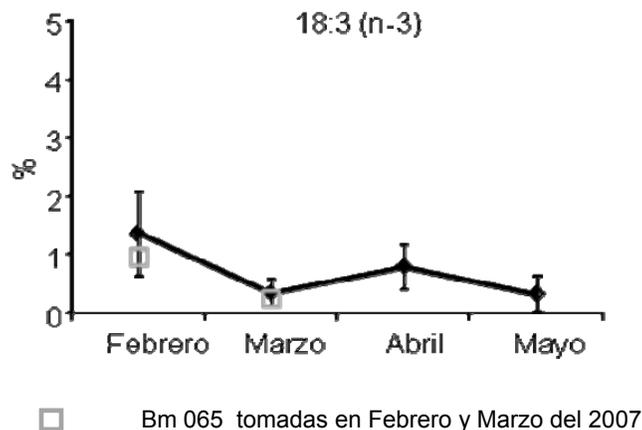


Figura 9. Ácido graso 18:3 (n-3) de lípidos de reserva que mostró un claro decremento entre el inicio y el final de la temporada en hembras de ballena azul.

8.4.3. Ácidos grasos de reserva en hembras lactantes de ballena azul.

En las hembras lactantes solo tres ácidos grasos el 23:0,20:4 (n-6), 22:1 (n-7) mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$), sin embargo ninguno parece ser buen indicador del alimento.

Tabla 5. Perfil de ácidos grasos en lípidos de reserva de grasa subcutánea de hembras lactantes de ballena azul.

Ácido graso	Febrero		Marzo		Abril y Mayo	
14:0	1.8 ±	3.2	1.8 ±	3.2	1.8 ±	3.2
15:0	0.2 ±	0.4	0.4 ±	0.6	0.5 ±	0.7
16:0	13.6 ±	7.5	13.8 ±	7.6	18.8 ±	8.6
17:0	1.8 ±	2.6	0.4 ±	1.3	0.9 ±	1.8
18:0	7.4 ±	10.2	4.9 ±	8.4	3.7 ±	7.3
19:0	0.4 ±	0.7	0.7 ±	1.0	0.2 ±	0.5
20:0	0.5 ±	0.6	0.7 ±	0.7	0.1 ±	0.3
23:0	1.1 ±	0.9	2.9 ±	1.4	0.1 ±	0.3
24:0	1.8 ±	2.7	0.5 ±	1.5	2.2 ±	2.9
Σ SFA	30.3 ±	8.0	26.7 ±	7.7	28.3 ±	7.9
n	2		2		2	

Tabla 5. Continuación

Ácido graso	Febrero	Marzo	Abril y Mayo
a-iso 14:0	0.5 ± 0.8	0.2 ± 0.5	0.2 ± 0.5
iso 15:0	0.3 ± 0.4	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.2
iso 16:0	1.0 ± 1.8	0.5 ± 1.3	0.2 ± 0.8
a-iso 16:0	0.4 ± 0.6	0.3 ± 0.5	0.2 ± 0.4
Fitánico	1.3 ± 2.7	1.8 ± 3.1	0.4 ± 1.5
iso 17:0	0.3 ± 0.6	0.2 ± 0.5	0.3 ± 0.6
Σ BFA	3.8 ± 6.0	3.3 ± 5.6	1.3 ± 3.6
14:1(n-5)	1.7 ± 2.6	0.5 ± 1.4	0.6 ± 1.6
16:1(n-9)	1.1 ± 1.8	0.3 ± 1.0	0.3 ± 1.0
16:1(n-7)	9.0 ± 6.9	12.2 ± 7.9	10.6 ± 7.4
16:1(n-5)	0.5 ± 0.7	0.2 ± 0.5	0.2 ± 0.4
17:1(n-7)	2.0 ± 2.7	0.7 ± 1.6	1.0 ± 1.9
18:1(n-9)	26.0 ± 21.0	33.5 ± 22.6	40.0 ± 23.4
18:1(n-7)	5.8 ± 1.7	5.5 ± 1.7	6.0 ± 1.8
18:1(n-5)	0.5 ± 0.6	0.3 ± 0.4	0.2 ± 0.4
20:1(n-9)	1.6 ± 0.8	1.2 ± 0.7	1.8 ± 0.8
20:1(n-7)	0.7 ± 1.5	0.7 ± 1.5	0.2 ± 0.9
22:1(n-9)	0.4 ± 1.0	0.6 ± 1.3	0.1 ± 0.5
22:1(n-7)	0.05 ± 0.0	0.13 ± 0.05	0.07 ± 0.04
Σ MFA	51.5 ± 18.9	56.2 ± 18.8	61.1 ± 18.5
16:2 (n-4)	0.2 ± 0.7	1.0 ± 1.4	0.2 ± 0.7
18:2(n-6)	3.3 ± 3.9	1.3 ± 2.4	1.4 ± 2.6
20:2(n-6)	0.7 ± 1.0	0.6 ± 0.9	0.4 ± 0.7
22:2(n-6)	0.6 ± 1.0	0.3 ± 0.8	0.3 ± 0.7
Σ PUFA	5.0 ± 3.9	3.4 ± 3.2	2.4 ± 2.7
n	2	2	2

Tabla 5. Continuación

Ácido graso	Febrero	Marzo	Abril y Mayo
16:3 (n-4)	0.2 ± 1.0	0.9 ± 2.0	0.1 ± 0.8
18:3(n-4)	0.7 ± 1.0	0.6 ± 0.9	0.3 ± 0.7
18:3(n-3)	1.6 ± 2.5	0.5 ± 1.4	0.5 ± 1.5
20:3(n-6)	1.3 ± 3.0	0.3 ± 1.4	0.1 ± 0.9
20:4(n-6)	0.5 ± 0.2	1.5 ± 0.3	0.7 ± 0.2
20:3(n-3)	0.1 ± 0.3	0.3 ± 0.3	0.1 ± 0.2
20:5(n-3)	0.5 ± 0.8	1.4 ± 1.5	0.7 ± 1.0
21:5(n-3)	0.1 ± 0.3	0.8 ± 1.0	0.1 ± 0.3
22:5(n-6)	0.0 ± 0.1	0.2 ± 0.3	0.1 ± 0.2
22:4(n-3)	0.1 ± 0.2	0.2 ± 0.3	0.3 ± 0.4
22:6(n-3)	2.5 ± 3.1	2.9 ± 3.3	3.7 ± 3.7
Σ HUFA	8.4 ± 4.7	10.1 ± 5.1	6.8 ± 4.2
Σ (n-3)	5.2 ± 1.8	6.4 ± 1.9	5.4 ± 1.8
Σ (n-6)	6.8 ± 7.0	4.2 ± 5.6	3.1 ± 4.9
(n-3)/(n-6)	0.9 ± 0.8	1.5 ± 1.1	1.7 ± 1.2
EPA/DHA	0.2 ± 0.5	0.6 ± 1.0	0.2 ± 0.5
n	2	2	2

¹ La tabla muestra los promedios con su respectivo intervalo de confianza al 95% para cada ácido graso en cada mes.

² Los promedios marcados en negritas son significativamente mayores de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

8.5. Lípidos estructurales

Los lípidos estructurales no mostraron diferencias cuantitativas significativas ($p < 0.05$). Dado que los lípidos estructurales contribuyen con menos del 2.5 % del peso total, resulta lógico observar que tampoco existen diferencias notables entre sexos, aunque la dispersión de los datos fue notablemente mayor en las hembras que en los machos, lo que sugiere que las diferencias fisiológicas entre las hembras son más fuertes que en los machos (Figura 9).

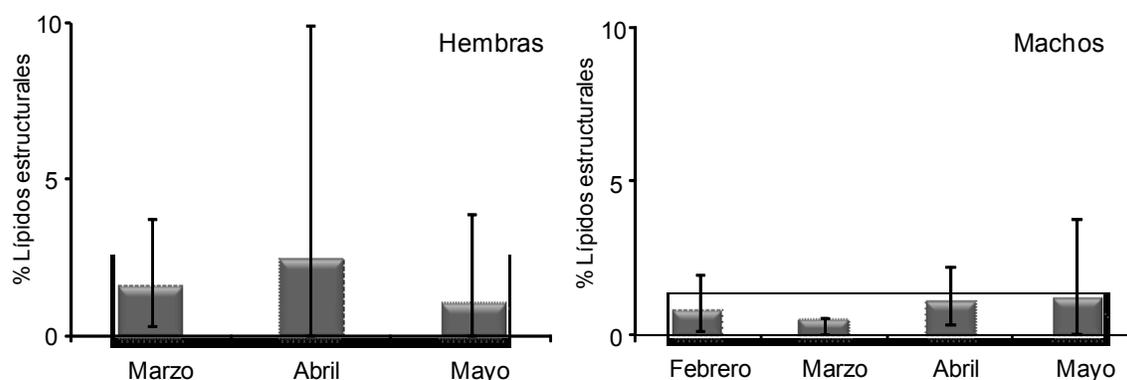


Figura 10. Porcentaje de lípidos estructurales para hembras y machos de ballena azul entre meses.

8.5.1. Variación mensual de ácidos grasos de lípidos estructurales

A pesar de que no se observaron diferencias cuantitativas, es posible que existan diferencias cualitativas en el perfil de los AG que constituyen las membranas celulares de los adipositos (células propias del tejido adiposo). Si las reservas totales de energía aumentan, los adipositos deben crecer y la membrana de estos debe aumentar de tamaño, por lo que requiere de AG que puedan contribuir a su formación. En ese sentido se observó que al igual que en las grasas de reserva, los AG de la grasa estructural estuvieron dominados por AG saturados (SFA) y monoinsaturados (MFA) en las cuatro categorías (machos, hembras, hembras

lactantes y crías) en los meses de muestreo, pero a diferencia de los AG de reserva, solo se detectaron 33 AG en la grasa estructural.

De estos, los AG 21:0, 22:0, 15:1 (n-5), 16:1 (n-11), 18:1 (n-11), 20:1 (n-11) y 22:1 (n-11) solo están presentes en la fracción estructural. Utilizando los 33 AG detectados se realizó un análisis de funciones discriminantes (AFD) de lípidos estructurales considerando todos los grupos en conjunto, mismo que mostró una diferencia significativa entre meses de muestreo (Lambda de Wilk's : 0.00100 $F_{(105,36)} = 3.1701$ $p < 0.0001$), formando claramente dos grupos Febrero-Marzo y Abril-Mayo (Tabla 5) con una distancia de Mahalanobis de 142.56 entre grupos (Fig.10) el porcentaje de clasificación fue del 100% para todos los meses (Tabla 6).

