



XOCHIMILCO SERVICIOS DE INFORMACION
ARCHIVO HISTORICO

T
257

84724

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA



Valores de referencia de la composición lipídica en plasma de crías menores de tres meses, de la colonia reproductora de lobo marino (*Zalophus c. californianus*) en Los Islotes, B.C.S., 1999.

T E S I S

Que para obtener el Grado de:
Doctor en Ciencias Biológicas
Presenta:

María Isabel de los Dolores Castro González

Mayo, 2002

**“El Doctorado en Ciencias Biológicas de la
Universidad Autónoma Metropolitana pertenece
al Padrón de Posgrados de Excelencia del CONACyT
y además cuenta con apoyo del mismo Consejo, con el
convenio PFP-20-93”**

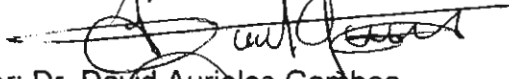
El jurado designado por las Divisiones de Ciencias Biológicas y de la Salud de las
Unidades Iztapalapa y Xochimilco
aprobó la tesis que presentó

María Isabel de los Dolores Castro González

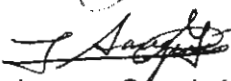
El día 31 de mayo del año de 2002

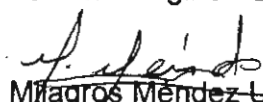
Comité Tutorial:


Cotutor: Dr. Fernando Pérez-Gil Romo


Cotutor: Dr. David Aurióles Gamboa


Asesor : Dr. Gilberto Díaz González


Sinodal: Dra. Leonor Sanginés García


Sinodal: Dra. Miragros Méndez-Ubach

Con todo mi amor

A mi Dios en todas sus formas, tiempos y dimensiones

A papá y mamá, Julieta, Livia y Didi

A todos mis amigos

Agradecimientos

Por su naturaleza, este trabajo requirió de la participación de un gran número de personas y del apoyo de varias instituciones, a todos mi más sincero agradecimiento.

A continuación los nombro por orden de aparición en el desarrollo de la tesis.

- ^ Como siempre, mi más profundo agradecimiento al Dr. *Fernando Pérez-Gil Romo*, quien con su apoyo y amistad de tantos años me ha ayudado a lograr esta meta. Gracias Siempre
- ^ De manera muy especial agradezco al Dr. *David Auriol Gamboa* todo el apoyo, amistad y guía brindados. Gracias por invitarme a ser parte de este maravilloso mundo de los mamíferos marinos. Gracias mil.
- ^ Mi más sincero agradecimiento para el Dr. *Gilberto Díaz González*, quien desde el primer momento me brindó su tiempo y conocimiento. Muchas gracias.
- ^ Al Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición. Mi segunda casa. Por ser la gran Institución que es y de la que estoy orgullosa de pertenecer.
- ^ Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional por permitirme ser parte de sus investigaciones a través del proyecto del Dr. Auriol.
- ^ A la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco por permitirme realizar una meta más.
- ^ Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico brindado durante parte del Doctorado y por el apoyo económico brindado a través del proyecto con clave 26430-N.
- ^ A la SEMARNAP (Instituto de Ecología) por los permisos de investigación otorgados (DOO 750-4172/97 y DOO 750-4443/98).
- ^ Con mucho cariño agradezco a la M.C. *Claudia J. Hernández Camacho* por enseñarme a caminar en una lobera y por todo lo demás.
- ^ Al personal del CICIMAR que me ayudó enormemente en el trabajo de campo: Sebastián Luque, Carlos Godínez y Manolo Álvarez. Muchas gracias por el trabajo en equipo

- ⤴ Muy especialmente agradezco el apoyo del M.V.Z. Alberto Parás, de AFRICAM-SAFARI, quien llevó a cabo las anestесias tan adecuadamente, que posibilitó la calidad y cantidad de muestras obtenidas.
- ⤴ A mis amigos de Nutrición que me apoyaron enormemente en el trabajo de laboratorio. *Sara Montaño, Norma López y José Luis Silencio*. Mil, mil y tres veces mil gracias por su amistad.
- ⤴ Con mucho cariño agradezco la ayuda incondicional de *Ma. Elena Carranco y de Blanca Medina*, quienes siempre estuvieron dispuestas para asesorarme en la parte estética de las ponencias y congresos, pero sobretodo gracias por su amistad y cariño. Gracias.
- ⤴ Mi más sincero agradecimiento por el tiempo y conocimiento compartido, pero sobre todo por la buena disposición e interés brindado para la revisión del trabajo de tesis, a las Doctoras *Leonor Sanginés García y Milagros Mendez Ubach*. Gracias de todo corazón.
- ⤴ Y porque soy parte de un todo, no puedo dejar de agradecer a mis compañeros del Departamento de Nutrición Animal y de la Dirección de Nutrición, siempre al pendiente.

Resumen

En los mamíferos marinos la grasa, además de ser muy abundante, juega un papel preponderante en la salud de los animales. Los indicadores clínicos son una medida indirecta del estado nutricional de una población, así como de sus condiciones ambientales. Dentro de éstos, las fracciones lipídicas son de gran importancia, ya que a niveles anormales son indicadores de diversas patologías por lo que resulta necesario establecer sus valores de referencia. Por esto, el objetivo de la presente investigación fue identificar y cuantificar los niveles de las siguientes fracciones lipídicas: colesterol (COL), triglicéridos (TG), vitaminas liposolubles (A, D₃, E), lípidos totales (LT) y ácidos grasos (AG) en plasma de crías de *Zalophus c. californianus*, y las posibles relaciones de estos resultados con parámetros morfométricos (sexo, peso, longitud, Factor de condición de Fulton, Perímetro axilar/longitud estándar, grosor de la capa de grasa), para establecer valores de referencia de la composición lipídica. El estudio se realizó en 35 crías de "Los Islotes", capturadas durante el verano de 1999. Los animales se anestesiaron y los plasmas obtenidos se sometieron a los análisis químicos en los equipos Synchron CX5, HPLC y CG/FID. Los resultados obtenidos indicaron que las muestras pertenecieron a una población sana y en buenas condiciones. Los parámetros e índices morfométricos fueron similares entre machos y hembras. No se detectó diferencia significativa $P > .05$ entre sexos en la mayoría de los parámetros lipídicos. Esta ausencia de diferencia sexual permite en el futuro utilizar muestras mixtas para el análisis del estado de salud. En promedio, para ambos sexos, se obtuvo una concentración de: (COL) de 158 mg/dL, (TG) de 74.7 mg/dL, Vitamina A de 50.81 µg/100mL, Vitamina D₃ 40.1ng/mL, Vitamina E de 1.3 mg/100mL, (LT) de 0.58 g/dL. Se identificaron 29 (AG), 12 saturados, 9 monoinsaturados y 10 poliinsaturados. La concentración y tipo de (AG) fueron muy variables entre machos y hembras en algunos casos (C13:0, C15:1 y C18:1n-9t). El C20:3n-3 se identificó sólo en machos en cantidades traza. El único (AG) en el que se detectó diferencia significativa $P < .05$ entre grupos fue el C15:1. De igual manera se observó esta diferencia para el total de ácidos grasos saturados entre hembras (H) (371.11 mg/100mL) y machos (M) (341.7mg/100 mL). Se identificaron dos ácidos grasos trans: C18:1n-9t (10.6 (M) y 7.8 (H) mg/100 mL) y C18:2n-6t (3.3 (M) y 4.0 (H) mg/100 mL). Se identificaron cuatro AG n-6 en ambos grupos (C18:2, C18:3, C20:3 y C20:4) y tres AG n-3 en (M) (C20:5, C22:6 y C20:3), éste último no se detectó en el grupo de las hembras. Se observó una gran variación en los intervalos de confianza y desviaciones estándar para (TG) y (AG), a diferencia de los demás parámetros lipídicos, debido a que estas fracciones están fuertemente influenciadas por el estado de alimentación de los animales muestreados. En conclusión, los análisis lipídicos que pudieran establecerse como indicadores rutinarios del estado de salud de una población son el colesterol, los lípidos totales y las vitaminas liposolubles, por ser indicadores con valores promedio semejantes entre grupos, con desviaciones estándar e intervalos de confianza cortos, además de que analíticamente son menos costosos y rápidos.

Abstract

In the marine mammals the fat, besides being very abundant, plays a preponderant paper in the animal's health. The clinical indicators are an indirect measure of the nutritional state of a population, as well as of their environmental conditions. Inside these, the lipidic parameters are of great importance, since at abnormal levels they are indicative of diverse pathologies, reason for that is necessary to establish their reference values. For this reason, the aim of the present investigation was to identify and to quantify the levels of the following lipidic parameters: cholesterol (CHOL), triglycerids (TG), liposolubles vitamins (A, D₃, E), total lipids (TL) and fatty acids (FA) in plasm of breeding pups of *Zalophus c. californianus*, as well as to establish the possible relationships of these results with morphometric parameters (sex, weight, longitude, Fulton's condition factor, axillary girth/standard length index, sculp thickness). The study was carried out in 30 breeding pups of "Los Islotes", captured during the summer of 1999. The animals were anesthetized and the obtained plasms were submitted to the chemical analyses in the Synchron CX5, HPLC and GC. The results showed that all the samples belonged to a healthy population with good status. The morphometric measurements were similar between males and females. Statistical difference was not detected $P > 0.05$ among sexes in most of the lipidic parameters. This absence of sexual difference allows in the future to use mixed samples for the analysis of the state of health. In mean, for both sexes, it was obtained the next concentration of: (CHOL) 158 mg/dL, (TG) 74.7 mg/dL, Vitamin A 50.81 µg/100mL, Vitamin D₃ 40.1ng/mL, Vitamin E 1.3 mg/100mL; (TL) 0.58 g/dL. 29 Fatty acids (FA) were identified: 12 saturated, 9 monounsaturated and 10 polyunsaturated. The concentration and type of (FA) were very variable between males and females in some cases (C13:0, C15:1 and C18:1n-9t). The C20:3n-3 was only identified in males group in a very low quantity. C15:1 was the only one (FA) with statistical difference $P < 0.05$ among groups. As well as the total saturated fatty acids, among females (F) (371.11 mg/100mL) and males (M) (341.7mg/100mL). Two *trans* fatty acids were identified: C18:1n-9t (10.6 (M) and 7.8 (F) mg/100 mL) and C18:2n-6t (3.3 (M) and 4.0 (F) mg/100 mL). Four n-6 FA were identified in both groups (C18:2, C18:3, C20:3 and C20:4) and three n-3 FA were detected in (M) (C20:5, C22:6 and C20:3), the last one wasn't detected in females group. There were observed a great variation in the confidence intervals and standard deviations for (TG) and (FA), against the other lipidic measurements, since these values are strongly influenced by the different feeding status. In conclusion, the lipidic measurements that could being used as routine indicators, of the health's population status are cholesterol, vitamins and total lipids, due to its mean was similar between males and females, its D.S. and C.L. were short and because analytically, it takes less time, work and cost.

INDICE GENERAL

	<i>Página</i>
Introducción -----	1
I. Marco Teórico	
1. Lobo marino de California	
1.1. Generalidades -----	2
1.2. Mortalidad-----	3
1.3. Distribución y Abundancia-----	5
1.4. Reproducción -----	6
1.5. Alimentación-----	9
2. Lípidos	
2.1. Generalidades de los lípidos -----	12
2.2. Funciones de los lípidos -----	13
2.3. Clasificación de los lípidos -----	14
2.4. Acidos grasos-----	14
2.5. Colesterol -----	18
2.6. Vitaminas liposolubles -----	19
II. Antecedentes -----	22
III. Justificación -----	25
IV. Objetivo General -----	28
V. Objetivos Particulares -----	28
VI. Hipótesis-----	28
VII. Métodos -----	29
7.1. Diseño Metodológico -----	29
7.2. Características de la Zona de muestreo -----	30
7.3. Método de muestreo -----	31
7.4. Técnicas analíticas	
7.4.1. Colesterol -----	37
7.4.2. Triglicéridos -----	38
7.4.3. Vitaminas liposolubles -----	39
7.4.4. Lípidos totales -----	42
7.4.5. Acidos grasos -----	42
7.4.6. Análisis Estadísticos -----	48
VIII. Resultados y Discusión	
8.1. Características de la población estudiada -----	49
8.2. Toma de muestra sanguínea -----	52
8.3. Colesterol -----	53
8.4. Triglicéridos -----	62
8.5. Vitaminas liposolubles -----	66
8.6. Lípidos totales -----	71
8.7. Acidos grasos -----	72
IX. Conclusiones -----	86
X. Recomendaciones -----	88
X. Referencias Bibliográficas -----	89
Anexo 1. Artículos derivados del trabajo de tesis -----	97

INDICE DE CUADROS

Página

Cuadros

1	Categorías por sexo y edad del lobo marino de California-----	4
2	Masa de pinnípedos durante la lactancia-----	9
3	Composición química de la leche-----	24
4.	Grupos de edad de Lobos marinos -----	33
5	Medidas morfométricas de machos y hembras-----	50
6	Medidas morfométricas de crías.-----	51
7	Indices morfométricos de crías de diferentes años-----	52
8	Estadísticas paramétricas de colesterol-----	54
9	Análisis de correlación-----	56
10	Coeficiente de correlación entre colesterol y peso-----	57
11	Triglicéridos, colesterol y glucosa en diferentes especies-----	61
12	Estadísticas paramétricas de los triglicéridos plasmáticos-----	62
13	Vitaminas A, D, y E plasmáticas.-----	67
14	Lípidos totales plasmáticos-----	72
15	Acidos grasos saturados-----	76
16	Acidos grasos insaturados -----	77
17	Acidos Grasos polinsaturados-----	78
18	Acidos grasos n-3 y n-6 de diferentes especies-----	83

INDICE DE FIGURAS

Figuras	<i>Página</i>
1.Estructura química de los ácidos grasos-----	16
2.Estructura química del colesterol-----	18
3.Estructura química de la Vitamina A-----	20
4. Estructura química de la Vitamina D ₃ -----	20
5. Estructura química de la Vitamina E -----	21
6.Producción anual de crías en Los Islotes.-----	27
7.Condición corporal de crías de Los Islotes -----	27
8.Diagrama de actividades -----	29
9.Mapa de la zona de colecta -----	30
10.Diagrama para análisis de vitaminas -----	40
11.Diagrama para el análisis de lípidos totales -----	44
12.Diagrama para el análisis de ácidos grasos -----	45
13.Colesterol en hembras de diferentes edades.-----	59
14.Colesterol en machos de diferentes edades.-----	59
15.Colesterol en crías de diferentes edades -----	60
16.Triglicéridos en crías de diferentes condiciones -----	65
17.Acidos Grasos plasmáticos -----	73
18.Tipología de los ácidos grasos plasmáticos -----	74
19.7Acidos grasos trans -----	79
20 Acidos grasos n-3 y n-6.-----	80
21.Acidos Grasos n-6 -----	83
22.Acidos Grasos n-3 -----	84
Fotografías	
1.Selección y captura -----	32
2.Toma de medidas morfométricas -----	34
3.Equipo -----	36

Introducción.

En los últimos años, el Golfo de California ha venido adquiriendo mayor relevancia desde dos puntos de vista: el primero, por el desarrollo pesquero y turístico de los estados colindantes; y el segundo porque se ha declarado como una zona de reserva para muchas especies vegetales y animales. Dentro de las cuales se encuentra el único pinnípedo que habita esta región, conocido como lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*).

Este mamífero marino es un ictiófago que se encuentra en lo alto de la red trófica y por lo tanto es sensible a cambios en la abundancia y composición de alimento, tanto demográfica como fisiológicamente; por lo cual, es una especie que se considera como un indicador potencial de las condiciones ambientales.

Una buena disponibilidad de alimento en el medio contribuye, a una mayor eficiencia alimenticia de los organismos que en él habitan, y esto se refleja en parámetros tales como la condición corporal, el estado nutricional y las reservas energéticas, principalmente de las crías lactantes ya que su único alimento proviene directamente de las madres.

En el lobo marino de California, como en otros pinnípedos, la grasa de la leche es después del agua, el nutrimento más abundante, esto debido a la gran importancia que tienen los lípidos en estas especies, principalmente en la capa de grasa subcutánea.

Por todo esto, se considera de mucha importancia el conocer la composición química de las fracciones lipídicas del plasma y grasa subcutánea de crías del lobo marino de California, de una colonia reproductora en buen estado, para poder establecer valores de referencia, que en un futuro permitan, junto con otros parámetros, ayudar a establecer las condiciones de salud en que se encuentran las demás colonias del Golfo de California.

I. MARCO TEORICO

1. LOBO MARINO DE CALIFORNIA

1.1 Generalidades

Las focas modernas, lobos marinos y morsas forman un grupo distinto y diverso de mamíferos del orden de los Pinnipedia. Algunos taxónomos (King, 1983) no consideran a los pinnípedos como un orden separado, sino como un suborden bajo el orden Carnívora; mientras que Riedman, (1990) piensa que los pinnípedos son un grupo con características únicas y por lo tanto conviene separarlos en otro orden. Al final ambos parecen coincidir en que el orden Pinnipedia se compone de dos superfamilias: la Otarioidea y la Phocoidea. Los otáridos incluyen a las familias Otariidae (focas con orejas) y los Odobenidae (morsas). Los fócidos constan de la familia Phocidae (focas verdaderas).