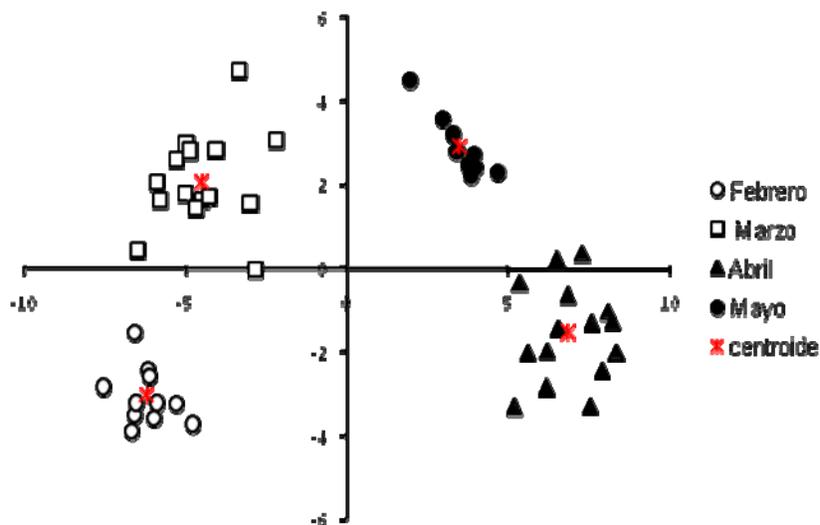


Figura 11. Análisis funciones discriminantes en lípidos estructurales entre meses de muestreo de ballena azul.

Tabla 6. Distancia entre los grupos con valores de probabilidad.

	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Febrero		0.138876	0.000175	0.002752
Marzo	0.138876		0.000237	0.012030
Abril	0.000175	0.000237		0.116969
Mayo	0.002752	0.012030	0.116969	

Tabla 7. Porcentaje de clasificación por meses en lípidos estructurales.

	Porcentaje Correcto	Febrero p=0.22000	Marzo p=0.30000	Abril p=0.30000	Mayo p=0.18000
Febrero	100	11	0	0	0
Marzo	100	0	15	0	0
Abril	100	0	0	15	0
Mayo	100	0	0	0	9
Total	100	11	15	15	9

Tomando en cuenta que el AFD separa claramente en 2 grupos bien definidos (Febrero-Marzo y Abril-Mayo) se optó por un análisis de varianza entre las muestras del inicio (Febrero y Marzo) y el final (Abril y Mayo) de la temporada, para definir que AG contribuyen a la diferencia entre ambos grupos (Tabla 7)

Tabla 8. Perfil de ácidos grasos en lípidos estructurales entre meses de grasa subcutánea.

Ácido graso	Febrero-Marzo		Abril-Mayo	
14:0	15.4 ±	2.6	21.3 ±	3.1
15:0	1.3 ±	0.3	1.3 ±	0.3
16:0	24.9 ±	1.8	21.0 ±	1.7
17:0	1.5 ±	0.5	1.7 ±	0.6
18:0	3.7 ±	1.0	3.4 ±	1.0
19:0	0.9 ±	0.2	0.8 ±	0.2
20:0	0.6 ±	0.2	0.4 ±	0.1
21:0	0.7 ±	0.2	0.8 ±	0.3
22:0	0.7 ±	0.2	0.5 ±	0.2
23:0	0.5 ±	0.1	0.5 ±	0.1
24:0	2.4 ±	0.8	2.1 ±	0.8
a-iso 14:0	0.7 ±	0.2	1.0 ±	0.3
iso 16:0	1.1 ±	0.3	0.9 ±	0.3
16:0 TM	0.7 ±	0.3	0.7 ±	0.3
iso 17:0	0.7 ±	0.2	1.5 ±	0.4
14:1(n-5)	0.8 ±	0.2	0.6 ±	0.2
15:1(n-5)	0.8 ±	0.2	0.8 ±	0.2
16:1(n-11)	0.7 ±	0.3	1.0 ±	0.4
16:1(n-9)	2.3 ±	0.4	1.8 ±	0.4
16:1(n-7)	2.1 ±	0.6	1.5 ±	0.5
16:1(n-5)	1.3 ±	0.4	1.4 ±	0.4
17:1(n-7)	1.5 ±	0.4	0.9 ±	0.3
18:1(n-11)	10.7 ±	4.1	11.2 ±	4.3
18:1(n-9)	1.6 ±	0.5	1.9 ±	0.6
18:1(n-7)	0.6 ±	0.1	0.7 ±	0.1
20:1(n-11)	1.1 ±	0.4	1.0 ±	0.4
20:1(n-9)	1.4 ±	0.6	0.7 ±	0.5
22:1(n-11)	0.5 ±	0.2	0.7 ±	0.2
22:1(n-3)	0.5 ±	0.1	0.6 ±	0.1
18:4(n-3)	1.0 ±	0.3	1.2 ±	0.4
20:5(n-3)	0.9 ±	0.3	0.8 ±	0.3
22:5(n-3)	2.8 ±	1.0	2.1 ±	0.9
22:6(n-3)	3.2 ±	0.9	4.7 ±	1.1
n	26		24	

¹ La tabla muestra los promedios con su respectivo intervalo de confianza al 95% para cada ácido graso en cada mes.

² Los promedios marcados en negritas son significativamente mayores de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

El análisis de varianza mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) en 6 AG estructurales que pueden ser considerados biomarcadores entre los dos grupos como el 14:0, abundante en diatomeas, 16:0, 16:1 (n-9), 17:1 (n-7), iso 17:0, típico de degradación bacteriana, y el 22:6(n-3) típico de dinoflagelados (Fig. 11). Lo anterior sugiere que, contrariamente a lo esperado, los lípidos estructurales también pueden verse modificados en cierta medida por el alimento.

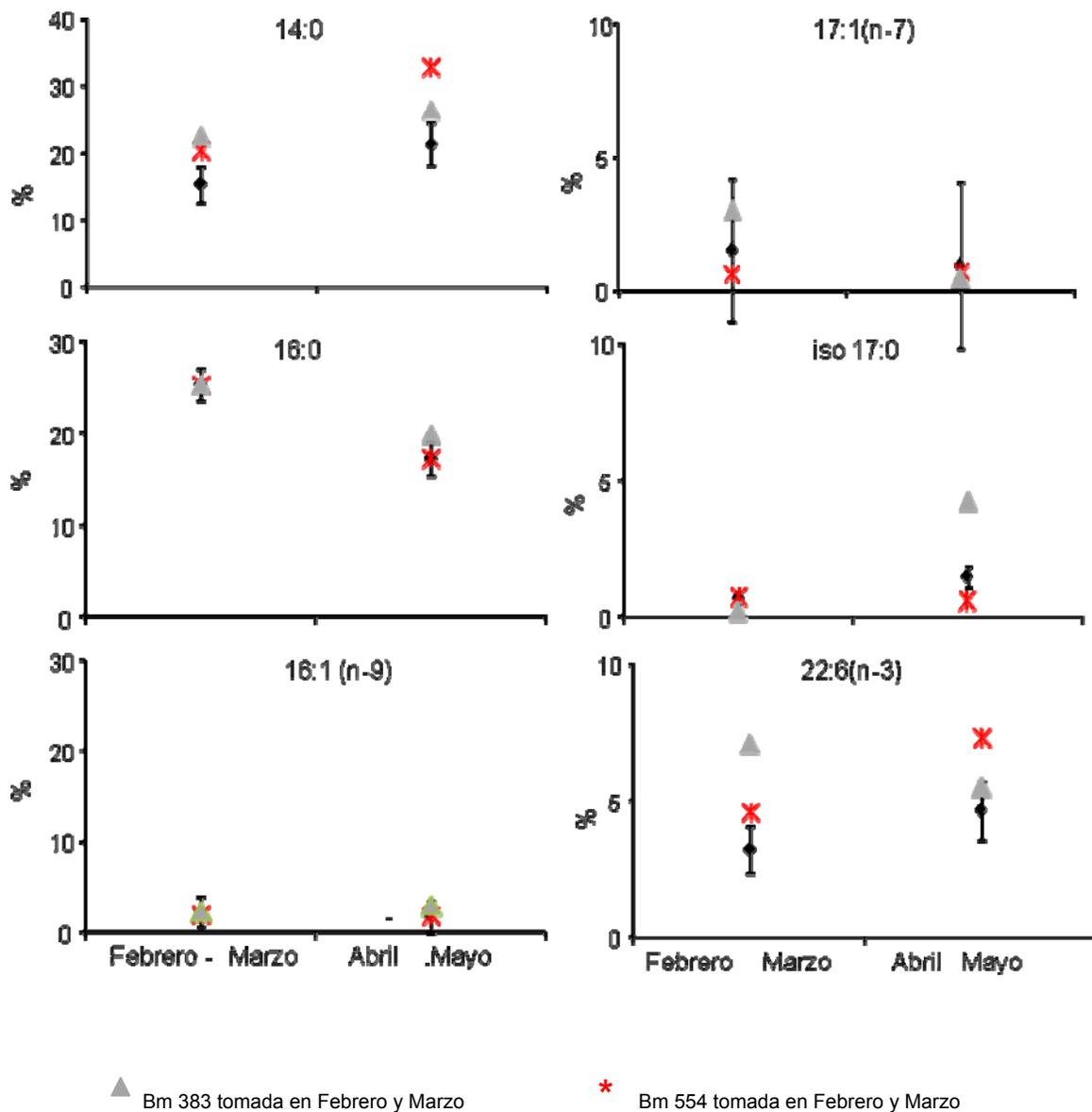


Figura 12. Ácidos grasos de lípidos estructurales que mostraron diferencia entre grupos.

9. DISCUSIÓN

9.1. Movimiento de ballena azul y monitoreo de grasa

El estudio de los patrones migratorios de varias especies (Best *et al.*, 1993; Arizaga y Alonso, 2005; Acevedo *et al.*, 2006), incluida la ballena azul, han permitido establecer un vínculo geográfico entre áreas de crianza y alimentación (Gallardo-Unzueta, 2004; Aguayo-Lobo *et al.*, 2008), mediante el uso de técnicas como el seguimiento mediante transmisores vía satélite (Mate *et al.*, 1999) imágenes de satélite (García-Morales, 2008), o mediante técnicas moleculares y análisis bioquímicos (Duarte-Duarte, 1998; Gendron *et al.*, 2001; Enriquez-Paredes 2005; Flores-Lozano, 2006 Rueda-Flores, 2007; Busquets-Vass, 2008).