Treinta y tres especies diferentes de pinnípedos se han encontrado a través del mundo actual; dieciocho fócidos, catorce otáridos y un odobenido (Riedman, 1990).

NOMBRE CIENTIFICO:

(Orden Pinnipedia)

Superfamilia Otarioidea

Familia Otariidae

Subfamilia Otariinae (lobos marinos o leones marinos): 5 especies

Lobo marino de California (*Zalophus californianus*)

***Z. c. californianus* (lobo marino de California)**

Z. c. wolfebaeki (lobo marino de las Galápagos)

Z. c. japonicus (lobo marino japonés)

La población de lobo marino (*Zalophus californianus*) (Lesson, 1828) en el mundo se compone de tres subespecies: 1) *Z. c. Japonicus* (Peters, 1866), que probablemente está extinta; 2) *Z. c. Californianus* (Lesson, 1868) cuya distribución se extiende desde el norte en la Columbia Británica (Canadá) hasta el sur en las

islas Mariás incluyendo el Golfo de California (México) y que en el presente trabajo es la especie a estudiar; y 3) *Z. c. wolfebaeki* (Sivertsen, 1953) que es la subespecie que habita en las islas Galápagos.

Los pinnípedos constituyen más del 28% de las 116 especies de mamíferos marinos, la mayoría de los cuales son cetáceos. Se ha estimado que 50 millones de pinnípedos existen alrededor del mundo, cerca del 90% de ellos son fócidos; el 10% restante son otáridos y odobenidos (Riedman, 1990).

Los pinnípedos son anfibios y el tiempo que cada especie pasa en tierra es diferente entre sí. Una variable especialmente importante en la selección del hábitat terrestre es que éste sea adecuado para las actividades de crianza. El lobo marino de California a menudo se localiza en estructuras construidas por el hombre tales como muelles, boyas y plataformas. Esto se debe a que, a diferencia de otros mamíferos marinos, que prefieren estar en áreas aisladas y sin disturbios, *Z. californianus* puede habitar en presencia del hombre (Riedman, 1990).

La proporción sexual de *Z. c. californianus* al nacimiento es de 1:1 y cambia a favor de las hembras durante la edad adulta en una proporción de entre 1:4 y 1:14 (machos adultos:hembras adultas). El dimorfismo sexual se presenta desde el nacimiento en donde los machos pesan y miden mas que las hembras (Luque y Auriol, 2001). De acuerdo a ciertas características diferenciales se reconocen cinco categorías por sexo y edad a lo largo del ciclo de vida de la especie (Cuadro 1) (Hernández-Camacho, 2001).

1.2. Mortalidad.

Las tasas de mortalidad específicas por edad son necesarias para calcular las edades más susceptibles a la selección natural, los valores reproductivos para cada clase de edad, la tasa de incremento poblacional, la esperanza promedio de vida al nacimiento, la longevidad y el porcentaje de la población que muere cada año. Uno de los estudios más completos sobre este tema es el de Hernández-Camacho (2001), quien realizó la tabla de vida de la población de Los Islotes, encontrando

que la supervivencia entre generaciones fue menos variable en la etapa juvenil que en la adulta. Los machos murieron más que las hembras en todos los años, en particular después de la madurez sexual; la desviación de la proporción sexual neonatal (1:1) a favor de las hembras fue significativa a partir de los ocho años de edad.

Cuadro 1. Categorías por sexo y edad en el ciclo de vida del lobo marino de California, *Zalophus. c. californianus* .

Categoría	Características morfológicas	Intervalo de edad
Machos adultos	Color gris, café oscuro o negro. Miden entre 2 a 2.5 m de longitud. Su cuello es grueso y su cabeza está coronada por una cresta sagital.	Individuos mayores de 9 años.
Machos subadultos	Su color es similar al de los machos adultos, pero el cuello y la cresta sagital están menos desarrollados. Miden entre 1.5 y 2 m de longitud. La cresta sagital comienza a desarrollarse a partir de los 5 años.	Fluctúa ente 5 y 8 años.
Hembras adultas	Color café claro o crema. Miden entre 1.4 y 1.6 m de longitud. No tienen cresta sagital ni el cuello es tan grueso con relación a los machos.	Individuos mayores de 5 años.
Juveniles	Individuos sexualmente inmaduros de ambos sexos. Tienen una longitud de entre 1 y 1.3 m.	Entre 1 y 4 años.
Crías	Individuos de ambos sexos. Son de color gris oscuro o negro. Miden al nacer: 75.7 ± 2.9 cm (n=54) y 72.3 ± 4.18 cm (n=57).	Desde el nacimiento hasta un año.

Fuente: Hernández-Camacho (2001).

Por otro lado, el empleo de grandes redes agalleras y redes de cerco utilizadas por las pesquerías comerciales han dado como resultado una considerable mortalidad incidental entre pinnípedos y otros mamíferos marinos. El uso de fibras sintéticas, no degradables, en las redes de pesca ocasiona un problema para los pinnípedos ya que llegan a enredarse y perduran en el animal llegando a causar su muerte (Harcourt et al., 1994). Los lobos marinos de California son fuente de alimento para los grandes tiburones blancos, tiburones sarda y orcas (Riedman, 1990).

1.3. Distribución y abundancia.

Le Boeuf y col., 1983 (citados por Riedman, 1990) estimaron una población mundial de lobo marino de California de 145, 000 organismos con un probable incremento de la población. Auriolles-Gamboa y Zavala (1994) localizaron 29 colonias de lobo marino en el Golfo de California, de las cuales cuatro están en tierra continental y 25 en islas de varios tamaños, islotes o rocas, estas últimas son las preferidas por los animales. Del total de estas colonias, 14 están en la región norte y representan a la mayoría de la población (19,014) equivalente al 81.7% (con una producción anual de crías del 82.5% = 4,368 animales); esta concentración se asocia con la presencia de grandes cardúmenes de pelágicos menores del golfo (sardina, anchoveta macarela), la región central con diez colonias tuvo 3,593 lobos marinos (15.4%), finalmente la región sur con cinco colonias presentó una población aproximada de 649 animales, el 2.7% de la población total del golfo (Auriolles, 1988).

Auriolles-Gamboa y Zavala (1994) estimaron un tamaño de población para el Golfo de California de aproximadamente 23,256 individuos (sin ajuste de corrección) pero tomando en cuenta una adición del 50% al número total de crías y del 38% al número total de hembras, el total de la población para el golfo sería cercano a 31,393 animales. De acuerdo con el total de crías, el porcentaje es de 23% con respecto a la población total; sin embargo, alrededor de la mitad de ellas no alcanzan el primer año de vida. De acuerdo con estas cifras, el número total de individuos perteneciente al grupo de juveniles es alrededor de 2,646, esto es el 11.5% de la población; la proporción de machos (entre 5 y 15 años) y hembras (1:3.38) se asocia a una mayor tasa de mortalidad en los machos, a partir de la madurez sexual.

En un estudio reciente (Auriolles-Gamboa y García-Rodríguez, en prensa) informan que la variación de la población de lobo marino, en la región media del Golfo de California, se relacionó con la tendencia de la pesquería de sardina. La sardina Monterey concentra su biomasa en la región media durante el verano,

época en la cual se concentran la mayoría de las poblaciones de lobo marino. Algunas colonias respondieron durante el período de máxima captura de sardina incrementando su producción de crías y el total de su biomasa, éste último se debió principalmente a la migración temporal de juveniles y machos subadultos. De manera general, la tendencia de la biomasa de sardina y de lobo marino está muy relacionada, ya que el incremento en la biomasa de lobo marino parece corresponder a un incremento en la biomasa de sardina, seguido de un decremento similar, ambos ligeramente desfasados.

1.4. Reproducción.

Entre los otáridos, las hembras del lobo marino de California y posiblemente otras especies parecen ejercer algún tipo de selección durante el apareamiento. El movimiento de estas hembras a áreas más tranquilas cerca del agua les permite acercarse a diferentes machos y parece favorecerles un grado de selección de los mismos. Las hembras responden de modo diferente al intento de apareamiento de varios machos, y éstas no necesariamente se aparean en el territorio del macho donde pasan la mayor parte del tiempo descansando y cuidando a las crías (Riedman, 1990).

Algunos de los pinnípedos paren durante los meses de primavera y verano del hemisferio donde habitan; *Z. californianus* lo hace de mediados de mayo a finales de julio, esto es a finales de la primavera y mediados del verano con un mayor número de nacimientos a mediados de julio y un pico de apareamiento a principios de julio (Peterson y Bartholomew, 1967). Las hembras de todas las especies de otáridos se alimentan durante la lactancia; los machos territoriales a menudo ayunan durante la crianza. Las crías tienen en general crecimiento lento.

Las hembras de *Z. c. californianus* dan a luz una cría por temporada y la amamantan durante 4 ó 5 días antes de salir al mar a alimentarse (período perinatal). A partir de este momento, alternan viajes de alimentación al mar con períodos de cuidado y alimentación de la cría en tierra. El período de lactancia es de un año y en algunos casos puede prolongarse por más tiempo (Hernández-Camacho, 2001).

Los machos de esta especie pueden ser extremadamente territoriales tanto en el agua como en tierra. Se tienen reportes de buzos que han sido sorprendidos por machos adultos embistiéndolos y ladrándoles bajo el agua. En México éstos machos continuamente se desplazan de uno a otro lado durante la época de reproducción. En áreas de crianza cálidas, como el Golfo de California y las Islas Galápagos, el lobo marino de California permanece más cercano a la playa y se enfría en el agua más a menudo que los animales de las regiones templadas del sur de California (Riedman, 1990).

Tanto las islas como playas remotas parecen ser los ambientes de crianza que prefiere el lobo marino de California. Su organización social es gregaria con grupos de tamaño moderado a grandes, donde las hembras se aglomeran en grupos densos. Su sistema de apareamiento va de moderado a extremadamente poligínico y presentan un dimorfismo sexual marcado (Riedman, 1990). En el Golfo de California, el lobo marino se reproduce a menudo en playas rocosas que proveen refugio para las crías durante el verano. Las playas de arena y canto rodado son también utilizadas para los nacimientos y cópulas; las islas o islotes muy pequeños carecen generalmente, de playas rocosas pero cuando existen son los lugares preferidos por seguros y porque promueven una mayor selección sexual (Aurióles-Gamboa y Zavala, 1994).

El área de alimentación encontrada por Durán (1998) fue de 20 Km de radio con centro en la lobera, señalándose que la selección del hábitat reproductivo de *Z. californianus* es muy compleja, ya que involucra el medio marino en aspectos de alimentación (cantidad y calidad de presas, principalmente para las hembras lactantes), así como el medio terrestre en aspectos fisiográficos que proporcionan áreas adecuadas para la reproducción.

Las hembras de lobo marino de California son potencialmente reproductoras a partir de los 5 años de edad, cuando alcanzan la madurez sexual. Ponen un solo crío al año y presentan un período de lactancia prolongado, el destete ocurre en general al primer año de edad, por lo que la reproducción representa una inversión costosa para las hembras. Se conoce muy poco sobre la duración de la fase reproductiva de

las hembras y por consecuencia el número promedio de descendientes (Hernández y Auriolés, 1997, García y Auriolés, 1997).

En un estudio reciente (Hernández-Camacho y Auriolés-Gamboa, 1997) midieron la fecundidad en hembras de Los Islotes con edades entre los 10 y 16 años durante 1994-96 y encontraron una alta fecundidad tardía (hembras de 10 años-77.7% de fecundidad, de 12 años-81.8%, de 14 años-66.6%, para 15 años-100% y 16 años-0%); esta alta fecundidad ha mantenido a la colonia en crecimiento desde hace varios años; la fecundidad anual, considerando todas las clases de edad fue de 75% para 1994 y 75.6% para 1996.

García y Auriolés (1997) examinaron los patrones de conducta individuales de 4 hembras reproductoras, evaluando su eficiencia en relación con el desarrollo de sus crías. Se hicieron observaciones diurnas y nocturnas en Los Islotes durante 1996.

La tasa de crecimiento de las crías tuvo un promedio de 0.17 kg/día: el tiempo promedio del evento de la lactancia fue de 21.9 min, encontrándose diferencia en el nivel de actividad entre el día y la noche. No hubo diferencia en la duración de los viajes de alimentación, que fue de 1.6 días, pero sí en la frecuencia. La tasa de crecimiento se relacionó únicamente con la frecuencia de los viajes de alimentación.

Dentro de los otáridos, *Z. californianus* posee una de las tasas de crecimiento más altas, sin embargo, en comparación con los fócidos ésta es mucho menor (Cuadro 2) (Bowen y col., 1994).

Cuadro 2. Masa en algunas especies de pinnípedos durante la lactancia.

	Especie	Peso materno (PM) (Kg.)	Peso al nacer (PI) (Kg.)	PM/PI	Tasa de crecimiento (kg/día)
Phocidae	<i>Phoca groenlandica</i>	134	9.6	12.3	7.1
	<i>Halichoerus grypus</i>	174.5	14.6	8.4	1.8
	<i>Mirounga angustirostris</i>	504	40	7.9	3.2
	<i>Phoca hispida</i>	62	4.5	7.3	0.76
	<i>Otaridae</i>				
Otaridae	<i>Callorhinus ursinus</i>	37	5.6	15.1	0.065
	<i>Arctocephalus australis</i>	57	5.7	10	0.08
	<i>Zalophus californianus</i>	88	8.4	9.6	0.132
	<i>Arctocephalus forsteri</i>	45	3.6	8	0.045

Fuente: Bowen y col., 1994.

1.5. Alimentación

Los pinnípedos han tomado ventaja de los diferentes tipos de fuente alimenticia, consumiendo una amplia variedad de organismos que se encuentran en o debajo de la superficie del océano. Las diferentes especies de pinnípedos se caracterizan por uno o más de los siguientes tipos de dieta marina: zooplancton o krill; peces y calamares; moluscos y crustáceos; mamíferos marinos y aves, así como peces de agua dulce. Las fuentes de alimentos varían a lo largo del año, y la dieta de muchos de ellos, especialmente en otáridos, que viven en climas templados y tropicales, varía más entre años. Esta variación es causada principalmente por el fenómeno climatológico de El Niño (ENSO, El Niño Southern Oscillation), que ocurre de manera irregular y afecta la abundancia de las fuentes de alimentos en forma impredecible. Para muchas especies de pinnípedos, los peces y calamares forman su principal dieta; el lobo marino de California se alimenta de peces y cefalópodos (anchoqueta, arenque, lobina, merluza, salmón, calamar y pulpo (Riedman, 1990).

De los primeros trabajos sobre la alimentación de *Z. californianus* en México se tiene el de Auriolles y col. (1984), quienes analizando excretas encontraron, en la población de lobo marino de los Islotes, Baja California Sur, que las presas más comunes fueron: *Aulopus bajacali*, *Pronotogrammus eos* y *Pronotogrammus multifasciatus*. El número de géneros de peces identificados por los otolitos colectados por varios estudios citados por este mismo autor indican que *Zalophus* tiene una dieta muy variada, lo cual apoya la aseveración de Antonelis y Fiscus (1980, citado por Auriolles, 1984) de que el lobo marino de California es un predador oportunista. Sin embargo, en un trabajo posterior de este mismo autor (1988) se reporta que el lobo marino de California parece preferir principalmente peces que tienden a concentrarse en grandes cardúmenes, como anchovetas y sardinas e incluyendo algunos cefalópodos (calamar, principalmente). De los copros donde encontró restos identificables de presas, el 72% presentó restos de crustáceos, el 18% otolitos, cristalinos y vertebras y el 10% picos de cefalópodos. Las principales especies que se encontraron como presas fueron: *Engraulis mordax*, *Merluccius productus*, *Sebastes sp.*, *Trachurus symmetricus*, *Porychthys notatus*, *Scomber japonicus* y el cefalópodo *Loligo opalescens*, aunque la dominancia de anchoveta como presa sugiere que alguna preferencia debe existir, y que los cambios de presas son mas bien obligados por la abundancia y diversidad del alimento en sus áreas alimenticias.

Recientemente, García y Auriolles (1997) analizando un total de 1309 copros entre 1995-96, restos de peces, mandíbulas de cefalópodos y restos de crustáceos; reconociendo 35 tipos de presas, de los cuales 9 presentaron importancia relativa de cuando menos el 10%: *Trichiurus nitens* (San Esteban, Los Cantiles, Isla Granito, Los Machos e Isla Lobos), *Porichthys notatus* (El Rasito y los Cantiles), *Engraulis mordax* (San Pedro Martir e Isla Granito), *Scomber japonicus* (El Rasito y los Machos), *Sardinops sagax* (Los Machos), *Myctophidae* (San Pedro Martir), *Merluccius* (Los Machos), *Cetengraulis mysticetus* (Isla Lobos) y *Octopus sp.* (El Rasito). En la región conocida como de las grandes islas (alrededor de Isla Tiburón y Angel de la Guarda, en el Golfo de California), la mayor concentración de estos

peces coincide con la mayor densidad de lobos marinos. La variación en la importancia y ocurrencia de las presas debe estar asociada a movimientos, distribución y abundancia local de los recursos. Un factor muy interesante que se detectó fue que en la región de las grandes islas, el lobo marino de California parece utilizar diversas zonas de alimentación que no son compartidas entre loberas cercanas, lo cual pudiese ser el resultado de una estrategia que disminuya la competencia.

Por otro lado Auriol y col., (1997) encontraron en la colonia Los Islotes que el consumo de alimento del lobo marino varió de 20 toneladas métricas en julio a 90 en diciembre. En el período reproductivo (junio-julio), las hembras adultas determinaron la mayor parte del consumo, mientras que en invierno fueron los machos subadultos. La biomasa de las especies presas con posible valor comercial constituyó el 11.8%. La interacción entre ambos componentes se limita básicamente al robo de peces enmallados y ruptura de redes por algunos individuos de la población, lo cual causa enmallamiento de lobos marinos.

En la región alrededor de las Islas Tiburón y Angel de la Guarda, en el Golfo de California, la mayor concentración de peces como la anchoveta y la sardina coincide con la mas alta densidad de lobos marinos (García y Auriol, 1997).

Orta (1988) realizó un estudio en el Islote El Rasito, Bahía de las Animas en Baja California, encontrando cinco presas importantes en la dieta del lobo marino: *Sardinops sagax caeruleus* (sardina Monterrey), *Scomber japonicus* (macarela), *Haemulopsis* sp. (pez roncador), *Sebastes* sp. (pez piedra) y *Merluccius* sp. (merluza).

Sánchez (1992) estudió la composición de la dieta del lobo marino de dos loberas del Golfo de California. Durante el período de reproducción de 1989, encontrando 34 presas en total, de las cuales 5 fueron especies no reportadas: *Trichiurus nitens*, *Coelorhynchus scaphopsis*, *Diaphus* sp., *Porychthys myriaster* y *Coryphopterus nicholsi*. En ambas loberas se localizaron especies exclusivas, 8 (23.5%) para Isla Granito y 14 (41.17%) para Los Cantiles; las 12 restantes estuvieron representadas en las dos loberas; asimismo menciona que se encontraron

diferencias en la dieta entre loberas, lo cual se atribuye a distintas áreas de alimentación. En ese trabajo se apoya que este pinnípedo presenta hábitos alimentarios nocturnos.

Con relación al comportamiento alimenticio se sabe que las hembras optimizan su tiempo de alimentación teniendo un patrón de buceo predominantemente aerobio y pocos buceos con estrés térmico asociado. El mayor esfuerzo de alimentación se intensificó en áreas cercanas a la lobera, lo que disminuye el gasto energético por desplazamiento además de realizarse en horas en que la disponibilidad de presas es mayor (Durán, 1998).

2. Lípidos.

2.1. Generalidades de los lípidos.

El término general de "lípidos" incluye un grupo heterogéneo de compuestos, muy abundantes en la naturaleza, que abarca desde las grasas y aceites como los representantes más importantes, hasta ceras y compuestos relacionados que se encuentran en los alimentos y en los organismos. Están formados por átomos de carbono, oxígeno e hidrógeno y en ciertos casos también pueden contener fósforo y nitrógeno. Sus unidades básicas son componentes conocidos como ácidos grasos y glicerol (Mahan y Arlin, 1995).

Los lípidos tienen la propiedad común de ser :

- 1) sustancias relativamente insolubles en agua y
- 2) solubles en disolventes orgánicos o solventes no polares como el éter, el cloroformo y el benceno.
- 3) Capaces de ser utilizados por organismos vivos.

Los lípidos son constituyentes importantes de la dieta, no sólo por su elevado valor energético, -ya que son fuente importante de energía metabólica (ATP); de hecho, de todos los nutrimentos, los lípidos son los compuestos que aportan mayor cantidad de energía y por tanto son comúnmente utilizados como aporte calórico, de tal modo que las proteínas se destinan exclusivamente para el crecimiento sino también porque las vitaminas liposolubles y los ácidos grasos esenciales se

encuentran asociados a las grasas de los alimentos naturales (Mahan y Arlin, 1995; SadLer y col., 1999).

Los lípidos incluyen a los ácidos grasos, mono y diglicéridos, triglicéridos, fosfolípidos, glucolípidos, esteroides (por ejemplo, colesterol), vitaminas A, D, E y K. Casi todas las grasas naturales se encuentran formadas en un 98 a 99% de triglicéridos, que a su vez están constituidos principalmente de ácidos grasos; el 1 o 2% restante consta de los compuestos lipídicos antes mencionados (Dupont, 1991; Mahan y Arlin, 1995).

2.2. Funciones de los lípidos.

Los lípidos son componentes esenciales de todas las membranas celulares y subcelulares; sirven como vehículo biológico en la absorción de vitaminas liposolubles. Son fuente de ácidos grasos esenciales, indispensables para el mantenimiento e integridad de las membranas celulares. Se requieren para el óptimo transporte lipídico (ligados a fosfolípidos como agentes emulsificantes) y son precursores de prostaglandinas (Dupont, 1991; Mahan y Arlin, 1995).

En el organismo las grasas sirven de manera eficaz como fuente de energía, tanto directa como potencialmente cuando se almacenan en el tejido adiposo; funcionan como aislante térmico en el tejido subcutáneo y alrededor de ciertos órganos. Los lípidos no polares actúan como aislantes eléctricos que permiten la rápida propagación de las ondas de despolarización a lo largo de los nervios mielinizados. El contenido en lípidos del tejido nervioso es particularmente elevado. Las combinaciones de lípidos y proteínas (lipoproteínas) son constituyentes importantes de las células, presentes tanto en la membrana celular como en las mitocondrias dentro del citoplasma (SadLer y col. 1999).

El metabolismo de los lípidos se compone de digestión, absorción, transporte, síntesis, almacenamiento y utilización como fuente de energía, así como para componentes estructurales y funcionales de las células. Se considera que juegan un papel importante como colchón mecánico para el soporte de los órganos vitales y ayudan en el mantenimiento de la flotabilidad neutra. Son fuente de esteroides

esenciales y desempeñan una amplia gama de funciones biológicas importantes; por ejemplo, el colesterol está involucrado en el mantenimiento de los sistemas de membrana, en el transporte lipídico y como precursor de la vitamina D3, los ácidos biliares así como de hormonas esteroides-andrógenos, estrógenos, hormonas adrenales y corticosteroides (Mahan y Arlin, 1995).

2.3. Clasificación de los lípidos

Los lípidos se han clasificado de diferentes maneras, la más utilizada comúnmente es la que se basa en las estructuras de sus cadenas (Lehninger, 1984):

1) Lípidos complejos: se caracterizan porque contienen como principales componentes a los **ácidos grasos**. Comprenden a los acilglicéridos, fosfolípidos, los esfingolípidos y ceras, que difieren en la estructura de los esqueletos a los que están unidos, por covalencia. También se les denomina **lípidos saponificables** porque producen jabones (sales de ácidos grasos) por hidrólisis alcalina.

2) Lípidos sencillos.- no contienen ácidos grasos y por lo tanto no son saponificables; aparecen en las células y en los tejidos en cantidades menores que los lípidos complejos, pero se hallan entre ellos muchas sustancias con intensa actividad biológica como las vitaminas, hormonas y otras biomoléculas solubles en las grasas, muy especializadas.

Existen dos clases principales de lípidos insaponificables, los **terpenos** (incluye a las vitaminas liposolubles) y los **esteroides** (incluye al colesterol).

3) Sistemas lipoproteicos.- algunos lípidos se asocian con proteínas específicas para formar sistemas de **lipoproteína** donde las propiedades físicas específicas de estas dos clases de biomoléculas están fusionadas. Existen dos tipos principales, las lipoproteínas de transporte y los sistemas de membrana.

2.4. Ácidos grasos

Los ácidos grasos son los componentes más abundantes dentro de la clasificación de los lípidos; los ácidos grasos más comunes en alimentos tienen de

16 a 18 átomos de carbón en cadenas lineales, otros son más cortos o más largos y varían entre los dos y los 27 átomos de carbón.

Los ácidos grasos que comúnmente existen en la naturaleza, contienen un solo grupo carboxilo (COOH) y una cadena de carbono (C) recta sin ramificaciones, la cual puede no contener dobles ligaduras (ácido graso saturado) o más de una doble ligadura (ácidos grasos poliinsaturados). El grado de saturación influenciará en gran medida las propiedades físicas de las grasas. De una manera general, se puede decir que los ácidos grasos no saturados son químicamente más reactivos y presentan puntos de fusión más bajos que sus correspondientes ácidos grasos saturados.

Los ácidos grasos poliinsaturados se pueden dividir en tres grandes familias: la serie oleica (n-9), la serie linoleica (n-6) y la serie linolénica (n-3). Los nombres de las familias representan el miembro del grupo con la cadena más corta; otros miembros de la familia se derivan de éstos grupos básicos (Lob y Chow, 2000; Mahan y Arlin, 1995).

En los alimentos, los ácidos grasos se encuentran combinados con moléculas de glicerol, formando glicéridos. Una molécula de glicerol puede unirse a una, dos o tres moléculas de ácidos grasos, produciéndose un mono, di o triglicérido. Durante la digestión, en el intestino delgado, los triglicéridos que recibe el organismo a través de los alimentos, son convertidos en ácidos grasos libres y monoglicéridos y después transportados a través de la pared intestinal. Una vez absorbidos, los ácidos grasos y los monoglicéridos son llevados a través de todo el organismo. Cuando se ingiere una cantidad de lípidos superior a lo que el organismo necesita, éstos se almacenan en el tejido adiposo y quedan disponibles para satisfacer, más tarde, la demanda de energía (Lands, 1992; Lob y Chow, 2000; Mahan y Arlin, 1995).

2.4.1. Nomenclatura de los ácidos grasos

Químicos y bioquímicos reconocen la necesidad de utilizar una nomenclatura coherente para los ácidos grasos. Algunos investigadores continúan nombrando a los ácidos grasos tradicionalmente con base en los nombres botánicos o zoológicos de

las especies de las que son aislados, sin proporcionar algún aspecto sobre la estructura química del ácido.

La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) y la Unión Internacional de Bioquímica (IUB) propusieron dos comités de nomenclatura, la Comisión IUB-IUPAC de Nomenclatura Bioquímica (JCBN) y el Comité de Nomenclatura del IUB (NC-IUB) (Lob y Chow, 2000).

De acuerdo con las reglas estrictas de nomenclatura, un nombre químico debe identificar la química y describir su estructura sin ambigüedades. Esto se logra utilizando la nomenclatura sistemática, por lo que no hay posibilidad de error en la identificación cuando se usa este sistema.

El **método sistemático** nombra a los ac. grasos solo en base al número de átomos de carbono y al número y posición de los enlaces insaturados relativos al (los) grupo(s) carboxilo. Grupos sustitutos y sus posiciones son identificados. La actividad óptica y la configuración geométrica de las dobles ligaduras también se designa. Es importante notar que hay modificaciones a este sistema que origina nuevas nomenclaturas (Lob y Chow, 2000)

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Acido esteárico (saturado)
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Acido oleico (monoinsaturado)
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	Acido linoleico (poliinsaturado)
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	Acido linolénico (poliinsaturado)

Figura 1. Acidos grasos (Sadler y col., 1999)

La **nomenclatura trivial**, que incluye nombres asignados circunstancialmente, por ejemplo nombres de las fuentes, es ampliamente utilizado. El sistema inglés de nombres triviales proviene de la práctica de añadir el sufijo -ico a la raíz indicativa de

la fuente natural o de alguna propiedad del ácido. Por ejemplo, ácido acético (etanoico) del latín *acetum*, que significa vinagre; ac. esteárico (octadecanoico) del griego *stear*, que significa sebo; ac. palmítico (hexadecanoico) del aceite de palma; ac. oleico (octadecanoico) del latín *oleum* que significa aceite (Lob y Chow, 2000).

La **nomenclatura semisistemática** se encuentra a menudo en comunicaciones verbales y poco en las escritas. Este sistema trata de conservar algunas características estructurales de la nomenclatura sistemática, aún usando nombres triviales, ilustrando rasgos que parecen importantes para el objetivo particular de la época. Por ejemplo, el nombre sistemático ac. 2-hidroxi-cis-9, cis-12, cis-15-octadecatrienoico se puede abreviar a ac. 2-hidroxilinolenico.

También ampliamente empleado es el **sistema estructural** en el cual los ac. grasos son identificados solo por el número de carbonos y el número de ligaduras insaturadas. Se propone que el largo de una cadena se designe como C10, C20, etc., y que se proporcione la insaturación seriadamente, que puede ser, metileno-interrumpida o conjugada, indicando en donde el número del carbón donde comienzan las series; por ejemplo, ácido cis-9, cis-12, cis-15-octadecatrienoico (linolénico) llega a ser C18:3 Δ 9c (Lob y Chow, 2000).

Las letras griegas omega (ω) y delta (Δ) son empleadas a veces con especial significado al nombrar algún ácido graso. La omega es utilizada a menudo para indicar que tan lejos está la doble ligadura del carbón metil terminal, independientemente del largo de la cadena. La delta, seguida por un número o números, se usa para designar la presencia y posición de uno o más dobles o triples ligaduras en la cadena hidrocarbonada contando a partir del grupo carboxilo. Así, el ordinario ac. oleico será ac. Δ 9-octadecenoico (Lob y Chow, 2000).

El sistema "n" es análogo al sistema " ω " y se construye sobre el sistema estructural de Morris. Los dos métodos son muy similares en que relacionan la posición de la primera doble ligadura del carbón metil terminal y dan una clara indicación de las especies estereoisoméricas, por ejemplo, cis C20:4(n-6) y cis C20:4 ω 6. Muchos investigadores coinciden en que ambos sistemas son intercambiables, pero que el sistema " ω " no tiene la ventaja de indicar, implícitamente

y sin conocimiento previo convencional, el final del cual la cadena está siendo contada, el átomo de carbón mas lejano (w) del carbono α en el carboxil terminal (Lobb y Chow, 2000).

2.5. Colesterol.

El colesterol es un componente esencial de las membranas estructurales de todas las células y un compuesto importante de las células nerviosas. Se encuentra en concentraciones altas en tejidos glandulares y en el hígado, en donde se sintetiza y almacena. Es un compuesto intermedio importante en la biosíntesis de varios esteroides esenciales, que incluyen ácidos biliares, hormonas corticosuprarrenales, estrógenos, andrógenos y progesterona. El colesterol sólo existe en tejidos animales (Mahan y Arlin, 1995).

Dentro del cuerpo puede existir en estado libre, así se tiene que el colesterol es el principal componente de los cálculos biliares; o en su forma esterificada con ácidos grasos y otros ácidos orgánicos (Mahan y Arlin, 1995).

El colesterol circula en el plasma como un componente de las lipoproteínas. Existen varias clases de lipoproteínas plasmáticas que difieren en muchos aspectos, incluyendo el tipo de apolipoproteínas y su contenido relativo de triglicéridos y colesterol (Kirk, 1999).

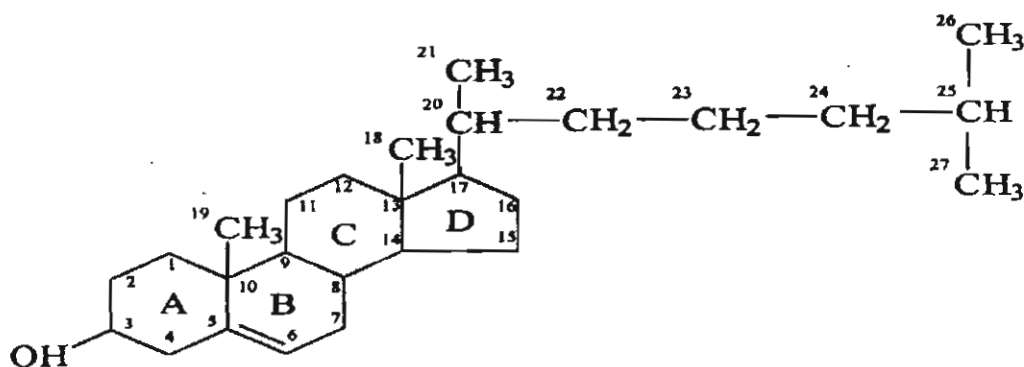


Figura 2. Colesterol (Sadler y col., 1999)

2.6. Vitaminas Liposolubles

En términos generales, las vitaminas son compuestos orgánicos esenciales en cantidades pequeñas, para controlar los procesos metabólicos y que no pueden ser sintetizadas por el organismo humano. Muchas actúan como coenzimas o partes de enzimas y se encargan de promover reacciones químicas esenciales (Mahan y Arlin, 1995).

Entre los terpenos más importantes se pueden considerar a las vitaminas liposolubles: A, D, E y K. Aunque de estas sustancias solamente se precisan cantidades mínimas, o trazas, en la dieta de los mamíferos, pueden clasificarse entre los lípidos; no se ha encontrado aún ninguna función específica como coenzima para ninguna de estas vitaminas (Stryer, 1995).