Lo anterior ha permitido tener una imagen más clara del proceso anual de migración de las ballenas azules en las aguas del Pacífico Nororiental, particularmente entre las aguas de California y el Golfo de California (Calambokidis *et al.*, 1990). En verano dicho stock se alimenta de los eufáusidos *Thysanoessa spinifera* y *Euphausia pacifica*, en la costa de California (Fiedler *et al.*, 1998), mientras que en invierno estas ballenas migran hacia el Golfo de California para criarse y alimentarse del eufáusido *Nyctiphanes simplex* (Gendron, 2002), por lo que entre los meses de febrero a mayo es posible observar machos, hembras, hembras lactantes y crías de ballena azul en el Golfo de California. En esta temporada también ocurre la mayor biomasa del eufáusido *Nyctiphanes simplex* en el Golfo de California (Brinton y Townsend, 1980; Gendron, 1992), especie que es considerada como la principal fuente de alimento de las ballenas azules en el Golfo de California (Del Ángel-Rodríguez, 1997; Gendron, 2002; Mejía-Acosta, 2003).

Es precisamente el conocimiento de este movimiento migratorio, aunado al conocimiento de las distintas fuentes de alimento en ambas regiones y a que la composición bioquímica de las tres especies presa ha sido estudiada a detalle, lo que ofreció una oportunidad única de monitorear los cambios temporales en los

hábitos alimentarios de la ballena azul, a través de la grasa subcutánea obtenida de biopsias tomadas en diferentes meses

9.2. Grasa

En los mamíferos, la grasa junto con los adipocitos (células que contienen una vacuola lipídica), forman el elemento constitutivo del tejido graso (Randall *et al.*, 2002). Este tejido se encarga de almacenar el alimento consumido en forma de energía, el cual posteriormente es utilizado en diferentes funciones metabólicas del individuo (Costa *et al.*, 2002). En los mamíferos marinos, la grasa, también sirve como un almacén de energía y aislante térmico contribuye a la flotabilidad y a la forma hidrodinámica del cuerpo (Iverson., 2002).

El análisis de los perfiles de AG en mamíferos marinos permite conocer su condición corporal (Krahn *et al.*, 2004), estado nutricional, etapas de su historia de vida (Iverson, 2002; Kranhn *et al.*, 2004) y hábitos alimenticios (Iverson, 2002). En el presente estudio, el análisis de la grasa subcutánea de ballenas azules biopsiadas en el Golfo de California durante los meses de enero a mayo del 2007, permitió observar la variación temporal tanto en el contenido de lípidos como en el perfil de los AG, lo que indica un cambio en la alimentación durante el tiempo de muestreo. Es discutible si existe una nula o mínima alteración de los AG de la presa al depredador, ya que algunos AG presentes en la grasa subcutánea no fueron reportados para ninguna de las tres probables presas. Asimismo, la dieta de la presa puede tener un efecto en las reservas del depredador. A pesar de ello fue posible identificar algunos AG que cabrían en la categoría de biomarcadores tal como son definidos por Iverson *et al.* (1997) y Budge *et al.* (2006).

Tanto Hooker *et al.* (2001) como Olsen y Grahl-Nielsen (2003) mencionan que para determinar la influencia de los AG de la dieta en el depredador se debe usar la capa interna de la grasa, ya que al ser más activa metabólicamente que la capa externa, esta podría reflejar los perfiles de AG de la presa de una manera más certera. Nuestros resultados, sin embargo, confirman que a pesar de que se

considera un tejido poco modificable, la grasa subcutánea es un buen material de muestreo para evidenciar cambios en la alimentación, así como diferencias fisiológicas (Rueda-Flores, 2007).

La mayor parte de los análisis de AG se han realizado empleando los perfiles de AG totales (Olsen y Grahl-Nielsen, 2003; Krahn *et al.*, 2004; Samuel *et al.*, 2004), sin embargo, la separación de los lípidos estructurales y de reserva en grasa de ballena azul permitió eliminar la variación causada por diferencias fisiológicas entre grupos y, precisar, en cierto modo las diferencias atribuidas a la variación en el alimento (Rueda-Flores, 2007).

En este sentido, las diferencias estadísticas no significativas encontradas durante los meses de muestreo en la concentración de lípidos totales y de los AG de reserva, seguramente se deben a que la variación temporal se ve enmascarada por la amplia variación fisiológica que presentan las categorías muestreadas. Sin embargo, la tendencia a incrementar la concentración de lípidos totales desde el inicio hasta el final de la temporada, la variación temporal en los AG de reserva de los machos y las diferencias estadísticas significativas encontradas entre meses para los AG estructurales, muestran que la grasa subcutánea de las ballenas azules puede ser empleada para monitorear cambios temporales congruentes con su ruta migratoria. Además, demuestra que el uso de esta técnica para monitorear cambios en el alimento brinda resultados equiparables a los encontrados por Busquets-Vass (2008) analizando piel mediante isotopos estables.

Por otra parte, la variación temporal de los lípidos totales en machos, así como en su perfil de AG, evidencian las diferencias en los requerimientos nutricionales y energéticos entre grupos, ya que el ciclo reproductivo en las hembras conlleva un mayor uso de energía, que implicaría movilizar los lípidos del alimento no solo hacia su propio tejido graso, sino también hacia la progenie, o hacia la leche (Ackman *et al.*, 1975b, Aguilar y Borrell, 1990; Costa, 1999; Iverson, 2002). Esto explica la dificultad de observar los cambios temporales en esta categoría. Por otro lado, se ha

observado que el contenido lipídico en los machos de ballena de aleta no varía con el estado de madurez, sino que forman grupos homogéneos sin importar su estado de madurez (Aguilar y Borrell 1990). Nuestros resultados sugieren que los machos de ballena azul tampoco son afectados por la madurez, ya que la dispersión de los datos fue menor para cada mes y permitió observar tendencias temporales más claras.

9.3. Ácidos Grasos de lípidos de Reserva

Tal como encontró Rueda Flores (2007), las diferencias entre categorías de ballena azul fueron marcadas, y es probable que las diferencias que pudieran ocurrir entre los meses se vea afectadas por la categoría. Nuestros resultados muestran que efectivamente, algunos AG que se modifican en los machos, no se modifican en las hembras.

En las hembras sólo encontramos que el ácido graso esencial 20:5 (n-3) aumentó de febrero a mayo. Este ácido graso se incrementa en el eufáusido *Nyctiphanes simplex* durante el mes de mayo (Del Ángel *et al.*, 2008). Aunque las especies de eufáusidos de California *E. pacifica* y *T. spinifera* también presentan el ácido graso 20:5 (n-3) (Ju *et al.*, 2009) su aumento durante los meses de muestreo en el Golfo de California nos lleva a pensar que este ácido graso puede ser utilizado por las hembras para fines reproductivos durante la migración y que al llegar al Golfo de California, conforme se alimentan, las concentraciones bajas son revertidas y comienzan a incrementar. En ballenas de aleta este se ha reportado que éste ácido graso se incrementa tanto en ballenas del Mediterráneo (Ruchonnet *et al.* 2006) como en las del Atlántico Norte (Ackman *et al.* 1966). Yunoki *et al.* (2008), y en ballenas minke de la Antártida las proporciones de los AG HUFA (20:5, 22:5 y 22:6) fueron mayores en los lípidos de la piel, lo que sugiere que es un ácido graso que se moviliza fácilmente hacia la porción más externa de la grasa.

En los machos, diez AG de reserva mostraron variaciones claras entre el inicio y el final de la temporada. Fueron ocho AG los que se incrementaron, de los cuales el 24:0 no se encuentra reportado para los eufáusidos de California (Ju *et al.*, 2009) mientras que en *Nyctiphanes simplex* está presente durante febrero y mayo con concentraciones aprox. del 0.3% (Del Ángel *et al.*, 2008). El iso 17:0, también está presente en *Nyctiphanes simplex*, y al ser un ácido graso ramificado se considera de origen microbiano (Stevens *et al.*, 2004). La suma de este ácido graso junto con los demás AG ramificados es mas abundante en *Nyctiphanes simplex* que en las especies de eufáusidos de California, lo que confirma que tiene hábitos omnívoro-detritivoros (Del Ángel *et al.*, 2008). Por lo anterior, en el caso de los machos de ballena azul estos dos AG pueden ser considerados claramente como buenos biomarcadores del alimento consumido.

A pesar de esto, el incremento de otros AG no es fácilmente explicable. Por ejemplo, el 20:1 (n-7), 22:4 (n-3) y el 22:5 (n-6) no se encuentran en *Nyctiphanes simplex* pero si están presentes en *T. spinifera* y *E. pacifica*. Ju *et al* (2009) mencionan que de acuerdo con los perfiles de AG, *T. spinifera* y *E. pacifica* son eufáusidos que tiene una dieta muy similar entre sí, por lo que es probable que los tres AG mencionados provengan de estos eufáusidos o bien, que el aumento de ellos en los machos biopsiados en el Golfo de California sea ocasionado por los requerimientos fisiológicos de ésta categoría.

Por otro lado, algunos otros AG como el 17:1 (n-7), el 22:1 (n-7) y el 20:3 (n-3) no parecen provenir de alguna de las fuentes de alimento de las ballenas azules, ya que no fueron reportados en ninguno de los estudios de las presas. Una posibilidad es que los dos primeros sean elaborados por las mismas ballenas sufriendo alguna elongación (para el 22:1 (n-7)) u oxidación (para el 17:1 (n-7)) de precursores como el 20:1 (n-7), o bien, para el caso del el 20:3(n-3), de la hidratación y oxidación de otros precursores como el 22:4 (n-3). Christie (1989) menciona que los AG tienen una conexión entre sí ya que unos son precursores de otros, lo cual podría explicar la presencia de algunos de estos AG.

Para el caso del 20:1 (n-7) y 20:1 (n-9), existe una clara posibilidad de que el primero provenga del segundo, ya que sus comportamientos son opuestos. Ruchonnet *et al.*, (2006) durante su estudio con ballenas de aleta del Mediterráneo observan que estas ballenas presentan menores proporciones de los AG 20:1 a diferencia de las ballenas provenientes del Atlántico Norte donde se alimentan del eufáusido *M. norvegica*, un eufáusido carnívoro que se alimenta de copépodos, lo cual explica que tenga mayores proporciones del 20:1. Los autores sugieren que las ballenas del Atlántico presentaron valores ligeramente superiores en la capa externa como resultado de la alimentación durante el otoño y el invierno anterior. De manera que aunque el 20:1 (n-7) no se haya reportado en *N. simplex*, es posible que haya sido incorporado a la ballena azul por esta especie, ya que se sabe que al ser omnívoro, los copépodos pueden ser parte de su dieta, mientras que las especies de California, tienden más a ser herbívoras. Aparentemente, dichos AG pudieran ser requeridos o asimilados en las mismas proporciones por ambas especies de misticetos aunque no se alimenten de lo mismo.

9.4. Ácidos grasos de lípidos Estructurales.

Los resultados del análisis de FDC de los ácidos grasos estructurales en este estudio mostraron una clara separación de los meses, formando dos grupos bien definidos Febrero-Marzo y Abril-Mayo, lo que indica que para la grasa subcutánea de las ballenas azules se requieren al menos tres meses para mostrar cambios relacionados con el alimento. Seis AG mostraron diferencia significativa entre los dos grupos y aunque en general no se sabe mucho sobre la procedencia de algunos ácidos como el 17:1 (n-7), y otros AG como el 16:0 están presentes en casi todos los organismos, estudios de las microalgas en la Bahía de la Paz, muestran que el 14:0 y el 16:1 (n-9) son abundantes en las diatomeas de la región (Del Ángel, *et al.*, 2008). Asimismo sabemos que el iso-17:0 es considerado como un ácido graso proveniente de bacterias (Stevens *et al.*, 2004) y abundante en *N. simplex* junto con los otros ácidos grasos ramificados.

El ácido graso 22:6(n-3) es un ácido graso esencial que en ambientes marinos se considera típico de dinoflagelados (Stevens, *et al.*, 2004) y en *N. simplex* ha sido reportado como abundante durante febrero (Del Ángel *et al.*, 2008), este ácido graso también está presente en *E. pacifica* durante los meses de junio-agosto y en *T. spinifera* en agosto (Ju *et al.*, 2009), aunque en mucho menor proporción que en *Nyctiphanes simplex*.

Este ácido graso incrementa entre los meses de muestreo (Febrero-Marzo y Abril-Mayo) y con los bajos porcentajes que presentan de este ácido graso las presas reportadas para ballena azul en California (Fiedler *et al.*, 1998), podemos proponerlo como un buen biomarcador estacional entre los meses o temporadas observadas en el análisis de FDC.

Dentro de los lípidos estructurales en hembras solo hubo incremento en el 18:1(n-11) mientras que el ácido graso esencial 18:4(n-3) característico de los dinoflagelados mostró decremento (Tabla 7). Dado que las hembras tienen requerimientos fisiológicos diferentes, la disminución en este ácido graso pudiera deberse a que está siendo metabolizado y utilizado de forma diferencial en el ciclo reproductivo de las hembras, al tiempo que está siendo consumido en el Golfo de California (por ejemplo, hacia la movilización a la leche).

Los machos mostraron un incremento en el porcentaje de lípidos estructurales así como en cinco AG que pueden ser considerados biomarcadores del alimento, entre los cuales observamos el 14:0 y el 16:1 (n-7) que son característicos de diatomeas y aumentan en *N. simplex* de febrero a (Del Ángel *et al.* 2008). Se sabe que al sufrir una elongación el 16:1 (n-7) produce el ácido graso 18:1(n-7) el cual incrementa en machos, al igual que el 18:4 (n-3) y 22:6 (n-3), característico de dinoflagelados, y las sumatorias de los HUFA, de los (n-3), y la razón (n-3)/(n-6).

Como se observa la separación entre clases lipídicas fue de suma importancia ya que nos permitió observar claramente los cambios que ocurren tanto en los lípidos de reserva como en los estructurales entre meses. De esta forma se pudo notar que tanto los lípidos de reserva, como los lípidos estructurales se ven influenciados por el

alimento consumido, aunque los lípidos de reserva pueden ser metabolizados en forma particular dependiendo del estado fisiológico de los individuos. En cambio para los lípidos estructurales, la fisiología de cada categoría analizada no parece influir fuertemente en la estructura de las membranas de los adipocitos que conforman.

Para finalizar recordaremos que en el caso de los mamíferos marinos, aún no existe consenso respecto a si los AG de una presa se reflejan fielmente en el depredador. Algunos autores como Ackman y Eaton (1966) y Iverson *et al.*, (1997) sugieren la asimilación y acumulación directa de los AG de la dieta en la grasa de los mysticetos, mientras que autores como Olsen y Grahl-Nielsen (2003) han encontrado que existen diferencias entre los AG de la dieta y la composición de la grasa del depredador, por lo que sugieren que existen importantes cambios en los perfiles de los AG durante la asimilación. Nuestros resultados muestran que en la grasa subcutánea de ballenas azules es posible observar reflejados algunos AG biomarcadores del alimento, mientras que otros AG parecen ser producidos directamente o modificados por la ballena. Asimismo, dependiendo del tipo de grasa que se analice, los cambios en la alimentación pueden mostrar diferencias en el perfil de AG de las ballenas azules en un tiempo aproximado de 3 a 4 meses.

10. CONCLUSIONES

- El aumento en el porcentaje de lípidos totales confirma la importancia del Golfo de California como zona de alimentación.
- La grasa subcutánea es un buen material de muestreo para evidenciar cambios en la alimentación de la ballena azul.
- Fue posible identificar algunos AG que pueden ser considerados como biomarcadores en grasa de ballena azul.
- Los ácidos grasos se ven fuertemente influenciados por los requerimientos fisiológicos de las diferentes categorías de ballena azul (machos, hembras, hembras lactantes y crías).
- La tendencia observada de un incremento en la concentración de lípidos totales de inicio a fin de temporada, la variación temporal en los ácidos grasos de reserva de los machos sugiere que las ballenas azules pueden ser biomonitores, debido a que sus tejidos registran cambios temporales consistentes con su ruta migratoria.
- Los cambios relacionados con el alimento se pueden observar, en los perfiles de ácidos grasos en grasa de ballena azul, después de 3 meses de que el alimento ha sido consumido.

11. RECOMENDACIONES

Es importante para futuros estudios poder contar con las presas potenciales del depredador para observar con mayor claridad si el alimento se refleja en el depredador y el grado de semejanza de los perfiles de depredador y presa.

Clasificar las muestras ha analizar por categorías ya que como observamos los lípidos estructurales y de reserva pueden verse afectados por la edad y sexo de los individuos.

Es deseable realizar un análisis con muestras de grasa tomadas en las diferentes áreas de alimentación de la ballena azul y poder determinar como es el perfil de la especie en esas zonas y poder compararlo con las del Golfo de California.

Se recomienda que estudios posteriores incluyan no solo la grasa, sino también otros tejidos como la piel e inclusive las heces a fin de tener una mejor imagen del proceso de asimilación de los ácidos grasos en ballenas azules.

12. LITERATURA CITADA

- Acevedo, J.A., A. Aguayo-Lobo y L.A. Pastene. 2006. Filopatría de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae* Borowski, 1781), al área de alimentación del estrecho de Magallanes. *Rev. Biol. Mar. Oceano.* 41 (1): 11-19.
- Aguayo-Lobo, A., J. Acevedo, J.L. Brito, C. Olavarría, R. Moraga y C. Olave. 2008. La ballena franca del sur, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) en aguas chilenas: análisis de sus registros desde 1976 a 2008. *Rev. Biol. Mar. Oceano.* 43 (3): 653-668.
- Álvarez-Borrogo, S. 1983. Gulf of California in: *Ecosystems of the World 26/ Estuaries and enclosed seas.* 17: 427-449.
- Ariazga J. y D. Alonso. 2005. Migración e invernada del pájaro moscón (*Remiz pendulinus*) en la marisma de Txingudi (N de España). *Natur Zientziak.* 56: 145-154.
- Ackman, R.G. y C.A. Eaton. 1966. Lipids of the fin whale (*Balaenoptera physalus*) from North Atlantic waters. III. Occurrence of eicosenoic and docosenoic fatty acids in the zooplankter *Meganyctiphanes norvegica* (M.Sars) and their effect on whale oil composition. *Can. J. Biochem.* 44: 1561-1566.
- Ackman, R.G., J.H. Hingley, C.A. Eaton, V.H. Logan y P.H. Odense. 1975b. Layering and tissue composition in the blubber of the northwest Atlantic sei whale (*Balaenoptera borealis*). *Can. J. Zool.* 53: 1340-1344.
- Aguilar, A. y A. Borrell. 1990. Patterns of lipid content and stratification in the blubber of fin whales (*Balaenoptera physalus*). *J. Mamm.* 71(4): 544-554.
- Best, P.B., R. Payne, V. Rowntree, J.Truda-Palazzo y M. do Carmo. 1993. Amplio rango de movimientos de las ballenas francas del atlántico sur *Eubalaena australis*. *Mar.Mamm.Sc.* 9 (3): 227-234.
- Birkeland, A., K.M. Kovacs, C. Lydersen y O. Grahl- Nielsen. 2005. Transfer of fatty acids from mothers to their calves during lactation in white whales *Delphinapterus leucas*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 298: 287-294.
- Borobia, M., P.J. Gering, Y. Simard y J.N. Geraring. 1995. Blubber fatty acids of finback and humpback whales from the Gulf of St. Lawrence. *Mar. Biol.* 122: 341-353.
- Brinton, E. y A.W.Townsend. 1980. Euphausiids in the Gulf of California. The 1957 cruises. *CalCoFi Report.* 21: 211-236.
- Budget, S.M., S. Iverson y H.J. Koopman. 2006. Studying trophic ecology in marine ecosystems using fatty acids: a primer on analysis and interpretation. *Mar Mamm Sc.* 22: 759-801.