Cada una de las vitaminas liposolubles tiene una acción fisiológica precisa y distinta. En su mayor parte, se absorben con otros lípidos, y para que su absorción sea eficiente se requiere de la presencia de bilis y jugo pancreático. Se transportan al hígado por los linfáticos como parte de las lipoproteínas y se almacenan en diversos tejidos corporales, aunque no todas en los mismos tejidos o en igual magnitud. Normalmente se eliminan por la orina (Mahan y Arlin, 1995).

2.6.1. Vitamina A.- aparece en dos formas comunes: Vitamina A₁ o retinol, que es la forma más común en los tejidos de los mamíferos y peces marinos, y vitamina A₂ o retinol₂, presente en los peces de agua dulce. El retinol se encuentra en los tejidos de los mamíferos y es transportado por la sangre en forma de ésteres de los ácidos grasos de cadena larga (Mahan y Arlin, 1995; Sadler y col., 1999).

Todos los mamíferos son susceptibles a la deficiencia de vitamina A, con poca variación en los síntomas; aunque todos los tejidos resultan alterados por la deficiencia de esta vitamina, los ojos son los que resultan afectados de modo más sobresaliente (Ackman, 1994).

Los aceites de hígado de pescado son particularmente ricos en vitamina A. El consumo excesivo de esta vitamina es tóxico y conduce a huesos frágiles y quebradizos, así como un desarrollo anormal del feto (Mahan y Arlin, 1995).

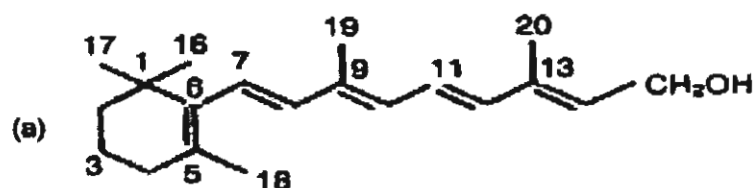


Figura 3. Vitamina A o retinol (Sadler y col., 1999)

2.6.2. Vitamina D.- existen diferentes tipos de vitamina D, pero las más importantes son la vitamina D₂, llamada *ergocalciferol* y la vitamina D₃ o *colecalfiferol*, que es la forma en que se encuentra comúnmente en los mamíferos. Estos compuestos pueden considerarse como esteroides en los que el anillo B se ha roto. El colesterol es también precursor de la vitamina D; el 7-deshidrocolesterol (provitamina D₃) se activa por la luz ultravioleta en previtamina D₃ que espontáneamente se isomeriza a vitamina D₃ (colecalfiferol), que se convierte en una hormona activa mediante reacciones de hidroxilación que tienen lugar en hígado y riñón (Sadler y col., 1999).

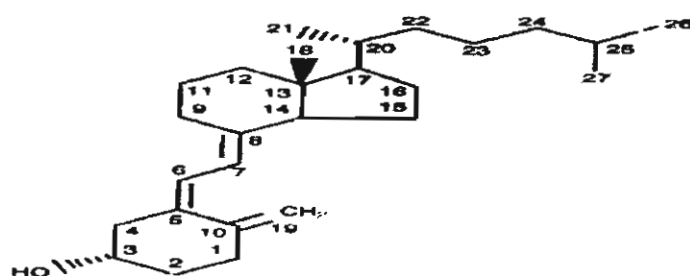


Figura 4. Vitamina D₃ (colecalfiferol) (Sadler y col., 1999)

El metabolismo del calcio y fósforo está regulado por una hormona derivada de la vitamina D. La mayor parte de los alimentos naturales contienen muy poca o ninguna cantidad de vitamina D; la que se encuentra preformada en la dieta proviene en gran parte de los aceites de hígado de pescado o de fuentes naturales irradiadas. La vitamina D puede almacenarse en cantidad suficiente en el hígado con una simple dosis es suficiente para varias semanas. Al igual que con la vitamina A, un consumo excesivo de esta vitamina provoca fragilidad ósea, lo cual indica que ambas vitaminas desempeñan algún papel en el transporte biológico y en el depósito de calcio (Sadler y col., 1999).

2.6.3. Vitamina E.- fue reconocida por primera vez como un factor presente en los aceites vegetales, se aisló del germen de trigo y se denominó tocoferol. Se sabe que los tocoferoles poseen actividad antioxidante, es decir, que impiden la auto-oxidación de los ácidos grasos insaturados cuando están expuestos al oxígeno molecular, por lo tanto, una de las funciones del tocoferol es la de proteger a estos ácidos grasos presentes en los lípidos de las membranas (Sadler y col., 1999).

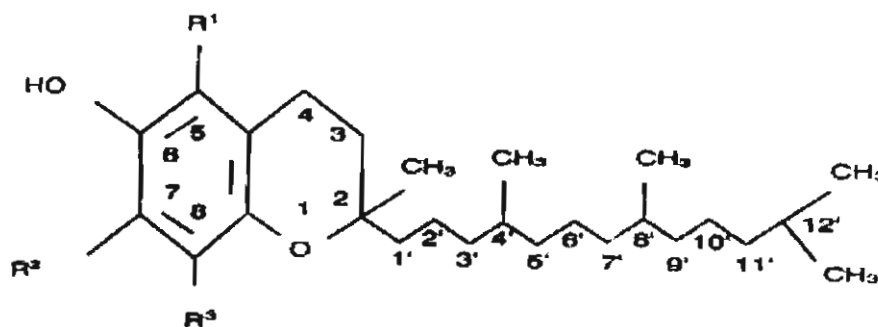


Figura 5. Vitamina E o tocoferol (Sadler y col., 1999)

II. ANTECEDENTES

Por ser una reserva para muchas especies vegetales y animales, el Golfo de California a dado lugar a dos decretos muy importantes: el primero, como Protección de las Islas del Golfo de California (Diario Oficial de la Nación de 1978); y como de la Reserva del Alto Golfo de California (Diario Oficial, 1993).

Estas iniciativas se basaron en gran parte para proteger la riqueza faunística de la zona, entre la que se encuentra el mamífero marino conocido como lobo marino de California o en inglés como "sea lion" (*Zalophus californianus californianus*, Lesson 1868); cuya distribución abarca desde la Columbia Británica en Canadá, al norte, hasta las Islas Marias en México al sur. Esta especie es el único pinnípedo que habita el Golfo de California, con una distribución en 29 islas, islotes, puntas y cabos; en 13 de ellas se lleva a cabo su reproducción. Se ha estimado una población de 30,000 animales, con una tasa de crecimiento anual de entre 2 y 3% (García y Auriolles, 1997).

Como se sabe, este pinnípedo es principalmente ictiófago y su alimentación incluye especies de importancia pesquera como la sardina (*Sardinops sagax caeruleus*), algunas anchovetas (*Engraulis mordax*, *Cetengraulis misticetus* y *Ophistonema* spp) y macarela (*Scomber japonicus*), calculándose un consumo anual de alimento (especies comerciales y no comerciales) de 40, 000 toneladas métricas (García y Auriolles, 1997).

Se ha encontrado que la concentración de la población del lobo marino en el Golfo de California se relaciona directamente con la cantidad de sardina Monterrey y anchoveta del norte, ambas especies ricas en lípidos. En los pinnípedos, hasta un 85 % del total de los lípidos se encuentra almacenado en la capa de grasa subcutánea, cuyo espesor es considerado como buen indicador de la condición corporal del animal (Luque y Auriolles, 1997).

La lactancia es un proceso fisiológico muy costoso en todas las especies, por lo que la dieta y las reservas de nutrimentos de la madre juegan un papel crítico durante esta etapa. Todas las hembras de lobo marino se alimentan durante el periodo de lactancia con un ayuno de uno o dos días, excepto por un periodo de

varios días después del parto. Los machos entran al agua, periódicamente, cada dos semanas para alimentarse. El período de lactancia del lobo marino de California va desde un año hasta tres, por lo que la condición nutricional de las crías es un reflejo de la eficiencia alimenticia de las madres. En los pinnípedos, es la grasa el principal y más interesante constituyente de la leche, por lo que los animales lactantes son extremadamente eficientes para la digestión de los lípidos, comparados con otras especies. Por la composición química de la leche de los pinnípedos, en analogía con otras especies, se sugiere que ni el tipo, ni la cantidad de proteína e hidratos de carbono de la leche se relaciona directamente con la composición de la dieta, lo que no sucede con la grasa (Cuadro 3).

La grasa y la proteína están presentes en la leche de los otáridos en proporciones mucho más elevadas que en las de la leche de mamíferos terrestres, aunque el contenido de grasa es menor al de la leche de los fócidos. El contenido de grasa en la leche del lobo marino de California se encuentra entre 34.9 y 36.5%, agua 47.3% y proteína entre 13.6 y 13.8%; sin embargo, debido a que el porcentaje de grasa puede variar durante la lactancia estos no se consideran valores promedio. Gentry y col., (1986, citado por Riedman, 1990) sugieren que el contenido de grasa en la leche de los otáridos puede estar relacionado con el largo de los viajes de alimentación de las madres y con el tiempo que gastan cuidando a sus crías, esto es, a mayor ausencia de la madre con la cría, mayor será el contenido de grasa en la leche. Se sugiere que la grasa láctea se modifica en función de las necesidades fisiológicas de las crías durante el ayuno.

El consumo de energía de las crías de lobo marino de California se ha calculado para el primer mes de vida en 2,296 kilocalorías/día en promedio, lo cual equivale al 60% más a lo estimado para mamíferos terrestres recién nacidos Oftedal et al., (1985, 1987b, citado por Riedman, 1990). Después de que se completan los requerimientos diarios de mantenimiento, aproximadamente un tercio de la energía ingerida se deposita en el tejido corporal.

La correlación entre la cantidad de grasa láctea y el largo de los viajes de alimentación se ha demostrado entre las dos subespecies de *Zalophus*;

encontrándose que en el lobo marino de California (*Z. c. californianus*) la leche tiene un contenido de 35% de grasa y que los viajes de alimentación duran cerca de tres días; mientras que en el lobo marino de las Galápagos (*Z. c. wollebaki*), donde las madres lactan casi a diario, la leche tiene un contenido de grasa de solo 17% (Riedman, 1990).

Por otro lado, en los mamíferos marinos la capa de grasa subcutánea, funciona como un órgano de flotabilidad, sirve como aislante térmico, además de ser una reserva de energía, por lo que se hace necesario el estudio de la composición química de esta grasa, así como del contenido lipídico del plasma; para una futura comparación entre los lípidos de ambas partes.

Cuadro 3. Composición química de la leche en diferentes especies de pinnípedos (%).

<i>Especie</i>	Grasa	Agua	Proteínas	Azúcar	Cenizas
<i>Phoca groenlandica</i>	46.9	45.1	6.8	0.77	0.39
<i>Halichoerus grypus</i>	52.2	---	11.2	2.6	0.7
<i>Odebenus rosmarus</i>	24.1	59.9	7.8	---	---
<i>Arctocephalus gazella</i>	26.4	51.1	22.4	---	0.6
<i>Callorhinus ursinus</i>	51.5	36.4	51.5	0.1	0.49
<i>Zalophus californianus</i>	36.5	47.3	13.8	0	0.64
<i>Mirounga angustirostris</i>	15	15	---	---	---

Fuente. Bonner, 1984.

III. JUSTIFICACION

En años recientes se han venido realizando, en forma aislada, diversos estudios tanto ecológicos como biológicos en el lobo marino del Golfo de California. Pero no es sino hasta 1998 cuando se integra un equipo de trabajo multidisciplinario por biólogos; biólogos marinos, médicos veterinarios zootecnistas, químicos y nutriólogos en animales, encabezado por el Dr. Auriolles-Gamboa, del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN. Este grupo de trabajo desarrolló el proyecto: ***"Estudios biológicos y de laboratorio para medir el estado de salud de las colonias reproductoras del lobo marino (Zalophus c. californianus) en el golfo de California"***, financiado parcialmente por el CONACYT. El objetivo principal de este proyecto es determinar el estado de salud de las colonias reproductoras y generar un diagnóstico multivariado. El presente trabajo forma parte de dicho proyecto y pretende establecer, dada la importancia que tiene la grasa en esta especie, valores lipídicos de referencia del plasma de crías de una lopera en buena condición.

Durante más de 20 años se ha estudiado la lopera conocida como "Los Islotes", y ha sido considerada en buena condición, razón por la cual se seleccionó para realizar la colecta de muestras, que fueron analizadas en este trabajo.

En este lugar, la producción de crías ha mostrado un crecimiento continuo y por lo menos desde los años noventa el crecimiento ha sido notable (Figura 6). Este aumento en la producción de crías determina a su vez el crecimiento poblacional, ya que el total poblacional sigue un patrón similar (Auriolles, datos sin publicar).

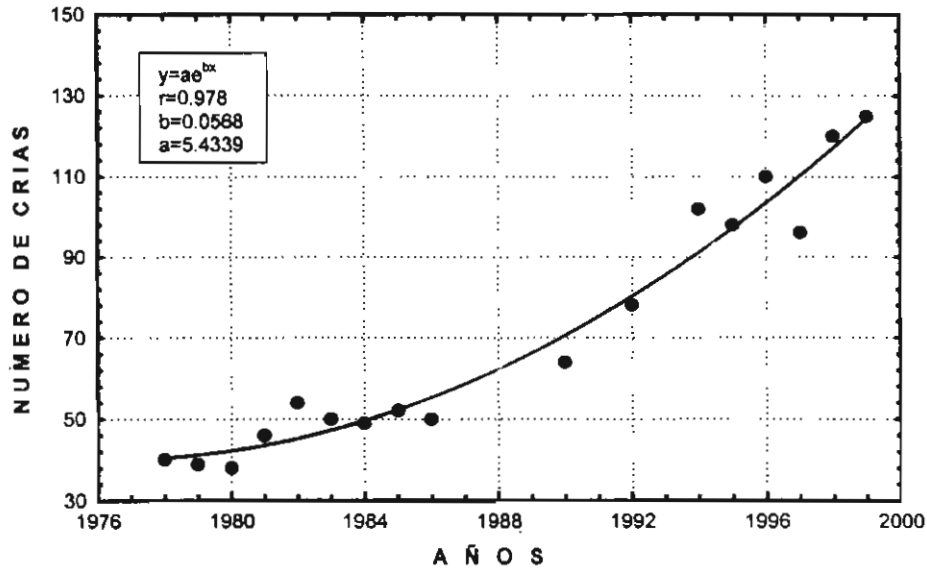
La condición corporal de las crías se representa por un índice morfométrico conocido como Factor de Condición de Fulton (FCF), el cual se ha mantenido estable en Los Islotes desde 1995, presentado valores de entre 2.2. y 2.4., como se puede observar en la Figura 7. Estos valores permitieron considerar a la población de crías de "Los Islotes" como estable y en buenas condiciones para los últimos años, incluido 1999 , lo que a su vez permitirá establecer valores de referencia, en este caso, de algunas variables lipídicas plasmáticas (Castro y col., 2001).

En un estudio reciente realizado por Acevedo y col. (2001), se confirmó la ausencia de leptospirosis causada por *Leptospira interrogans* en crías de Los Islotes, no así en otras crías de seis colonias reproductoras del Golfo de California, éste es otro factor a favor de la designación de Los Islotes como una colonia en buen estado. Sin embargo, existen antecedentes de que una hembra adulta de Los Islotes mostró anticuerpos para leptospira, pudiendo ser portadora sana (Godínez et al, 1999).

Dado que la eficiencia alimentaria está en relación directa con la disponibilidad de alimento en el medio, ésta se verá reflejada en una adecuada condición corporal, estado nutricional, reservas energéticas y a largo plazo en alto éxito reproductivo, es así, que se asume que los animales de una población en buena condición se encuentran en buen estado nutricional y con tasas relativamente menores de mortalidad (Trillmich y Onom 1991). La condición corporal y talla de animales de una misma edad en las colonias de lobo marino en el Golfo de California han sido identificadas como indicadores de la calidad del hábitat y de la salud general de una población. El tamaño de las crías recién nacidas es comúnmente usado como un índice del esfuerzo maternal durante la gestación y puede ser afectado por cambios en la disponibilidad y tipo de alimento (Trillmich y Onom 1991).