- Busquets–Vass. G., D. Gendron y S. Aguiñiga. 2006. Variaciones isotópicas de nitrógeno y carbono en la piel de la ballena azul del Golfo de California. En: Resumen de 1ª Reunión Internacional sobre el Estudio de los Mamíferos Acuáticos. p 22. Noviembre. Mérida, Yucatan.
- Busquets Vass, R.G. 2008. Variabilidad de isótopos estables de nitrógeno y carbono en piel de ballena azul (*Balaenoptera musculus*). Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN 84 p.
- Carreón P. L., J. A. Del Ángel- Rodríguez y Arjona L. O. 2005. Memorias del curso: Cromatografía de gases espectrometría de masas aplicada a la identificación y cuantificación de ácidos grasos. Dirección de apoyo técnico. CIBNOR. La Paz, B.C.S. 35 p.
- Costa, D., Willams, T. Biology of Marine Mammals. Smithsonian press. Capítulo 5. 176. 217p
- Christie, W.W. 2003. Lipid Analysis: Isolation, separation, identification and structural Bridgater. Oily press, England. 416 p.
- Cupa-Cedillo, L. 2007. Evaluación de los perfiles de ácidos grasos del lobo marino de California *Zalophus californianus* en estudios de alimentación. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 125p.
- Del Ángel-Rodríguez, J.A. 1997. Hábitos alimenticios y distribución espacio-temporal de los rorcuales común (*Balaenoptera physalus*) y azul (*Balaenoptera musculus*) en la Bahía de la Paz, B.C.S. México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 68p.
- Del Ángel-Rodríguez, J. A, Carreón-Palau, L., Band-Schmidt, C. J. y Pacheco-Chávez, R. 2008. Lipid source identification in key species of Bahia de La Paz, Gulf of California, Mexico. ASLO Summer Meeting, St. John's, Newfoundland, Junio 8-13.
- Enríquez Paredes, L.M. 2005. Identidad genética de la población de ballena azul (*Balaenoptera musculus*) en el Pacífico Nororiental: agregaciones mexicanas. Tesis Doctorado Universidad Autónoma de Baja California. 198 p.
- Flores Lozano, N.A. 2006. Plaguicidas organoclorados y bifenil policlorados como indicadores de la estructura poblacional de la ballena azul (*Balaenoptera musculus*) del Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, 80 p.
- Fiedler, P.A., S.B. Reilly., R.P. Hewitt., D. Demer., V.A. Philbrick., S. Smith., W. Armstrong., D.A. Croll., B.R. Terchy. y B.R. Mate. 1998. Blue whale habitat and prey in the California Channel Islands. Deep-Sea Research II 45: 1781-1801.

- Folch, J., M. Lees. y G.H. Sloane Stanley.1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. J. Biol. Chem. 226: 497-509.
- García-Morales, R. 2008. Análisis de la variabilidad superficial de mesoescala en el Golfo de California y su relación con la distribución y abundancia relativa de misticetos. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 115 p.
- Gendron, D. 1992. Population structure of daytime surface swarms of *Nyctiphanes simplex* (Euphasiacea: Crustacea) in the Gulf of California, México. Mar. Ecol. Prog. Ser. 87:1-6.
- Gendron, D. 2002. Ecología poblacional de la ballena azul, *Balaenoptera musculus* de la Península de Baja California. Tesis de Doctorado. CICESE. Ensenada, B.C. México.112 p.
- Gendron. D., S. Aguiñiga y J.D. Carriquiry. 2001. $\delta^{15}N$ and $\delta^{13}C$ in skin biopsy samples: a note on their applicability for examining the relative trophic level in three rorcual species. J. Cetacean. Res. Manage. 3: 41-44.
- Gómez Gallardo-Unzueta, E.A. 2004. Uso de la Laguna San Ignacio por la ballena gris *Eschrichtius robustus*, durante las temporadas invernales de 1996 y 1997. Tesis Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S., México. 86 p.
- Grahl-Nielsen, O. y O. Mjaavatten. 1991. Dietary influence on fatty acids composition of blubber fat of seal as determined by biopsy: a multivariate approach. Mar. Biol. 110: 59-64.
- Grahl-Nielsen, O., M. Andersen, A.E. Derocher, C. Lydersen, O. Wiig y K.M. Kovacs. 2003. Fatty acid composition of adipose tissue of polar bears and their prey: ringed seals, bearded seals and harp seals. Mar. Ecol. Prog. Ser. 265: 275-282.
- Iverson ,S., K. Frost y L. Lowry. 1997.Fatty acid signatures reveal scale structure of foraging distribution of harbor seals and they prey in Prince William Sound, Alaska. Mar. Ecol. Prog. Ser.151: 255-271.
- Iverson, S.J., J.E. McDonald y L.K. Smith.2001. Changes in the diet of free-ranging black bears in years of contrasting food availability revealed through milk fatty acid. Can. J. Zool. 79:2268-2279.
- Iverson,S.2002. Encyclopedia of Marine Mammals.1era Edición.Academic press. 107-112 p.
- Ju, S.J., H.R. Harvey., J. Gómez-Gutiérrez y W.T. Peterson. 2006. The role of lipids during embryonic development of the euphausiids *Euphausia pacifica* and *Thysanoessa spinifera*. Limnol. Oceanogr. 51: 2398-2408.

- Ju, S.J., K.K. KU., K.W. Seo., y H.R. Harvey. 2009. Comparative lipid dynamics of euphausiids from the Antarctic and Northeast Pacific Oceans. *Mar. Biol.* 156:1459-1473.
- Lehninger, A. 1993. *Bioquímica*. 3ra edición. Ediciones Omega. Barcelona, España. 285-314.
- Marsh, B.J. y B.D. Weinstein. 1966. Simple charring method for determination of lipids. *J. Lip. Res.* 7: 574-576.
- Mate, B.R., B.A. Lanerquist y J. Calambokidis. 1999. Movements of north pacific blue whales during the feeding season of southern California and their southern fall migration. *Mar. Mamm. Sci.* 15: 1246-1257.
- Mejía-Acosta, S.L. 2003. Dietas de la ballena azul *Balaenoptera musculus* (*Cetacea: Balaenopteridae*) en aguas adyacentes a la Baja California, con base en el análisis del contenido fecal. Tesis de licenciatura. UABC. Ensenada, Baja California. 57p.
- Nemoto, T. 1957. Foods of baleen whales in the northern Pacific. *Sci. Rep. Whales Res. Inst. Tokyo.* 14: 149-290.
- Olsen, E. y O. Grahl-Nielsen. 2003. Blubber fatty acids of minke whales: stratification, population identification and relation diet. *Mar. Biol.* 142: 13-24.
- Palacios, E., I.S. Racotta., H. Heras., H. Marty y J. Moal. 2001. The relation between lipid and fatty acid composition of eggs and larval survival in white pacific shrimp (*Penaeus vannamei*, Boone, 1931). *Aqua. Int.* 9: 531-543.
- Randall, D., Burggen. y W. French, K. 2002. *Eckert Animal Physiology mechanism and adaptations*. 5ta edición. Free man and company press. Capítulo 16. 345-356 p.
- Reilly, S.B. y V.G. Thayer. 1990. Blue whale (*Balaenoptera musculus*) distribution in the Eastern Tropical Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 66:1-11.
- Rice, D.W. 1974. Whale and whales research in the Eastern North Pacific. En: Shevill, W. F. *The whale Problem: A status Report*. Harvard Univ. Press. Cambridge, Mass.
- Ruchonnet, D., M. Boutoute, C. Guinet y P. Mayzaud. 2006. Fatty acid composition of Mediterranean fin whale *Balaenoptera physalus* blubber with respect to body heterogeneity and trophic interaction. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 311:165-174.
- Rueda –Flores, M., S. Aguiñiga. y D. Gendron. 2007. Ácidos grasos como herramienta para determinar sexos y grupos de edad de *Balaenoptera musculus* en el Golfo de California. En: *Resúmenes XI Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés*. Abril. Hermosillo, Sonora.

- Rueda-Flores, M. 2007. Variabilidad de perfil de Ácidos Grasos de ballena azul *Balaenoptera musculus* en el Golfo de California. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz B.C.S, Mexico .Pp67.
- Samuel, A.M y G.A.J. Worthy. 2004. Variability in fatty acid composition of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) blubber as a function of body site, season, and reproductive state. *Can. J. Zool.* 82: 1933-1942.
- Santamaría-del-Ángel, E., S. Álvarez-Borrego y F.E. Müller-Karger. 1994. Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *J. Geoph. Res.* 99 7411-7421.
- Soto-Mardones, L., S.G. Marinone y A. Parés-Sierra. 1999. Variabilidad espacio temporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 25: 1-30.
- Stevens, C. J.; Deibel, D. y Parrish, C. C. 2004, Copepod omnivory in the North Water Polynya (Baffin Bay) during autumn: spatial patterns in lipid composition. *Deep-Sea Research. Part 1* 51: 1637-1658.
- Villee, A.C. 1977. *Biología*. Nueva Editorial Interamericana. 7ª Edición. México, D.F. 27p.
- West, G.C., J.J. Burns y M. Modafferi. 1979. Fatty acid composition from the four species of Bering Sea phosid seals. *Can. J. Zool.* 57:189-195.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th. Ed. Prentice Hall, USA. 662 pp.

13. ANEXOS

Anexo 1. Perfil de ácidos grasos en lípidos estructurales de grasa subcutánea de machos de ballena azul.

Ácido graso	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
14:0	22.6 ± 2.8	22.5 ± 2.8	30.0 ± 2.5	28.2 ± 3.4
15:0	1.6 ± 0.2	2.1 ± 0.3	2.0 ± 0.2	2.0 ± 0.3
16:0	28.0 ± 2.5	23.4 ± 2.3	18.8 ± 1.7	20.1 ± 2.5
17:0	0.8 ± 0.7	5.2 ± 1.8	2.3 ± 0.9	1.1 ± 0.9
18:0	6.6 ± 1.0	4.4 ± 0.8	4.7 ± 0.6	4.7 ± 0.9
19:0	0.6 ± 0.2	0.8 ± 0.2	0.5 ± 0.2	0.4 ± 0.2
20:0	0.7 ± 0.2	0.2 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1
21:0	0.5 ± 0.3	0.4 ± 0.3	0.5 ± 0.3	0.4 ± 0.3
22:0	0.7 ± 0.2	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.2
23:0	0.6 ± 0.3	0.9 ± 0.4	0.7 ± 0.3	0.6 ± 0.3
24:0	3.7 ± 1.4	4.5 ± 1.5	3.6 ± 1.1	3.0 ± 1.4
Σ SFA	66.9 ± 2.0	64.9 ± 2.1	64.7 ± 1.6	62.5 ± 2.4
a-iso 14:0	1.3 ± 0.2	1.6 ± 0.2	1.4 ± 0.1	2.1 ± 0.2
iso 16:0	0.7 ± 0.4	0.7 ± 0.4	0.5 ± 0.3	1.0 ± 0.6
Fitánico	0.3 ± 0.1	0.5 ± 0.2	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
iso 17:0	1.0 ± 0.7	0.4 ± 0.4	2.6 ± 0.8	1.4 ± 0.9
Σ BFA	3.6 ± 0.9	3.3 ± 0.9	4.9 ± 0.8	4.9 ± 1.2
14:1(n-5)	0.8 ± 0.3	1.5 ± 0.4	0.9 ± 0.2	0.6 ± 0.2
15:1(n-5)	0.6 ± 0.3	0.5 ± 0.3	0.6 ± 0.2	1.2 ± 0.5
16:1(n-11)	0.7 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.4 ± 0.1	0.7 ± 0.2
16:1(n-9)	2.3 ± 0.4	2.4 ± 0.4	2.0 ± 0.3	2.4 ± 0.5
16:1(n-7)	2.4 ± 0.4	2.4 ± 0.5	2.2 ± 0.3	1.9 ± 0.4
16:1(n-5)	2.7 ± 1.4	1.7 ± 1.1	1.7 ± 0.9	1.7 ± 1.3
17:1(n-7)	0.8 ± 0.5	3.4 ± 1.1	0.5 ± 0.3	1.1 ± 0.7
18:1(n-11)	3.3 ± 0.8	4.5 ± 0.9	3.3 ± 0.6	4.1 ± 0.9
18:1(n-9)	2.7 ± 1.2	0.9 ± 0.7	3.4 ± 1.1	1.0 ± 0.8
18:1(n-7)	0.4 ± 0.2	0.5 ± 0.2	0.7 ± 0.2	1.0 ± 0.3
20:1(n-11)	1.7 ± 0.3	2.3 ± 0.3	2.0 ± 0.2	2.0 ± 0.3
20:1(n-9)	0.4 ± 0.2	0.7 ± 0.3	0.5 ± 0.2	0.6 ± 0.3
22:1(n-11)	0.8 ± 0.3	0.5 ± 0.2	0.7 ± 0.2	0.8 ± 0.3
22:1(n-3)	0.7 ± 0.3	0.8 ± 0.3	0.7 ± 0.2	0.8 ± 0.3
Σ MFA	21.2 ± 2.1	22.9 ± 2.2	19.8 ± 1.6	20.7 ± 2.3
n	5	5	8	4

Anexo 1. Continuación

Ácido graso	Febrero		Marzo		Abril		Mayo	
18:2(n-6)	0.7 ±	0.4	0.7 ±	0.4	0.9 ±	0.3	0.3 ±	0.3
22:2(n-6)	0.6 ±	0.2	0.5 ±	0.2	0.4 ±	0.1	0.6 ±	0.2
Σ PUFA	1.4 ±	0.5	1.2 ±	0.4	1.4 ±	0.4	1.0 ±	0.4
18:4(n-3)	0.3 ±	0.2	0.4 ±	0.3	0.8 ±	0.3	1.4 ±	0.5
20:5(n-3)	0.5 ±	0.4	0.4 ±	0.4	0.4 ±	0.3	1.1 ±	0.8
22:5(n-3)	1.4 ±	0.4	0.8 ±	0.3	0.6 ±	0.2	0.5 ±	0.3
22:6(n-3)	4.5 ±	1.1	5.9 ±	1.3	7.0 ±	1.1	7.3 ±	1.6
Σ HUFA	6.8 ±	1.3	7.6 ±	1.4	8.9 ±	1.2	10.8 ±	1.8
Σ (n-3)	7.5 ±	1.3	8.4 ±	1.4	9.6 ±	1.2	11.7 ±	1.8
Σ (n-6)	1.4 ±	0.5	1.2 ±	0.4	1.4 ±	0.4	1.0 ±	0.4
(n-3)/(n-6)	5.6 ±	1.9	7.1 ±	2.1	6.9 ±	1.6	12.5 ±	3.0
EPA/DHA	0.1 ±	0.1	0.1 ±	0.1	0.1 ±	0.1	0.2 ±	0.1
n	5		5		8		4	

¹ La tabla muestra los promedios con su respectivo intervalo de confianza al 95% para cada ácido graso en cada mes

² Los promedios marcados en negritas son significativamente mayores de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Anexo 2. Perfil de ácidos grasos en lípidos estructurales de grasa subcutánea de hembras de ballena azul.

Ácido graso	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
14:0	10.6 ± 2.6	10.6 ± 1.7	15.9 ± 2.2	11.3 ± 2.4
15:0	1.1 ± 0.7	1.1 ± 0.4	0.9 ± 0.4	1.0 ± 0.5
16:0	26.0 ± 6.0	26.9 ± 4.0	20.2 ± 3.9	26.7 ± 5.2
17:0	1.6 ± 0.7	1.3 ± 0.4	1.9 ± 0.5	1.1 ± 0.5
18:0	3.3 ± 2.0	1.5 ± 0.9	1.8 ± 1.1	1.5 ± 1.2
19:0	1.7 ± 0.5	1.5 ± 0.3	1.5 ± 0.4	0.9 ± 0.4
20:0	0.7 ± 0.7	0.5 ± 0.4	0.5 ± 0.4	0.4 ± 0.5
21:0	1.0 ± 0.7	1.6 ± 0.5	1.4 ± 0.6	1.2 ± 0.6
22:0	1.1 ± 0.6	1.2 ± 0.4	0.4 ± 0.2	1.2 ± 0.5
23:0	0.3 ± 0.3	0.4 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.4 ± 0.3
24:0	1.2 ± 0.8	1.6 ± 0.6	1.6 ± 0.7	1.1 ± 0.7
Σ SFA	50.1 ± 5.1	48.7 ± 3.3	47.2 ± 3.6	47.6 ± 4.4
a-iso 14:0	0.7 ± 0.5	0.4 ± 0.2	0.5 ± 0.3	0.4 ± 0.3
iso 16:0	1.1 ± 0.7	1.6 ± 0.5	1.6 ± 0.6	1.1 ± 0.6
16:0 TM	1.4 ± 0.7	1.6 ± 0.5	1.2 ± 0.5	0.9 ± 0.5
iso 17:0	1.0 ± 0.5	1.0 ± 0.3	1.4 ± 0.4	0.9 ± 0.4
Σ BFA	4.3 ± 2.0	4.7 ± 1.4	4.7 ± 1.5	3.3 ± 1.5
14:1(n-5)	1.0 ± 0.5	0.3 ± 0.2	0.4 ± 0.2	0.7 ± 0.4
15:1(n-5)	1.2 ± 0.5	1.0 ± 0.3	0.9 ± 0.3	1.0 ± 0.4
16:1(n-11)	1.7 ± 0.5	1.5 ± 0.3	2.7 ± 0.5	1.3 ± 0.4
16:1(n-9)	2.0 ± 1.0	1.8 ± 0.6	1.3 ± 0.6	1.3 ± 0.7
16:1(n-7)	1.5 ± 0.8	1.5 ± 0.5	1.6 ± 0.6	0.9 ± 0.5
16:1(n-5)	1.4 ± 0.7	1.5 ± 0.5	1.6 ± 0.5	1.0 ± 0.5
17:1(n-7)	1.6 ± 0.8	1.3 ± 0.5	1.4 ± 0.5	1.4 ± 0.7
18:1(n-11)	14.2 ± 4.7	18.2 ± 3.4	18.0 ± 3.7	24.3 ± 5.0
18:1(n-9)	1.3 ± 0.8	1.5 ± 0.6	1.5 ± 0.6	1.2 ± 0.7
18:1(n-7)	0.9 ± 0.4	0.8 ± 0.3	0.5 ± 0.2	0.4 ± 0.3
20:1(n-11)	0.8 ± 0.5	0.3 ± 0.2	0.3 ± 0.2	0.4 ± 0.3
20:1(n-9)	1.6 ± 0.6	1.5 ± 0.4	1.0 ± 0.4	1.2 ± 0.5
22:1(n-11)	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.1	0.7 ± 0.3	0.2 ± 0.2
22:1(n-3)	0.5 ± 0.3	0.3 ± 0.1	0.5 ± 0.2	0.5 ± 0.2
Σ MFA	30.9 ± 3.6	32.1 ± 2.4	33.2 ± 2.6	36.8 ± 3.2
18:2(n-6)	1.6 ± 0.7	1.6 ± 0.5	1.6 ± 0.5	1.4 ± 0.6
22:2(n-6)	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.1 ± 0.1
Σ PUFA	1.8 ± 0.8	2.0 ± 0.5	1.9 ± 0.5	1.6 ± 0.6
n	3	7	6	4

Anexo 2. Continuación

Ácido graso	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
18:4(n-3)	2.3 ± 0.7	2.3 ± 0.4	2.4 ± 0.5	1.1 ± 0.4
20:5(n-3)	2.1 ± 0.9	2.1 ± 0.6	1.5 ± 0.5	1.2 ± 0.6
22:5(n-3)	5.5 ± 1.9	5.3 ± 1.2	5.0 ± 1.3	4.5 ± 1.5
22:6(n-3)	2.6 ± 1.4	2.8 ± 0.9	3.5 ± 1.1	3.0 ± 1.3
Σ HUFA	12.7 ± 3.9	12.5 ± 2.6	12.5 ± 2.8	9.9 ± 3.0
Σ (n-3)	13.2 ± 4.0	12.9 ± 2.6	13.1 ± 2.8	10.4 ± 3.1
Σ (n-6)	1.8 ± 0.8	2.0 ± 0.5	1.9 ± 0.5	1.6 ± 0.6
(n-3)/(n-6)	7.6 ± 4.6	6.7 ± 2.9	8.0 ± 3.4	6.6 ± 3.8
EPA/DHA	1.0 ± 0.5	0.8 ± 0.3	0.5 ± 0.2	0.4 ± 0.3
n	3	7	6	4

¹ La tabla muestra los promedios con su respectivo intervalo de confianza al 95% para cada ácido graso en cada mes.

² Los promedios marcados en negritas son significativamente mayores de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Anexo 3. Perfil de ácidos grasos en lípidos estructurales de grasa subcutánea de hembras lactantes de ballena azul.