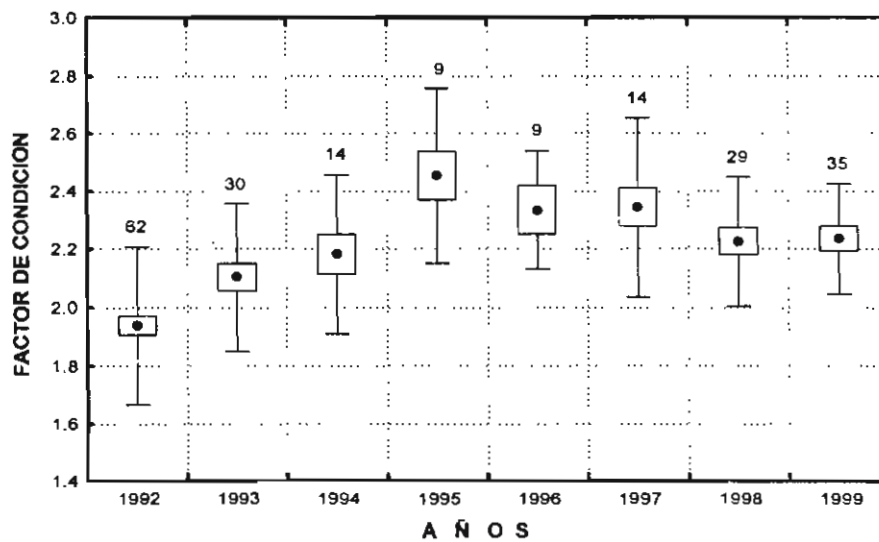
Depredadores situados en los niveles más altos de la red trófica como los mamíferos marinos, son sensibles a cambios en la abundancia y composición de alimento tanto demográfica como fisiológicamente; por lo tanto, son especies que pueden ser potencialmente utilizadas como indicadores de las condiciones ambientales (Luque, 1999). Es por esto que otro posible indicador del estado nutricional podría ser la composición lipídica, tanto de la capa de grasa subcutánea como del suero de las crías lactantes, ya que su único alimento es la leche materna (Iverson, 1993). Se ha determinado que ciertas presas de los lobos marinos, como las anchovetas y sardinas -especies ricas en grasa-, son organismos preferentemente consumidos por las hembras lactantes en las diferentes colonias del Golfo de California, lo cual les permite una transferencia de energía a través de la leche de manera más eficiente, pero también esta tasa de aporte de energía a las crías puede ser afectada por tal variabilidad (Luque, 1999).

Figura 6. Producción anual (número máximo de crías) del lobo marino de California *Zalophus c. californianus* en "Los Islotes". El aumento en la producción de crías se ha sostenido desde 1990.*



*Aurioles-Gamboa, datos sin publicar (Comunicación personal)

Figura 7. Condición corporal (factor de codición de Fulton, FCF) en crías del lobo marino *Zalophus c. californianus* de Los Islotes en diferentes años. *



Los círculos llenos indican el valor de la media, la caja representa el valor del error estándar y las líneas el de la desviación estándar.

*Aurioles-Gamboa, datos sin publicar.

Por otro lado, se ha sugerido que la distribución de las presas del lobo marino está zonificada en el Golfo de California (Aurioles y García, 1999) y que la distribución de esta especie está asociada a los niveles de productividad primaria y secundaria (Luque, 1999), por lo que es posible esperar diferencias respecto de la condición corporal de las crías, grosor de la capa subcutánea, tipo y cantidad de lípidos tanto en el suero como en la grasa subcutánea.

Por todo lo mencionado anteriormente los objetivos de investigación que se plantearon para el presente trabajo fueron:

IV. OBJETIVO GENERAL

Determinar los valores de referencia de la composición lipídica en el plasma de crías menores de tres meses, de la colonia reproductora de lobo marino *Zalophus c. californianus* en Los Islotes, B.C.S., (1999) y sus posibles relaciones con parámetros morfométricos.

V. OBJETIVOS PARTICULARES

5.1. Relacionar cada uno de los parámetros lipídicos del suero (colesterol, triglicéridos, vitaminas liposolubles, lípidos totales y ácidos grasos) con parámetros morfométricos (peso, longitud, circunferencia, grosor de la capa de grasa), con el sexo e índices morfométricos (factor de condición corporal y Perímetro axilar/Longitud estándar).

5.2. Establecer los valores de referencia de cada uno de los parámetros lipídicos en crías lactantes de lobo marino de menos de tres meses de edad.

VI. HIPOTESIS

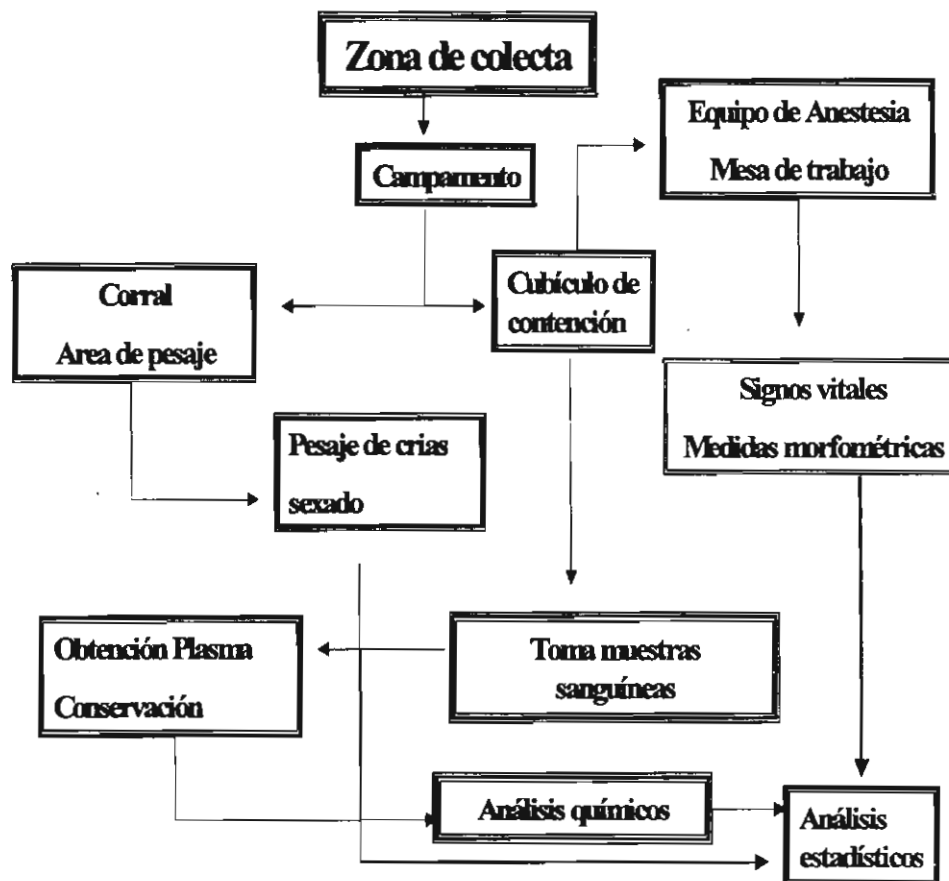
En virtud de que la población de lobos marinos de Los Islotes, B.C.S. ha demostrado en los últimos 4 años condiciones de bienestar, se podrán establecer como indicadores base del estado nutricional de la población, a los lípidos del plasma de las crías de alguno de estos años (1999), en relación al sexo y parámetros morfométricos.

VII. METODOS

7.1. Diseño Metodológico del Estudio

El presente trabajo es de tipo: prospectivo, transversal, comparativo y observacional.

Figura 8. Diagrama de las actividades realizadas para el análisis de ácidos grasos de plasma de crías de lobo marino de California en Los Islotes, 1999.



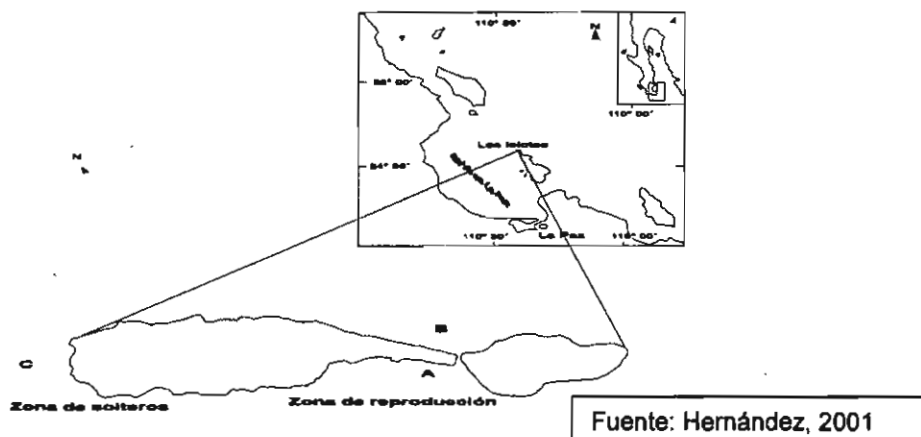
7.2. Características de la zona de muestreo

La Bahía de La Paz se localiza en la parte suroccidental del Golfo de California, aproximadamente entre los 24°15' y 24°45' latitud norte y entre los 110°17' y 110°45' longitud oeste. El régimen de marea de este cuerpo de agua es semidiurno. Las velocidades mas altas de flujo y reflujo de marea se observan en la parte norte de la Isla Partida, en el Canal de San Lorenzo y en la Ensenada de La Paz (García, 1995).

En los límites de la bahía y al norte del complejo insular Espíritu Santo-La Partida, se encuentran Los Islotes, que es una isla rocosa de aproximadamente 250 m de longitud. Esta pequeña isla es habitada por el lobo marino de California (*Zalophus c. californianus*) y por aves marinas regionales como gaviotas (*Larus occidentalis*), alcatraces (*Sula leucogaster* y *S. nebouxii*), tijeretas (*Fregata magnificens*) y petreles (*Loomelania sp.*) (Aurioles, 1982).

El área reproductiva se encuentra principalmente en dos zonas de la lobera (Figura 9) (Hernández, 2001): la primera en la parte Este, que es una zona de reproducción y que para fines de estudio dentro del macroproyecto se dividió en A y B; y la segunda, C, se localiza en la parte Oeste, la cual es una zona de solteros. Para 1994 había dos territorios en la zona C y se ha sugerido que debido a que la población está creciendo comienzan a establecerse más territorios en esta área (Hernández, 1996). Para el presente trabajo se capturaron animales en las zonas A y B.

Figura 9. Mapa de la zona de colecta de muestras: Los Islotes, B.C.S.

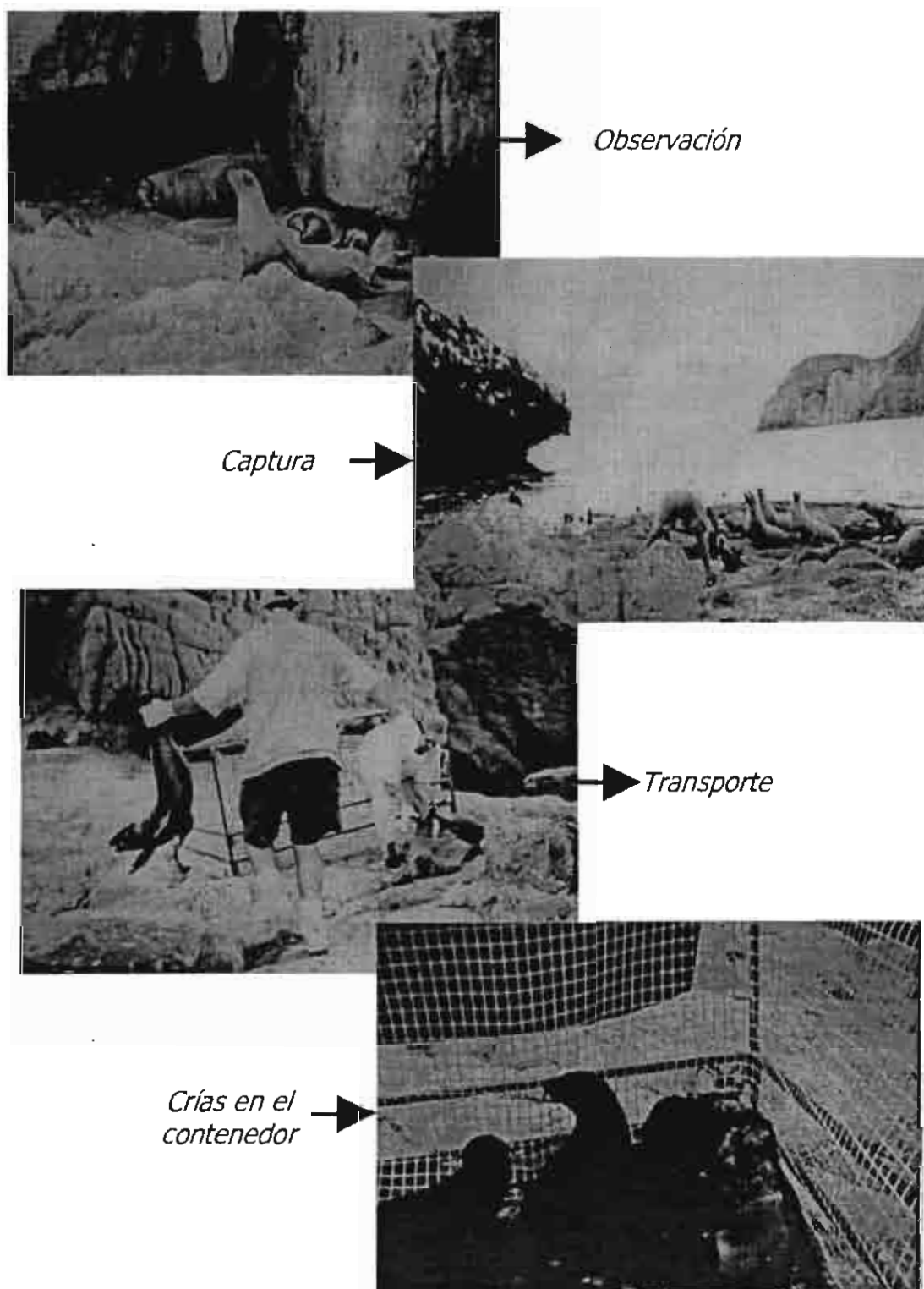


7.3. Método de muestreo

a) Manejo en la lobera.

- 1) Previo a la obtención de las muestras de plasma fue necesario establecer el campamento de trabajo que constó de un corral para los animales, una estación de pesaje (con varillas, dinamómetro y bolsa de malla), un cubículo de contención (con equipo de anestesia y mesa de trabajo) así como una hielera con gradillas para los tubos vacutainer.
- 2) Cada día se llevó a cabo una observación de la zona A y B para determinar, dependiendo de la factibilidad de acercamiento, en qué área se llevaría a cabo la captura de los animales (Fotografía 1). Una vez determinado esto se procedió a capturar a las crías, al azar, de forma manual, sin red, tomándolas por las patas posteriores y cargándolas cabeza abajo.
- 3) Una vez capturada, la cría se colocó en el corral hasta el momento de su pesaje, con constantes baños de agua marina para refrescarla y evitarle un mayor estrés (Fotografía 1).
- 4) La cría se pesó colocándola en la bolsa de malla y posteriormente en el dinamómetro hasta que se estuvo quieta. En ese momento se sexó. (Fotografía 2):
 - 1) Posteriormente se trasladó al cubículo de contención donde se le aplicó anestesia con isofluorano, tomándole constantemente sus signos vitales y la temperatura. Una vez relajada la cría se le tomaron las siguientes *medidas básicas*: 1) longitud estándar, con cinta métrica 2) circunferencia o perímetro axilar, con cinta métrica; y 3) grosor de la capa de grasa (GCG), mediante un adipómetro (Lange, Betha Technology, Inc.) para medir el grosor de la piel y la capa de grasa subcutánea a nivel del esternón, este sitio corporal es utilizado comúnmente para estimar el GCG en pinnípedos (Luque-Flores y Auriolles-Gamboa, 2001).

Fotografía 1. Selección y captura de crías de lobo marino de California *Zalophus c. californianus* de Los Islotes, 1999.



5) Con base en los datos anteriores se calcularon los siguientes **índices morfométricos**:

1) **Factor de condición de Fulton (FCF)** índice de uso común para eliminar el efecto de la talla sobre el peso en crías de lobo marino de hasta 1 mes de edad; dado por la siguiente ecuación:

$$FCF = P \times 10^5 / LS^3,$$

Donde: P= peso (kg) y LS = largo estándar (cm).

2) **Índice del Perímetro axilar/Longitud estándar**

$$(PA:LS) = (\text{perímetro axilar} / \text{longitud estándar}) \times 100).$$

Este índice se emplea para eliminar el efecto de la talla sobre el grosor o circunferencia del animal.

6) Además de lo anterior, se observó el estado en el que se encontraba la cicatriz umbilical de las crías, con el objetivo de establecer diferentes grupos de edad, de acuerdo al criterio establecido por el Dr. David Auriol-Gamboa (datos sin publicar). Con este dato se formaron tres grupos que se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Grupos de edad establecidos de acuerdo al estado de la cicatriz umbilical en crías de lobo marino de California de Los Islotes.

Grupo de edad #	Observación	Edad en semanas	# de casos
1	Con cicatriz	< 1	16
2	Cicatriz vieja	1-2	6
3	Sin cicatriz	> 2	8

Fotografía 2. Toma de medidas morfométricas y muestra sanguínea



↑
Peso



↑
Anestesia



↑
Grosor de la capa de grasa



↑
Longitud



←
*Toma de muestra
sanguínea*

b) Toma de muestras sanguíneas.

La toma de muestra de sangre se realizó mediante punción de la arteria yugular con sistema "vacutainer", obteniendo un volumen de 7 ml de sangre de cada animal en dos tubos, los cuales contenían EDTA.