Ácido graso	Febrero		Marzo		Abril-Mayo	
14:0	14.6 ±	9.1	14.7 ±	9.1	15.1 ±	9.4
15:0	0.5 ±	0.9	0.2 ±	0.5	0.4 ±	0.9
16:0	24.6 ±	17.9	21.5 ±	16.1	23.6 ±	17.4
17:0	0.7 ±	1.4	0.2 ±	0.7	1.1 ±	1.8
18:0	7.2 ±	5.4	6.6 ±	5.1	6.7 ±	5.1
19:0	0.6 ±	0.7	0.6 ±	0.7	0.5 ±	0.6
20:0	0.4 ±	0.5	0.4 ±	0.6	0.3 ±	0.5
21:0	0.3 ±	0.3	0.2 ±	0.2	0.4 ±	0.4
22:0	0.3 ±	0.4	0.3 ±	0.5	0.2 ±	0.4
23:0	0.3 ±	0.5	0.2 ±	0.4	0.3 ±	0.4
24:0	0.3 ±	0.4	0.4 ±	0.5	0.3 ±	0.4
Σ SFA	49.9 ±	31.7	45.5 ±	29.4	49.0 ±	31.2
a-iso 14:0	0.2 ±	0.3	0.1 ±	0.2	0.6 ±	0.7
iso 16:0	0.5 ±	0.4	0.4 ±	0.4	0.3 ±	0.3
16:0 TM	0.3 ±	1.5	0.3 ±	1.2	2.0 ±	4.0
iso 17:0	0.5 ±	0.6	0.5 ±	0.7	0.3 ±	0.5
Σ BFA	1.5 ±	2.7	1.2 ±	2.3	3.4 ±	4.5
14:1(n-5)	0.5 ±	1.2	0.3 ±	0.9	0.5 ±	1.3
15:1(n-5)	0.6 ±	0.9	0.9 ±	1.2	0.1 ±	0.4
16:1(n-11)	0.2 ±	0.5	0.0 ±	0.3	0.2 ±	0.5
16:1(n-9)	1.8 ±	1.2	1.7 ±	1.2	1.9 ±	1.3
16:1(n-7)	0.7 ±	0.7	0.5 ±	0.6	0.1 ±	0.2
16:1(n-5)	0.5 ±	0.9	0.2 ±	0.6	0.7 ±	1.2
17:1(n-7)	0.8 ±	0.8	0.6 ±	0.6	0.4 ±	0.5
18:1(n-11)	28.9 ±	19.4	32.3 ±	21.3	32.2 ±	21.3
18:1(n-9)	4.1 ±	6.2	2.6 ±	4.6	1.8 ±	3.7
18:1(n-7)	0.4 ±	0.8	0.3 ±	0.7	1.0 ±	1.4
20:1(n-11)	0.7 ±	1.2	0.4 ±	0.9	0.6 ±	1.1
20:1(n-9)	0.3 ±	0.2	0.4 ±	0.2	0.5 ±	0.3
22:1(n-11)	1.2 ±	2.5	2.6 ±	4.0	1.5 ±	2.8
22:1(n-3)	0.6 ±	0.6	0.5 ±	0.6	0.3 ±	0.4
Σ MFA	41.7 ±	31.4	43.7 ±	32.5	42.1 ±	31.6
n	2		2		2	

Anexo 3. Continuación

Ácido graso	Febrero		Marzo		Abril-Mayo	
18:2(n-6)	0.6 ±	1.5	0.6 ±	1.4	0.4 ±	1.2
22:2(n-6)	0.2 ±	0.2	0.3 ±	0.3	0.3 ±	0.3
Σ PUFA	0.8 ±	1.5	0.9 ±	1.5	0.6 ±	1.3
18:4(n-3)	0.9 ±	1.6	1.0 ±	1.7	0.3 ±	0.9
20:5(n-3)	0.3 ±	0.2	0.3 ±	0.2	0.2 ±	0.2
22:5(n-3)	3.8 ±	7.2	6.5 ±	10.1	3.2 ±	6.5
22:6(n-3)	0.7 ±	0.6	0.9 ±	0.7	0.7 ±	0.6
Σ HUFA	5.8 ±	8.0	8.7 ±	10.6	4.6 ±	7.0
Σ (n-3)	6.4 ±	8.5	9.2 ±	11.0	5.0 ±	7.3
Σ (n-6)	0.8 ±	1.5	0.9 ±	1.5	0.6 ±	1.3
(n-3)/(n-6)	8.4 ±	13.3	11.8 ±	16.5	7.7 ±	12.6
EPA/DHA	0.4 ±	0.3	0.3 ±	0.3	0.3 ±	0.3
n	2		2		2	

¹ La tabla muestra los promedios con su respectivo intervalo de confianza al 95% para cada ácido graso en cada mes

² Los promedios marcados en negritas son significativamente mayores de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Anexo 4. Porcentaje de lípidos en *Euphausia pacifica*.

Fatty acids	January		February	April	June			August		
	Larvae (n = 1)	Adults (n* = 2)	Adults (n* = 1)	Adults (n = 2)	Larvae (n = 2)	Juveniles (n = 3)	Adults (n = 7)	Larvae (n = 11)	Juveniles (n = 5)	Adults (n = 17)
<i>(A) Euphausia pacifica</i>										
<i>n</i> -Saturates										
14:0	2.3	6.4 (0.5)	2.7	1.9 (0.0)	2.7 (2.0)	3.3 (1.3)	2.9 (1.0)	2.1 (0.7)	2.9 (1.6)	2.6 (0.7)
16:0	21.9	21.4 (3.1)	20.2	22.5 (0.9)	24.0 (3.1)	23.2 (4.6)	23.8 (3.3)	25.6 (2.0)	17.9 (8.7)	22.7 (2.9)
18:0	1.7	1.7 (0.4)	1.4	1.6 (0.1)	4.0 (1.3)	2.2 (0.6)	1.9 (0.4)	2.8 (1.9)	2.3 (0.8)	1.7 (0.4)
Others ^a	0.2	0.3 (0.0)	0.1	0.2 (0.0)	0.1 (0.0)	0.1 (0.1)	0.2 (0.2)	0.1 (0.0)	0.1 (0.1)	0.2 (0.2)
Monounsaturates										
16:1 ω 7	3.3	14.9 (0.2)	4.3	2.1 (0.5)	4.3 (0.1)	4.7 (1.4)	3.5 (2.1)	5.0 (1.2)	4.3 (2.8)	4.1 (1.4)
16:1 ω 5	0.4	0.4 (0.0)	0.3	0.3 (0.8)	0.2 (0.1)	0.3 (0.1)	0.3 (0.1)	0.2 (0.0)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)
18:1 ω 9	7.7	10.2 (0.3)	7.2	10.3 (1.2)	7.9 (1.2)	10.0 (1.4)	11.8 (1.2)	7.4 (1.3)	9.2 (2.7)	9.4 (1.5)
18:1 ω 7	5.3	6.5 (0.9)	6.4	6.6 (0.5)	6.0 (0.9)	6.5 (0.8)	6.9 (0.9)	6.9 (0.6)	6.4 (2.4)	7.5 (0.7)
20:1 ω 9	1.0	0.2 (0.0)	0.5	0.8 (0.1)	0.7 (0.7)	0.7 (0.3)	0.6 (0.2)	0.3 (0.1)	0.8 (0.7)	0.5 (0.2)
20:1 ω 7	0.2	0.1 (0.0)	0.2	0.2 (0.0)	0.2 (0.0)	0.2 (0.1)	0.1 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)
22:1 ω 11	1.5	0.8 (0.1)	0.7	1.4 (0.2)	0.1 (0.2)	0.2 (0.3)	0.1 (0.1)	Tr	0.2 (0.3)	0.1 (0.1)
22:1 ω 9	0.4	0.3 (0.1)	0.2	0.2 (0.1)	0.1 (0.2)	0.2 (0.2)	0.1 (0.1)	Tr	0.2 (0.4)	0.1 (0.2)
Others ^b	0.3	0.3 (0.1)	0.1	0.3 (0.1)	0.3 (0.0)	0.4 (0.1)	0.3 (0.1)	0.4 (0.2)	0.3 (0.2)	0.3 (0.1)
Polyunsaturates										
16:2 ω 4	0.8	2.7 (0.9)	1.3	0.6 (0.1)	1.2 (0.7)	1.0 (0.7)	0.6 (0.4)	1.3 (0.3)	1.0 (0.7)	0.9 (0.3)
16:4 ω 1	0.2	0.1 (0.0)	0.9	0.8 (0.1)	0.4 (0.4)	0.5 (0.5)	0.2 (0.2)	0.6 (0.5)	0.8 (0.6)	0.4 (0.2)
18:2 ω 6	2.6	4.6 (0.9)	3.0	2.3 (0.3)	1.6 (1.2)	2.8 (1.7)	3.1 (1.1)	1.6 (0.5)	1.9 (0.5)	1.9 (0.5)
18:4 ω 3	2.9	2.7 (0.5)	2.7	2.5 (0.2)	6.0 (4.7)	2.0 (1.2)	1.4 (1.5)	0.9 (0.4)	2.1 (1.2)	1.6 (0.8)
20:4 ω 6	1.4	1.3 (0.2)	1.3	1.4 (0.2)	0.9 (0.5)	1.3 (0.5)	1.7 (0.5)	1.3 (0.3)	1.1 (0.4)	1.6 (0.3)
20:4 ω 3	0.3	0.1 (0.0)	0.3	0.4 (0.0)	0.2 (0.3)	0.4 (0.3)	0.3 (0.3)	0.3 (0.2)	0.3 (0.2)	0.5 (0.1)
20:5 ω 3	19.5	9.1 (1.8)	25.8	18.9 (1.6)	23.1 (3.0)	21.3 (4.6)	18.2 (4.0)	30.3 (4.3)	21.6 (9.7)	24.4 (4.5)
22:4 ω 3	1.0	0.4 (0.2)	1.0	0.7 (0.3)	0.2 (0.2)	0.5 (0.4)	0.4 (0.2)	0.1 (0.2)	0.2 (0.2)	0.4 (0.3)
22:5 ω 6	0.4	0.5 (0.1)	0.2	0.3 (0.0)	0.1 (0.1)	0.2 (0.1)	0.5 (0.4)	0.1 (0.0)	0.1 (0.1)	0.3 (0.3)
22:6 ω 3	20.0	6.3 (2.1)	15.3	20.0 (1.2)	11.8 (7.2)	13.9 (6.3)	15.8 (5.8)	8.4 (3.2)	11.0 (5.3)	13.8 (4.3)
Others ^c	0.6	0.7 (0.2)	0.5	0.6 (0.1)	0.8 (0.7)	0.7 (0.4)	0.5 (0.2)	1.1 (0.2)	0.9 (0.5)	0.7 (0.2)
Branched and odd chain	4.2	7.4 (1.4)	3.3	3.7 (0.2)	2.9 (0.9)	3.2 (1.0)	4.6 (1.5)	3.0 (0.8)	3.8 (0.5)	3.8 (0.6)
Total concentration (mg g ⁻¹ dry mass)	46.3	125.6 (3.5)	54.7	52.6 (0.7)	55.4 (3.4)	46.9 (12.3)	30.9 (7.8)	48.4 (13.7)	39.9 (16.7)	43.4 (6.1)

Anexo 5. Porcentaje de lípidos en *Thysanoessa spinifera*.