Estos tubos fueron homogeneizados y colocados en charolas dentro de una hielera con geles de congelación y hielo, evitando poner los tubos en contacto directo con el hielo para impedir que se hemolizara la sangre.

Posteriormente se trasladaron al barco en donde se continuó su manejo (Fotografía 2).

Manejo a bordo

1) Los tubos con sangre se centrifugaron a 3500 rpm durante 15 minutos. El plasma se separó con pipetas pasteur y se guardó en crioviales que contenían las soluciones conservadoras, con una breve agitación (Fotografía 3).

2) Las soluciones que se añadieron a los crioviales para una mejor conservación de los lípidos en el plasma fueron las siguientes:

1) Solución 1. Aprotinina 10 U/ml + Benzamidina 2 mM + Ácido de sodio 0.1%

Disolver en agua

Añadir 10 µl/ml de plasma

2) Solución 2. PMSF en metanol al 0.5 mM

Añadir 1 µl/ml de plasma

3) Solución 3. Etoxiquin al 0.1%

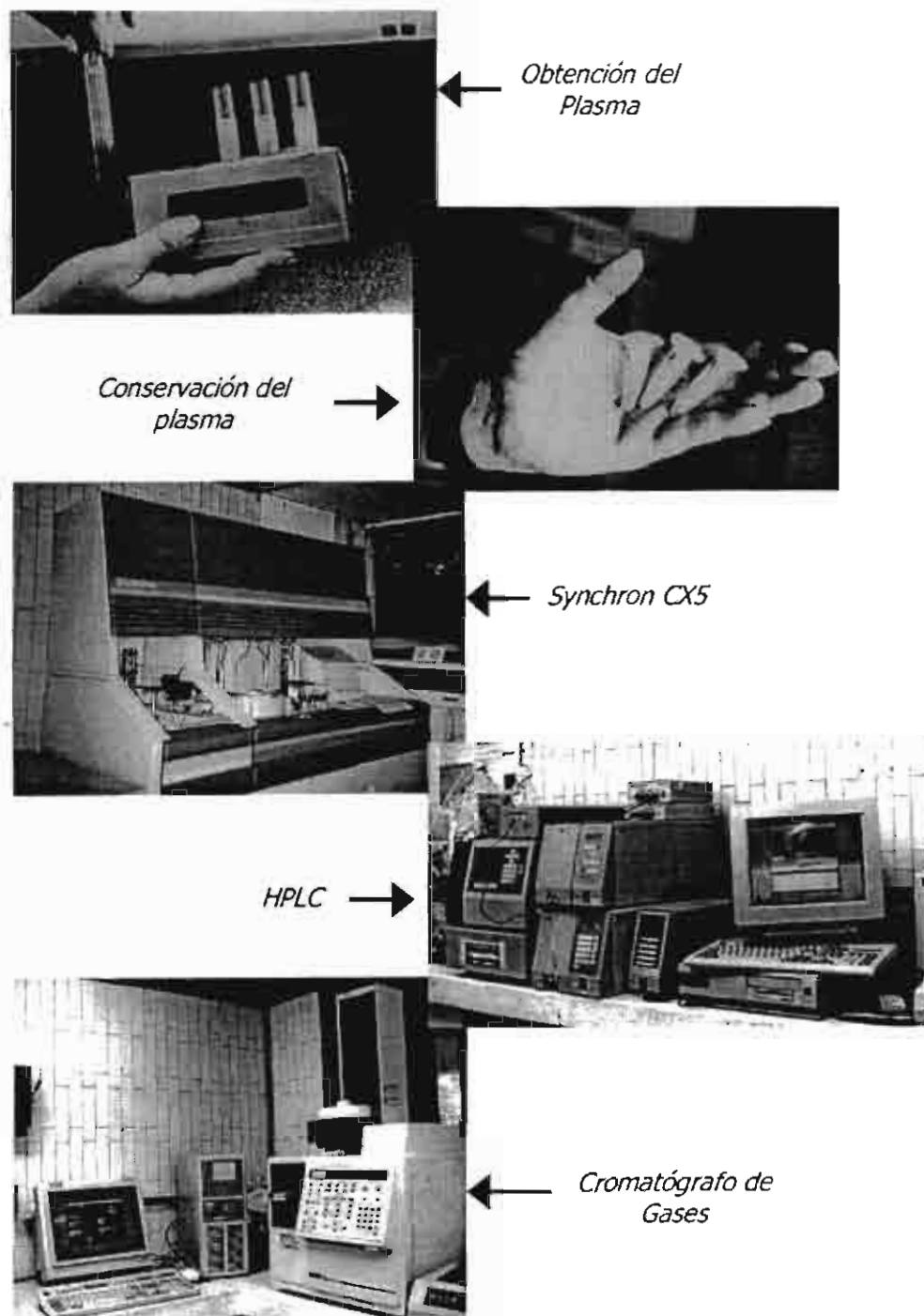
Añadir 10 µl/ml de plasma.

(Dr. Pérez-Mendez, Instituto Nacional de Cardiología, comunicación personal):

Todos los reactivos se prepararon previo al viaje en el INCMNSZ, se conservaron en refrigeración y se añadieron a los crioviales antes de agregar el plasma (Merck, 1989).

3) Las muestras se guardaron en congelación a - 10°C durante el resto del crucero y también se trasladaron congelación a la Cd. de México, hasta la realización de los análisis químicos.

Fotografía 3. Preparación y análisis de las muestras de plasma.



7.4. Técnicas para la realización de los análisis químicos.

7.4.1. Colesterol.

El reactivo CHOLESTEROL REAGENT (CHOL) de Beckman (Kit 442735) en conjunto con el Sistema Multicalibrador SYNCHRON CX Systems es empleado para la determinación cuantitativa de la concentración total de colesterol en suero o plasma en laboratorios clínicos. La determinación de colesterol en suero es utilizado para evaluar el riesgo de desarrollo de enfermedades coronarias y para el diagnóstico de los desórdenes metabólicos que involucran a los lípidos y las lipoproteínas, en humanos. En los mamíferos marinos en cautiverio, niveles altos o bajos de colesterol son también indicadores de desórdenes metabólicos (Bossart y Dierauf, 1990).

El reactivo CHOL se emplea para medir la concentración de colesterol por medio de un método de punto final. En la reacción la colesterol esterasa (CE) hidroliza los ésteres de colesterol a colesterol libre y ácidos grasos.

El colesterol libre es oxidado a colestano-3-1 y peróxido de hidrógeno por la colesterol oxidasa (CO). La peroxidasa cataliza la reacción de peróxido de hidrógeno con 4-aminantipirina y fenol para producir un producto quinoneiminico colorido.

El sistema Synchron CX proporciona automáticamente los volúmenes de muestra y reactivo apropiados dentro de un vial. El ratio empleado es de 1:100. El sistema monitorea el cambio en la absorbancia a 520 nanómetros a un tiempo de intervalos dados. Este cambio en la absorbancia es directamente proporcional a la concentración de colesterol en la muestra y es usado por el sistema Synchron CX para calcular y expresar la concentración de colesterol (Beckman, 1995).

7.4.1.1. Equipo empleado.

Para la cuantificación del colesterol plasmático y triglicéridos plasmáticos se empleó un equipo automatizado **Synchron CX-5 Delta @Systems MULTI™ Calibrator**, el cual es un analizador químico controlado por un microprocesador de acceso aleatorio. Los sistemas han sido diseñados para realizar

ensayos a punto final, cinéticos, cuantitativos no lineales y ensayos cualitativos de drogas de abuso (Fotografía 3) (Beckman, 1995).

Control de Calidad: al menos dos niveles del material control se analizan diariamente. Además, estos controles se corren con cada nueva calibración, con cada nuevo lote de reactivos y después de un mantenimiento específico. En general, el empleo de controles se deja a criterio del analista, dependiendo de la carga de trabajo.

Debido a la exactitud del equipo, todas las muestras se analizaron una vez.

7. 4. 2. Triglicéridos.

El reactivo Triglicerides GPO (TG) de Beckman (Kit 445850) en conjunto con el Sistema Multicalibrador SYNCHRON CX Systems es empleado para la determinación cuantitativa de la concentración total de triglicéridos en suero o plasma en laboratorios clínicos.

La medición de los triglicéridos es empleada en el diagnóstico y tratamiento de pacientes con diabetes mellitus, nefrosis, obstrucción del hígado y otras enfermedades que involucran el metabolismo de los lípidos o algunos otros desórdenes endócrinos.

El reactivo GPO se emplea para medir la concentración de triglicéridos a través de un método de punto final. Los triglicéridos en la muestra son hidrolizados a glicerol y ácidos grasos libres por la acción de una lipasa.

Una secuencia de tres pasos enzimáticos pareados empleando glicerol cinasa (GK), glicerofosfato oxidasa (GPO) y peroxidasa de rábano (HPO) ocasiona el acoplamiento oxidativo de 3,5-dicloro- ácido 2-hidroxibenzenosulfónico (DHBS) con 4-aminoantipirina para formar un precipitado rojo quinoneimínico.

El sistema Synchron CX proporciona automáticamente los volúmenes de muestra y reactivo apropiados dentro de un vial. El radio empleado es de 1:100. El sistema monitorea el cambio en la absorbancia a 520 nanómetros a un tiempo de intervalos dados. Este cambio en la absorbancia es directamente proporcional a la

concentración de triglicéridos en la muestra y es usado por el sistema Synchron CX para calcular y expresar la concentración de triglicéridos (Beckman, 1995).

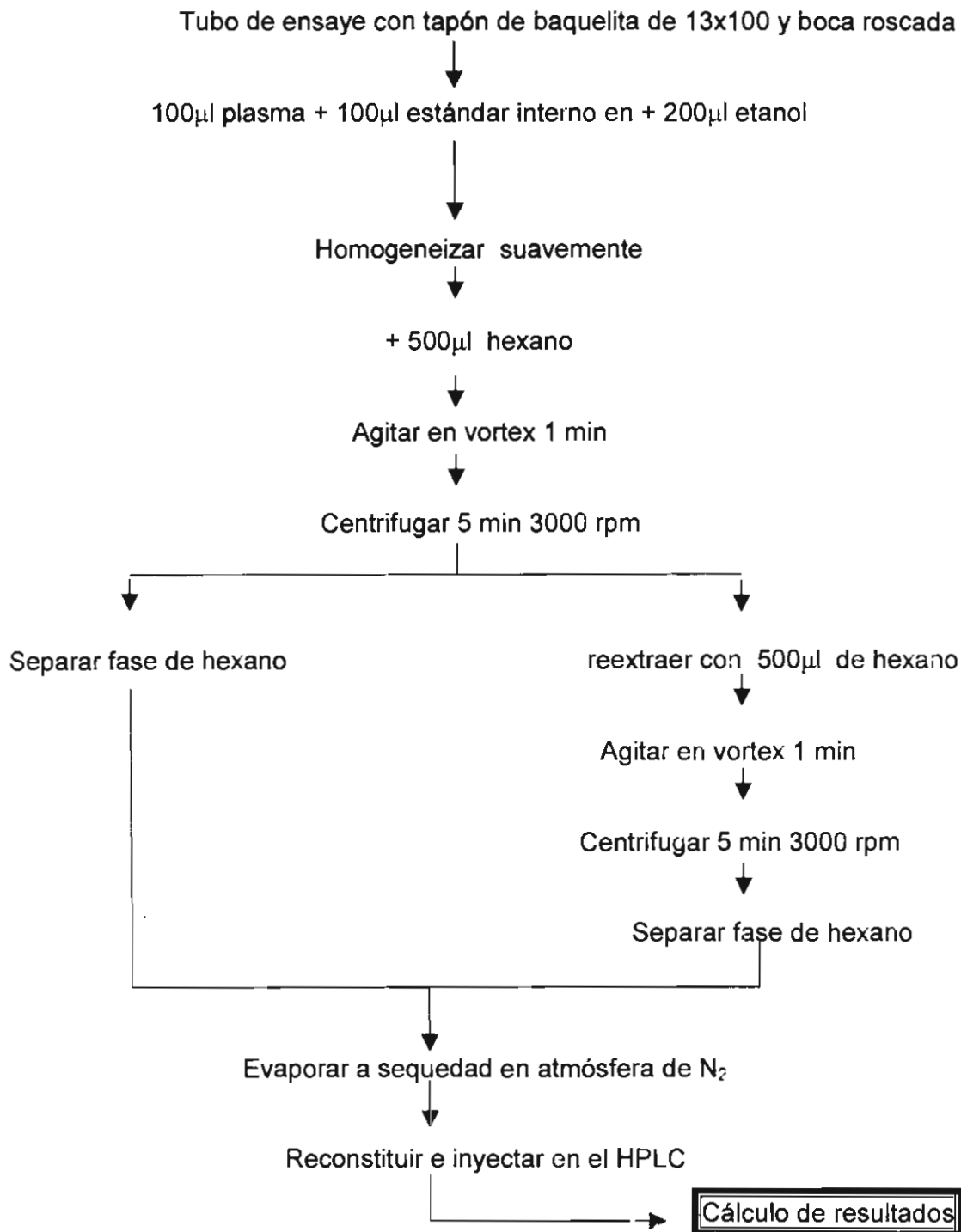
Debido a la exactitud del equipo, todas las muestras se analizaron una vez.

7.4.3. Vitaminas liposolubles.

7.4.3.1. Preparación de las muestras.

Las muestras de plasma de las crías de lobo marino se descongelaron a temperatura ambiente y se prepararon de acuerdo a las técnicas descritas por Barua y col., (1993) e Ian y col., (1988) como se describe en la Figura 10.

Figura 10. Diagrama de flujo para la extracción de vitaminas liposolubles en plasma de crías de lobo marino de California.



7.4.3.2. CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS DEL HPLC.

La cuantificación de vitaminas liposolubles se realizó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) (Fotografía 3) en un equipo marca Waters con las siguientes características:

- 2 bombas modelo 502
- automuestreador modelo 717
- detector UV/VIS modelo 486
- estación de trabajo Millennium

Las condiciones cromatográficas fueron:

- Fase móvil: acetonitrilo/metanol/agua (49:49:2).
- Longitud de onda: 280 nm
- Flujo: 1ml/min
- Volúmen de inyección: 5 µl
- Tiempo de corrida: 20 min.
- Temperatura: Ambiente
- Columna: Symmetry C₈ de 3.9 X 150 marca Waters

Se utilizaron los siguientes estándares de Sigma:

- vitamina A: acetato de retinol
- vitamina D₃: colecalciferol
- vitamina E: α-tocoferol

Todas las muestras se analizaron por triplicado y en los resultados se presenta la media de cada una.

Cálculo de resultados de las vitaminas.

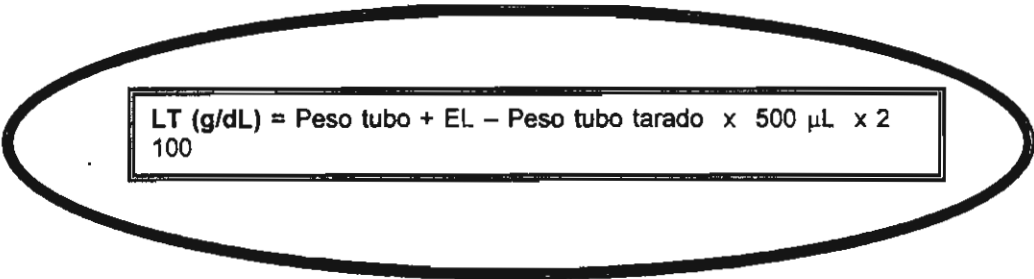
$$[\text{vitamina}] = \frac{\text{Área problema} \times \text{Concentración estándar}}{\text{Área del estándar}} \quad \text{mg / mL}$$

7.4.4. Lípidos totales.

La cuantificación de los lípidos totales es el paso inicial en la preparación de las muestras para el análisis de los ésteres metílicos de los ácidos grasos.

Las muestras de plasma de crías de lobo marino se descongelaron a temperatura ambiente y se prepararon como se describe en la Figura 11 de acuerdo a la técnica de Umemura y col. (1993).

El cálculo de los lípidos totales se realizó gravimétricamente de acuerdo a la siguiente fórmula:


$$LT \text{ (g/dL)} = \frac{\text{Peso tubo} + EL - \text{Peso tubo tarado} \times 500 \mu\text{L} \times 2}{100}$$

Donde: LT = lípidos totales

EL = extracto lipídico

Las muestras se analizaron por triplicado y en los resultados se presenta la media de cada una.

7.4.5. Ácidos grasos.

7.4.5.1. Preparación de las muestras.

En la Figura 12 se describe la continuación de la preparación de las muestras de plasma (saponificación y metilación) para el análisis de ácidos grasos, de acuerdo a la técnica descrita por Umemura y col. (1993).

7.4.5.2. Condiciones cromatográficas del cromatógrafo de gases.

La identificación y cuantificación se realizó por cromatografía de gases en un equipo Varian Star 3400 CX (Fotografía 3) de acuerdo al siguiente método cromatográfico:

Inyector: Split/Splitless con detección por ionización de flama.

Programa de T° de la columna: T° inicial 140°C; 2.5°C / min / 40 minutos

T° final: 240°C / 20 min.

T° del inyector y del detector : 260°C.

Radio Split : 1:100.

Columna utilizada: SUPELCO SP 2560 Fused silica capillary column
100m, 0.25mm ID, 0.20 µm film.

Gas portador : N₂

Volúmen de inyección : 1 µl.

Se empleó el ácido cerótico (C26:0) (SIGMA H0388) como estándar interno.

Figura 11. Diagrama de flujo para la obtención de los lípidos totales del plasma de crías de lobo marino de California.

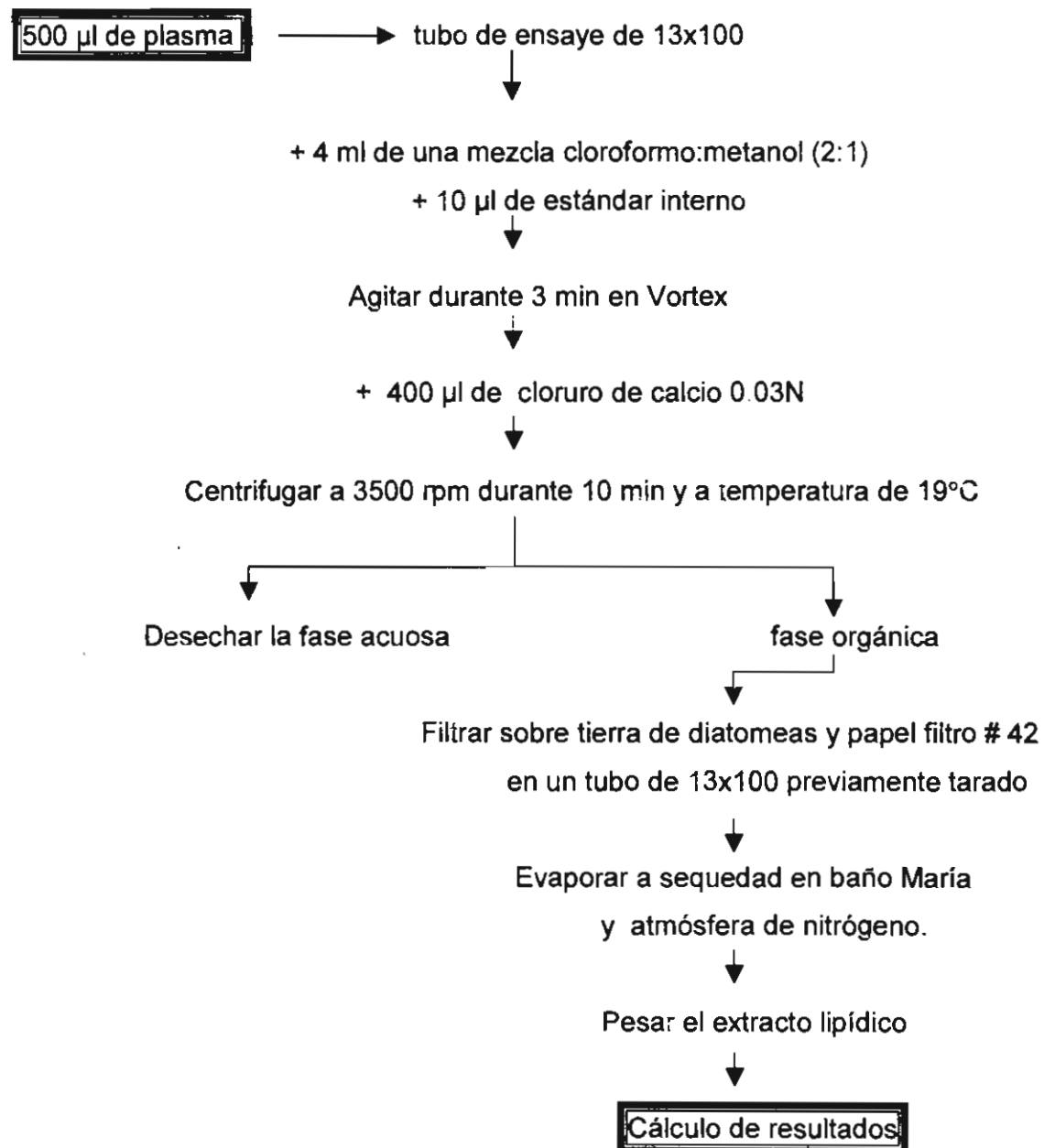


Figura 12. Diagrama de flujo para la obtención de los ésteres metílicos de ácidos grasos de plasma de crías del lobo marino de California. I. Saponificación.

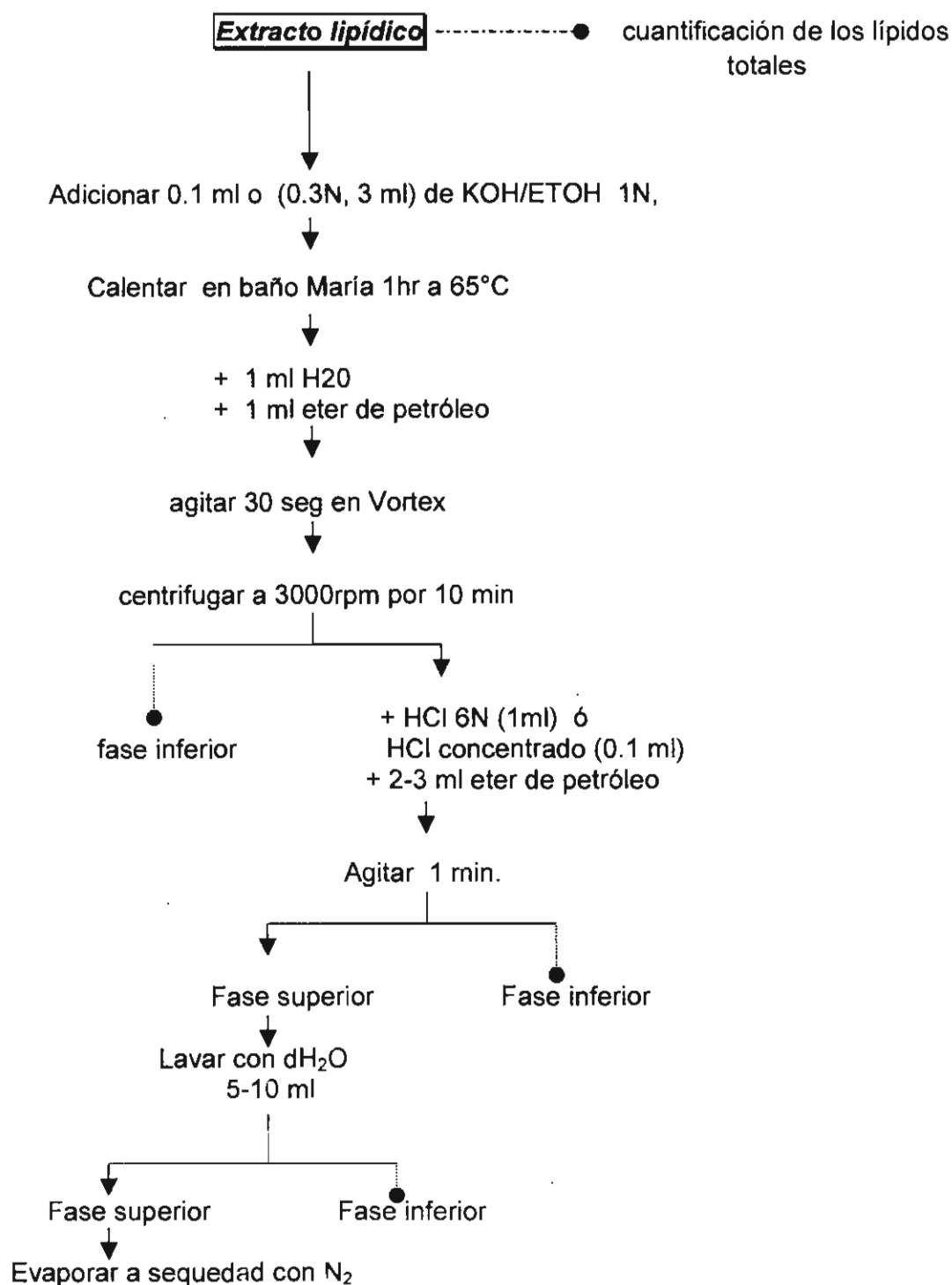
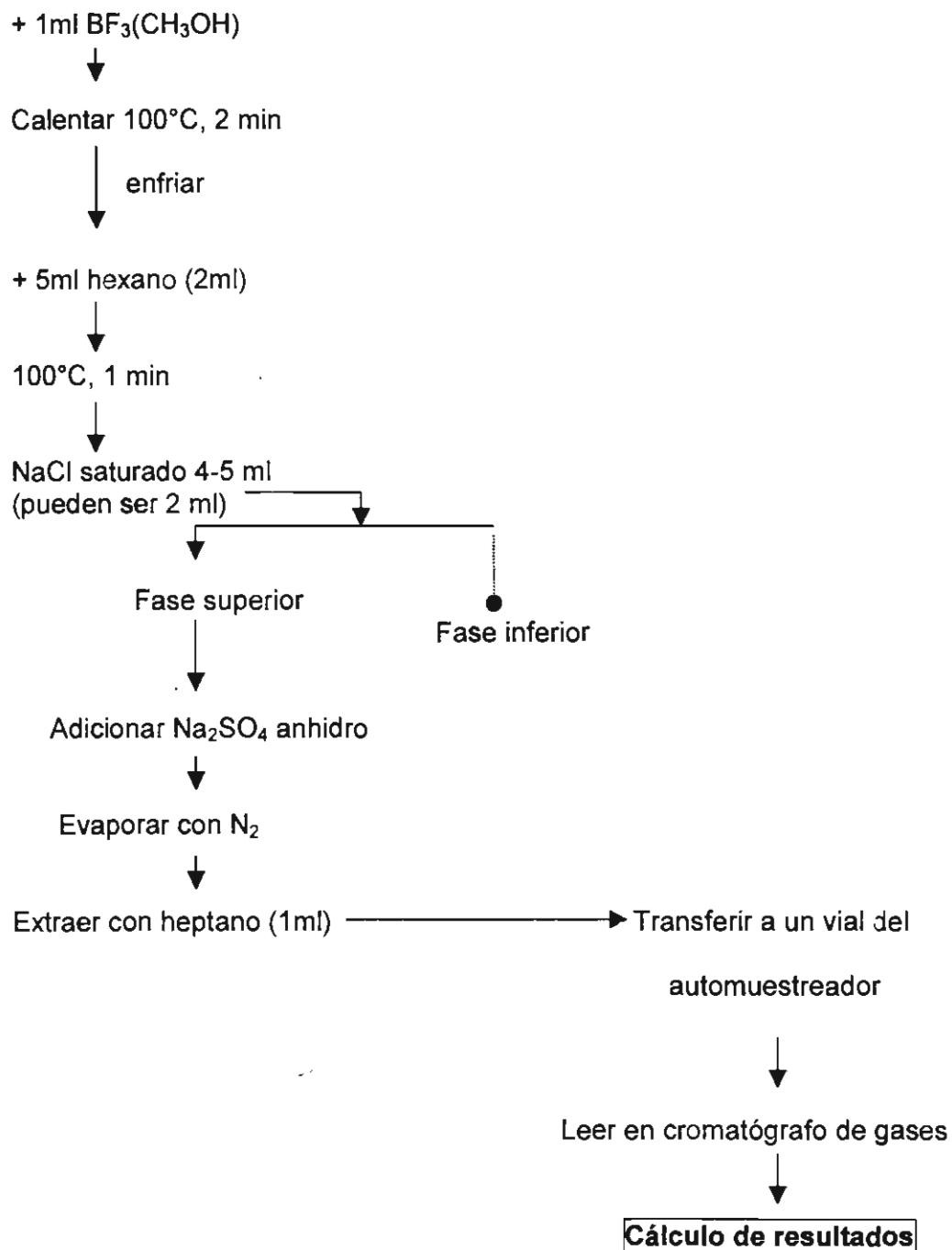


Figura 12. Continuación... Diagrama de flujo para la obtención de los ésteres metílicos de ácidos grasos de plasma de crías del lobo marino de California.

II. Metilación



7.4.5.3. Cálculo de resultados.

Todas las muestras se prepararon por triplicado. Los ésteres metílicos de los ácidos grasos se identificaron por sus *tiempos de retención* relativos a los estándares previamente inyectados. Esta identificación se realizó manualmente sobre los cromatogramas, considerando en los casos necesarios los diferentes picos que aparecieron en un rango muy cercano al tiempo de retención del estándar.

Se utilizaron diferentes tipos de estándares. Se inyectaron primero en forma individual y después en forma de mezcla los siguientes estándares de Polyscience (kit N°61C): caproato, heptanoato, octanoato, pelargonato, decanoato, undecanoato, laurato, miristato, palmitato, estearato, araquidato, behenato, undecilinato, oleato, linoleato y el petroselínico (P-9125 de Sigma Chemical Co). El segundo grupo de estándares utilizado fue la mezcla comercial SUPELCO 37 FAME MIX (N°. Catálogo 47885-U), con los siguientes AG: C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C11:, C12:0, C13:0, C14:0, C14:1, C15:0, C15:1, C16:0, C16:1, C17:0, C17:1, C18:0, C18:1n9t, C18:1n9c, C18:2n6t, C18:2n6c, C20:0, C18:3n6, C20:1, C18:3n3, C21:0, C20:2, C22:0, C20:3n6, C22:1n9, C20:3n3, C20:4n6, C23:0, C22:2, C24:0, C20:5n3, C24:1 y C22:6n3.

La concentración de los ácidos grasos de las muestras se cuantificó utilizando el área bajo la curva de cada pico con relación al área conocida del estándar. Esta cuantificación se realizó manualmente sumando en los casos necesarios las áreas de los diferentes picos correspondientes a un ácido graso.

Cálculo de resultados:

$$[\text{ag}] = \frac{\text{Area del problema} \times \text{concentración del estándar} \times \text{dilución}}{\text{Area del estándar} \times \text{alícuota}} \times 100$$

Una vez obtenidos los triplicados para cada ácido graso se calculó la media de cada uno para cada una de las crías.

Los resultados de los ácidos grasos se presentan en mg/100ml de plasma.

7.4.6. Análisis Estadísticos.

En este estudio se empleó la estadística paramétrica, teniendo 2 tratamientos (Machos y Hembras) con diferente número de repeticiones:

- 1) para las variables morfométricas fueron 21 machos y 14 hembras.
- 2) Para las variables lipídicas se trabajaron 18 machos y 12 hembras.

Las variables de respuesta consideradas en el primer grupo fueron: peso, longitud estándar, grosor de la capa de grasa, circunferencia, perímetro axilar: longitud estándar y Factor de condición de Fulton.

Las variables de respuesta del segundo grupo fueron: colesterol, triglicéridos, lípidos totales, vitamina A, vitamina D₃, vitamina E y ácidos grasos.

Los datos obtenidos de cada una de las variables de respuesta fueron analizados mediante el modelo *t de student* no pareada, con un nivel de significancia de 0.05, utilizando el paquete estadístico SATATISTICA (Statsoft, 1995).

El modelo matemático para el diseño referido es el siguiente:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\delta_p \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}}$$

Donde: t = valor estadístico de la prueba de *t de student*

$\bar{X}_1$ = valor promedio del grupo 1

$\bar{X}_2$ = valor promedio del grupo 2

δ_p = desviación estándar preponderada de ambos grupos

n_1 = tamaño de muestra del grupo 1

n_2 = tamaño de muestra del grupo 2 (Castilla y Cravioto, 1991)

VIII. Resultados y Discusión.

8.1. Características de la población estudiada.

Con relación al muestreo se capturaron 35 crías de lobo marino, de las cuales 21 fueron machos (M) y 14 hembras (H). Los parámetros e índices morfométricos calculados se presentan en los cuadros 5 y 6.

La lobera "Los Islotes" en los últimos 4 años ha demostrado condiciones de bienestar (producción estable de crías, una condición corporal alta de crías y una fecundidad estable de las hembras) y en este muestreo en particular, todas las crías se encontraron en buena condición dado que se observó mucha vitalidad, buena respuesta a la anestesia y una buena recuperación de la misma. Asimismo, no se encontraron animales con efectos negativos posteriores a la toma de muestra.

Los parámetros morfométricos presentaron una menor variación numérica en comparación con los parámetros bioquímicos que se discutirán mas adelante; el peso (kg) en las hembras fue de 9.65 con un intervalo de confianza (I.C.) $P < .01$ de 8.34 a 10.95, mientras que en los machos fue de 9.38 a 11.67. La longitud estándar (cm) en la hembras fue en promedio de 75.8, con un I.C ($P < .01$) de 73.13 - 78.53; y en machos el promedio fue de 77.5 cm con I.C. de 75.25 – 79.52, por lo que la longitud fue un parámetro menos variable en comparación con el peso de las crías. Además del análisis estadístico descrito en la sección 7.4.6. , se realizaron, para la diferencia de medias de todas las variables de este trabajo, pruebas no paramétricas de U Mann-Whitney (Castilla y Cravioto, 1991) y para ambos casos, no se encontró diferencia significativa entre grupos $P > .05$.