Fatty acids	April	June			August		
	Adults (n = 3)	Larvae (n = 1)	Juveniles (n = 3)	Adults (n = 5)	Larvae (n = 2)	Juveniles (n = 2)	Adults (n = 9)
<i>(B) Thysanoessa spinifera</i>							
<i>n</i> -Saturates							
14:0	1.6 (0.3)	3.8	4.2 (0.4)	4.3 (0.7)	4.0 (2.6)	4.6 (0.9)	2.5 (0.9)
16:0	24.8 (0.8)	30.8	28.6 (3.9)	29.8 (5.2)	27.8 (3.2)	33.8 (5.0)	26.0 (4.4)
18:0	2.2 (0.3)	2.4	2.3 (0.6)	2.5 (0.5)	2.4 (0.0)	2.7 (0.9)	2.1 (0.7)
Others ^a	0.1 (0.1)	0.8	0.1 (0.1)	0.1 (0.0)	0.2 (0.2)	0.1 (0.1)	0.1 (0.2)
Monounsaturates							
16:1 ω 7	2.7 (0.2)	4.4	7.1 (1.9)	7.1 (1.4)	4.5 (0.2)	5.6 (2.3)	4.3 (1.5)
16:1 ω 5	0.2 (0.0)	0.1	0.1 (0.0)	0.2 (0.1)	0.2 (0.1)	0.3 (0.0)	0.2 (0.0)
18:1 ω 9	10.4 (1.3)	7.7	10.0 (1.0)	10.7 (1.5)	11.6 (3.9)	13.8 (1.7)	12.2 (1.6)
18:1 ω 7	5.6 (0.1)	5.5	6.3 (1.0)	6.7 (0.9)	5.7 (1.0)	6.6 (1.5)	6.2 (1.0)
20:1 ω 9	0.4 (0.1)	0.7	0.5 (0.2)	0.8 (0.7)	0.7 (0.5)	0.8 (1.1)	1.3 (0.9)
20:1 ω 7	0.2 (0.1)	Tr	0.3 (0.0)	0.4 (0.1)	0.2 (0.1)	0.1 (0.1)	0.2 (0.1)
22:1 ω 11	0.6 (0.2)	0.4	0.2 (0.2)	0.7 (1.4)	0.1 (0.2)	0.1 (0.2)	0.1 (0.1)
22:1 ω 9	0.3 (0.1)	0.5	0.2 (0.2)	0.2 (0.3)	0.2 (0.3)	0.1 (0.1)	0.2 (0.2)
Others ^b	0.3 (0.0)	1.1	0.4 (0.1)	0.7 (0.9)	0.3 (0.0)	0.4 (0.0)	0.6 (0.2)
Polyunsaturates							
16:2 ω 4	1.0 (0.3)	1.1	1.5 (0.6)	1.6 (0.3)	0.8 (0.4)	1.7 (1.5)	1.5 (1.9)
16:4 ω 1	0.6 (0.4)	0.2	1.3 (0.9)	1.6 (0.9)	0.6 (0.6)	1.2 (1.5)	0.5 (0.5)
18:2 ω 6	0.9 (0.1)	1.5	1.0 (0.6)	0.8 (0.3)	1.4 (0.1)	1.0 (0.9)	1.5 (0.5)
18:4 ω 3	0.9 (0.3)	0.1	1.4 (0.1)	1.3 (0.3)	1.3 (0.3)	0.8 (0.1)	0.7 (0.5)
20:4 ω 6	1.2 (0.4)	0.9	0.7 (0.3)	0.7 (0.3)	0.9 (0.3)	0.6 (0.4)	1.5 (0.4)
20:4 ω 3	0.3 (0.0)	0.2	0.2 (0.2)	0.2 (0.1)	0.6 (0.1)	0.3 (0.4)	0.4 (0.2)
20:5 ω 3	27.2 (3.3)	19.4	21.9 (1.9)	21.1 (3.0)	20.3 (10.8)	14.8 (1.7)	21.1 (3.6)
22:4 ω 3	0.8 (0.1)	0.8	0.3 (0.2)	0.2 (0.2)	0.4 (0.1)	0.2 (0.3)	0.5 (0.6)
22:5 ω 6	0.2 (0.1)	1.1	0.1 (0.1)	0.1 (0.0)	0.1 (0.0)	0.1 (0.1)	0.3 (0.5)
22:6 ω 3	14.7 (3.4)	10.9	7.4 (6.1)	5.2 (2.8)	12.4 (1.4)	6.2 (8.0)	12.8 (6.3)
Others ^c	0.6 (0.1)	1.4	1.1 (0.4)	1.1 (0.3)	1.3 (0.8)	1.4 (1.3)	0.9 (0.8)
Branched and odd chain	2.1 (0.2)	4.1	2.5 (0.6)	1.9 (0.7)	2.2 (0.9)	2.6 (1.4)	2.3 (0.4)
Total concentration (mg g ⁻¹ dry mass)	66.4 (18.7)	119.2	97.7 (26.6)	125.7 (56.0)	119.2 (92.3)	136.3 (14.8)	48.9 (20.0)

Anexo 6. Porcentaje de lípidos en *Nyctiphanes simplex*.

	Juvenil indiferenciado	Hembras juveniles	Hembras gastadas	Machos juveniles	Machos adultos
12:0	0.68 ± 1.08	0.65 ± 0.78	0.35 ± 0.60	0.49 ± 1.05	0.34 ± 0.24
13:0	0.15 ± 0.30	0.12 ± 0.17	0.10 ± 0.12	0.13 ± 0.27	0.09 ± 0.07
14:0	3.94 ± 2.63	4.78 ± 2.30	4.32 ± 2.00	3.92 ± 1.16	4.07 ± 1.53
a iso 14:0	0.38 ± 0.80	0.29 ± 0.26	0.34 ± 0.26	0.23 ± 0.14	0.30 ± 0.14
15:0	1.31 ± 0.93	1.44 ± 1.55	1.14 ± 0.68	0.97 ± 0.55	0.92 ± 0.20
iso 15:0	0.62 ± 0.61	0.52 ± 0.30	0.45 ± 0.32	0.35 ± 0.26	0.45 ± 0.24
16:0	32.42 ± 14.34	30.22 ± 6.34	27.71 ± 3.77	26.17 ± 7.91	26.81 ± 2.94
16:1n-9	1.83 ± 3.82	3.45 ± 8.26	1.84 ± 3.70	1.24 ± 1.33	1.53 ± 1.01
16:1n-7	1.50 ± 1.49	2.25 ± 1.99	2.52 ± 1.48	2.89 ± 2.35	2.24 ± 0.65
16:1n-5	0.36 ± 0.45	0.27 ± 0.27	0.26 ± 0.24	0.27 ± 0.23	0.19 ± 0.15
iso 16:0	0.43 ± 0.31	0.34 ± 0.21	0.30 ± 0.14	0.36 ± 0.25	0.30 ± 0.08
16:2n-4	1.81 ± 8.03	0.75 ± 0.96	0.87 ± 4.17	2.31 ± 7.38	0.56 ± 0.49
16:0 tMe	0.26 ± 0.28	0.40 ± 0.44	0.30 ± 0.23	0.38 ± 0.38	0.34 ± 0.16
17:0	1.25 ± 0.75	1.18 ± 0.32	1.14 ± 0.18	1.07 ± 0.35	1.07 ± 0.11
16:3n-3	0.50 ± 0.74	0.54 ± 1.21	0.27 ± 0.31	0.34 ± 0.51	0.20 ± 0.17
iso 17:0	0.69 ± 0.72	0.54 ± 0.27	0.47 ± 0.23	0.44 ± 0.22	0.50 ± 0.24
18:0	15.74 ± 15.41	11.62 ± 8.17	8.91 ± 7.37	8.57 ± 5.78	9.69 ± 6.94
18:1n-9	5.49 ± 7.93	5.98 ± 5.07	7.12 ± 4.00	6.10 ± 3.87	5.97 ± 1.77
18:1n-7	1.44 ± 1.09	1.72 ± 0.91	2.20 ± 0.92	2.13 ± 0.77	1.94 ± 0.62
18:2n-6	2.46 ± 9.00	1.91 ± 1.18	2.15 ± 2.24	1.87 ± 1.14	1.90 ± 0.40
19:0	0.40 ± 0.60	0.35 ± 0.28	0.35 ± 0.35	0.32 ± 0.30	0.31 ± 0.36
18:3n-3	1.17 ± 1.14	1.22 ± 0.87	1.54 ± 0.85	1.42 ± 0.71	1.60 ± 0.69
18:4n-3	1.25 ± 2.31	0.97 ± 1.51	0.92 ± 1.53	1.09 ± 0.94	1.02 ± 0.77
20:0	1.05 ± 2.11	0.61 ± 0.32	0.62 ± 1.29	0.59 ± 0.70	0.46 ± 0.26
20:1n-9	0.54 ± 0.38	0.56 ± 0.47	0.59 ± 0.27	0.63 ± 0.33	0.73 ± 0.32
20:1n-7	0.52 ± 0.85	0.34 ± 0.30	0.30 ± 0.30	0.33 ± 0.65	0.30 ± 0.15
20:2n-6	0.48 ± 1.77	0.35 ± 0.29	0.34 ± 0.25	0.31 ± 0.15	0.37 ± 0.20
20:3 n6	0.41 ± 0.83	0.29 ± 0.21	0.22 ± 0.16	0.26 ± 0.24	0.19 ± 0.17
21:0	0.30 ± 0.48	0.28 ± 0.23	0.16 ± 0.14	0.19 ± 0.29	0.13 ± 0.07
20:4n-6	1.67 ± 1.29	2.19 ± 1.62	2.64 ± 1.44	2.68 ± 1.23	2.51 ± 1.14
20:5n-3	7.37 ± 6.09	9.47 ± 7.15	11.06 ± 5.90	13.71 ± 6.92	11.95 ± 2.86
22:0	0.65 ± 0.78	0.61 ± 0.51	0.36 ± 0.16	0.40 ± 0.31	0.49 ± 0.34
24:0	0.56 ± 0.58	0.63 ± 0.97	0.38 ± 0.42	0.28 ± 0.21	0.37 ± 0.23
22:6n-3	10.37 ± 11.02	13.16 ± 8.38	17.79 ± 7.04	17.59 ± 7.16	20.16 ± 7.45