Probablemente la variable morfométrica con el mayor I.C. tanto en hembras como en machos fue el grosor de la capa de grasa (GCG) (cm): 10.93 – 17.15 y 12.04 – 15.81, respectivamente. Los valores mínimos y máximos fueron: 8.8 – 23 cm (H) y 9.0 – 21.8 cm (M), lo cual sugiere que desde el nacimiento existe una mayor acumulación de grasa en las hembras, mientras que en los machos es probable que haya más músculo. Las medias fueron sin embargo muy similares y no se detectó diferencia de medias $P > .05$. Esto resulta muy importante, ya que en futuros

muestreos se puede evitar el manejo del sexado al tiempo que se podrán emplear muestras mixtas.

El valor del FCF se emplea como un indicador del estado de salud: mientras mayor sea el valor mejor es la condición corporal (Luque, 1999). Este FCF se presentó en las hembras con un intervalo de confianza $P < .01$ de 2.03 a 2.37 y en los machos de 2.13 a 2.36. Los valores mínimo y máximo fueron 1.83-2.58 y 1.93-2.50, respectivamente.

Cuadro 5. Medidas morfométricas de las hembras y los machos de *Zalophus c. californianus* de Los Islotes, 1999.

	Peso (kg)	L.S. (cm)	C.A. (cm)	GCG (cm)	PA/LS	FCF
<i>Hembras</i>						
Media		75.8	48.57	14.04	63.84	2.20
	9.65					
D.S.	± 1.8	± 3.6	± 3.11	± 4.17	± 2.82	± 0.22
<i>Machos</i>						
Media	10.5	77.5	49.17	13.92	62.92	2.25
D.S.	1.9	± 3.34	± 3.98	± 3.10	± 3.85	± 0.19

No se encontró diferencia estadística para $P > .05$

L.S. = Longitud estándar

C.A. = Circunferencia abdominal

GCG = Grosor de la capa de grasa

PA/LS = Perímetro axilar/longitud estándar

FCF = Factor de Condición de Fulton

En virtud de no haber encontrado diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras, para las diferentes variables morfométricas, se agruparon ambos resultados para obtener la media de las crías, mismas que se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Medidas morfométricas de las crías de *Zalophus c. californianus* de la Los Islotes 1999.*

# M	# H	Peso (kg)	L.S. (cm)	C.A. (cm)	GCG (cm)	PA/LS	FCF
21	14	10.34 ± 1.8	77.14 ± 3.59	48.93 ± 3.63	14.61 ± 3.61	63.41 ± 3.32	2.23 ± 0.19

* se presenta la media y desviación estándar.

Además de la observación de las tendencias del comportamiento poblacional descritas en la justificación de este trabajo, se compararon los valores obtenidos de la morfometría de crías en Los Islotes con valores equivalentes y obtenidos de distintas colonias del Golfo de California (Luque-Flores y Auriol-Gamboa, 2001). Se calcularon las desviaciones estándar para cada parámetro estimado por los mencionados autores basados en muestreos que agrupan alrededor de 600 individuos y se consideraron grupos de distinta condición corporal de la siguiente manera:

- 1) El grupo 1 o de mala condición esta conformado por individuos con valores menores a la media menos el valor de la desviación estándar (D.S.).
- 1) El grupo 2 o de buena condición por aquellos valores entre $\geq$ al valor anterior y $\leq$ media + D.S.
- 3) El grupo 3 o de excelente condición con individuos con valores $>$ media + D.S.

Los resultados de la estadística descriptiva de los índices morfométricos (FCF, PA:LS y GCG) de las crías de la lobera "Los Islotes" desde al año de 1981 hasta 1998 (Luque, 1999) y durante 1999, año en que se realizó el muestreo para el presente trabajo, se presentan en el Cuadro 7.. Con base en esta comparación, se pudo calificar a las crías de "Los Islotes" durante 1999 dentro del grupo 2, por lo que

se considera a "Los Islotes/99" como una lobera cuyas muestras provienen de crías con una buena condición corporal, sana y normal.

Cuadro 7. Índices morfométricos de crías de *Zalophus c. californianus* del Golfo de California en diferentes años.

Índice	N	Media	Media-D.S.	Media+D.S.	D.S.
FCF *					
(1981-1998)	617	2.27	2.05	2.49	.218
PA:LS *					
(1996-1998)	593	65.03	61.03	69.03	4.00
Los Islotes 1999					
FCF	35	2.23	2.04	2.42	0.19
PA:LS	35	63.41	60.09	66.73	3.32
GCG (cm)	35	14.61	11.01	18.21	3.6

* Luque-Flores y Auriolos-Gamboa (2001).

D.S. = desviación estándar

8.2. Toma de muestra sanguínea.

El empleo de anestesia permitió un manejo del animal relativamente sencillo, esto debido a que como la cría permaneció casi inmóvil fue fácil y rápido tomar tanto las medidas morfométricas, como los signos vitales así como las muestras de sangre, grasa y pelo que se necesitaron para todo el macroproyecto al que el presente trabajo pertenece.

Como parte de la toma de muestra de sangre se validó el empleo del equipo vacutainer, con *holder* o mariposa (dependiendo de la profundidad de la vena) ya que de este modo fue factible la obtención de dos tubos de 7 ml de sangre con una sola inyección, esto además, permitió un ahorro considerable de tiempo ya que una vez que se tiene la vena es cuestión de cambiar los tubos para su llenado.

Sin embargo, de las 35 crías capturadas sólo se pudo obtener muestras de sangre de 30 de ellas: 18 machos y 12 hembras. Esto debido a que en ciertos

animales la profundidad de la vena y/o el grosor de la piel no permitió que se encontrara la vena, imposibilitando la toma de muestras sanguínea. Para futuras investigaciones se sugiere buscar otros puntos de punción, probablemente en alguna aleta, para aquellos casos en los que no se tenga acceso a la yugular.

Actualmente, el mismo sistema Vacutainer (Beckton-Dickinson) tiene nuevas jeringas con dispositivos para expulsión de agujas más seguros. Se sugiere, para animales con mayor movimiento durante la toma, el empleo de mariposa ya que esta tiene una mayor flexibilidad.

Como único efecto secundario de la anestesia durante la toma de muestra se observó en tres animales la presencia de vómito o regurgitación de leche, lo cual nos brindó el conocimiento de los diferentes estados de alimentación en los que pueden encontrarse las crías. La recuperación de la anestesia fue exitosa en todos los casos y no se reportó ninguna baja debido a la misma.

8.3. Colesterol

El sistema que se utilizó para la cuantificación de colesterol (Synchron CX-5) es empleado para el análisis de muestras clínicas humanas, por lo que los valores dados por el Sistema como rangos de referencia, son para este tipo de muestras. En el caso de los lípidos de los lobos marinos de California no se encontraron valores por afuera de los valores establecidos, sin embargo, esto no ocurrió con otros analitos analizados, con este mismo equipo, en forma paralela a este trabajo.

En el Cuadro 8 se presenta la estadística descriptiva del colesterol tanto de hembras como de machos, las medias fueron diferentes siendo mayor la de las hembras, con intervalos de confianza un poco mayores que los de los machos. Los valores mínimos y máximos fueron semejantes entre los dos grupos.

Cuadro 8. Estadística paramétrica de colesterol del plasma de crías lactantes de *Zalophus c. californianus* de Los Islotes, B.C.S., 1999.

Parámetro	Hembras	Machos	Total de crías
N=	12	18	30
Media aritmética	163.9	154.06	158.0
Desviación std. (n-1)	37.92	29.76	33.0
Error std.	10.95	7.01	6.03
Interv. Conf. 95%	142.5-185.4	140.3-167.8	146.2-169.8
Interv. Conf. 99%	135.7-192.1	135.9-172.1	142.5-173.5
Mediana	161.0	147.0	155.0
Sesgo	0.47	0.41	0.56
Curtosis	-0.938	-0.88	-0.46
Valor mínimo	112.0	108.0	108.0
Valor máximo	240.0	214.0	240.0

No se encontró diferencia significativa para $P > .05$

Tanto en las hembras como en los machos, el valor máximo de colesterol encontrado perteneció a los animales con el menor peso (240mg/dL / 8.15 kg y 214 mg/dL/6.9 kg, respectivamente), aunque hubo otro animal con un peso de 8.15 kg pero con una concentración de colesterol de 139 mg/dL. En las hembras sucedió lo contrario, pues el valor mínimo de colesterol calculado perteneció al animal con el mayor peso (112mg/dL/14.15 kg).

Este mismo comportamiento se observó al comparar el colesterol con el grosor de la capa de grasa (GCG); tanto en las hembras como en los machos la mayor concentración de colesterol se asoció a los menores valores del GCG (en las hembras fue el segundo menor valor) (240 mg / dL /9.5 cm y 214mg/dL/9.0 cm), y solo en el grupo de las hembras el valor mínimo del colesterol perteneció al animal con el valor máximo del GCG (112mg/dL/23 cm).

En ambos grupos, los valores máximos de colesterol pertenecieron a los animales con los segundos valores mínimos del Factor de condición de Fulton. Para los valores mínimos de colesterol no se observó la relación inversa. Sólo en el caso de los machos el mayor valor de colesterol perteneció al animal con la menor

longitud estándar (LS) (214 mg/dL / 70.5 cm); en las hembras sucedió lo contrario, esto es, que el valor mínimo del colesterol perteneció a la cría con la mayor LS (112 mg/dL / 84cm).

Todos estos comportamientos fueron extremos y se observaron sólo en una cría para cada caso.

Como se puede observar en el Cuadro 9, la correlación estadística (r) entre el colesterol y las demás variables morfométricas prácticamente no existe, ya que se encontraron valores negativos en todos los análisis realizados. Se puede observar que la correlación más alta calculada para todas las crías es en relación al peso; en el cual el coeficiente de determinación (r^2) fue de 0.165, lo cual significa que sólo el 17% de la concentración de colesterol en el plasma de crías de lobo marino de California responde a una variación del peso. El siguiente valor de correlación perteneció a la circunferencia, con un coeficiente de determinación de 0.137.

La correlación más baja se dio entre el colesterol y los niveles de triglicéridos, lo cual significa que no existe ninguna relación entre ambos analitos, aún cuando probablemente provengan en parte, de la misma fuente alimenticia.

La correlación entre colesterol y peso se calculó para machos y hembras (Cuadro 10) y se puede observar una diferencia de más del doble en las hembras; para ambos casos la (r^2) es negativa y en el caso de los machos ésta prácticamente no existe. En las hembras la (r^2) fue un poco mayor, con un coeficiente de determinación de 33.0 que significa que sólo en ese porcentaje el colesterol responde al peso.

Cuadro 9. Resultados del análisis de correlación entre las diferentes variables de las crías de *Zalophus californianus* de "Los Islotes", 1999.

N=30	Coles.	Trig.	Lip.Tot.	Vit.A	Vit. D	Vit. E	P
coles	1.0000						
trig	-0.0160	1.0000					
liptot	0.5387	0.3079	1.0000				
vita	-0.0715	-0.0878	-0.1288	1.0000			
vitd	-0.1674	-0.1770	-0.3119	0.2534	1.0000		
vite	-0.6129	0.1340	-0.2363	0.3241	0.2105	1.0000	
P	-0.4058	-0.0988	-0.1751	0.0418	0.3087	0.2756	1.0000
LS	-0.3201	-0.2679	-0.2156	0.0353	0.3697	0.2391	0.8627
FCF	-0.3303	0.2291	-0.0210	0.0202	0.0502	0.1884	0.6447
PA : LS	-0.3706	0.0234	-0.0214	0.1548	0.3461	0.3591	0.8448
GCG	-0.3232	-0.0567	-0.0468	-0.0927	0.3695	0.2716	0.7221
	LS	FCF	PA:LS	GCG			
LD	1.0000						
FCF	0.1785	1.0000					
PA : LS	0.7117	0.5651	1.0000				
GCG	0.5921	0.5064	0.7019	1.0000			

P=peso

FCF=Factor de Condición de Fulton

GCG= Grosor de la Capa de Grasa

PA:LS = perímetro axilar: longitud estándar

LS=longitud estándar

Circ=longitud circunferencia

Sexo= incluye hembras y machos

Por otro lado, no se detectó diferencia entre machos y hembras, por lo que se puede decir que la concentración de colesterol en crías de *Zalophus californianus* no está relacionado con el sexo.

Cuadro 10. Coeficiente de Correlación (r) y Coeficiente de Determinación (r^2) del contenido de colesterol en plasma y el peso de hembras y machos lactantes de *Zalophus. c. californianus* de Los Islotes, 1999.

	Colesterol	Peso
Hembras (n=12)		
Colesterol	1.0000	
Peso	-0.5736	1.0000
Coef. Determinac.	33.0	
Machos (n=18)		
Colesterol	1.0000	
Peso	-0.2492	1.0000
Coef. Determinac.	0.06	

Todos los valores obtenidos en este estudio se realizaron en muestras en buen estado; sin embargo, existe un reporte de que la hemólisis de las muestras eleva los valores de colesterol cuando se emplean pruebas colorimétricas (Bossart y Dierauf, 1990). Por otro lado, estos autores mencionan que no existe reporte de que situaciones de estrés en los animales eleven los niveles de colesterol, lo cual ocurre con otros analitos.

En estudios realizados en mamíferos marinos en cautiverio, se ha detectado que el colesterol se eleva si hay hipotiroidismo, diabetes mellitus, obstrucción del conducto biliar, exceso de corticosteroides, consumo excesivo de grasa y preñez; y disminuye si hay hipertiroidismo, mala nutrición y mala absorción. Debido a estos dos últimos puntos, se considera importante la determinación de colesterol en el estudio sobre el estado de salud del lobo marino de California, así como el establecimiento

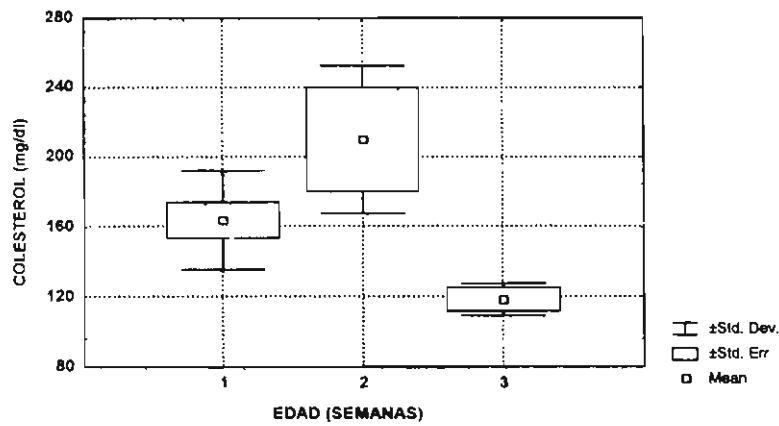
de los valores de referencia para la población del Golfo de California (Bossart y Dierauf, 1990).

Con los valores obtenidos para la de edad (Cuadro 4) se analizaron los valores de colesterol en función de los 3 grupos de edad preestablecidos, por sexos y en ambos grupos (Figuras 13, 14 y 15).

Como se puede observar, existe un comportamiento similar entre grupos: la cantidad de colesterol al nacimiento es semejante entre machos y hembras con una concentración promedio de 158 mg/dL, pero a la edad 2 sufre un incremento de más del doble en las hembras (210 ± 42.4 mg/dL) en comparación con los machos (178 ± 24.4 mg/dL); sin embargo, a la edad 3, estos valores sufren un descenso para finalmente quedar en posición inversa a lo que ocurre en la edad 2, es decir, el colesterol en machos se encuentra en una concentración mayor (132 ± 21 mg/dL) que el de las hembras (118.5 ± 9.2 mg/dL).

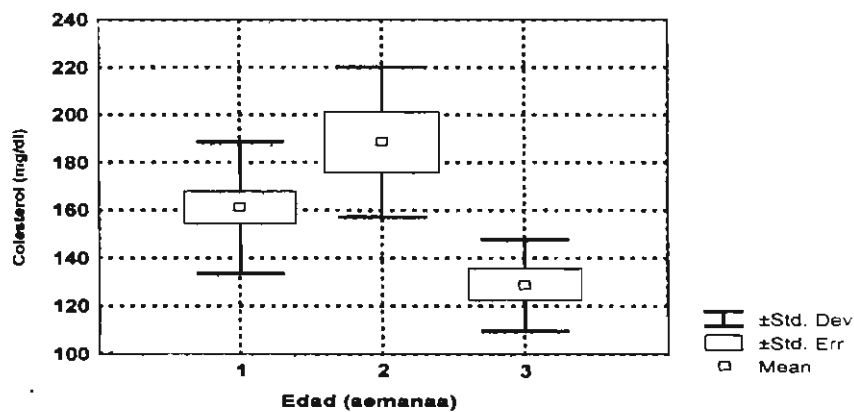
El conjunto de resultados de los 2 sexos muestra el mismo comportamiento. Durante la primera semana de vida las crías se alimentan continuamente de calostro materno.

Figura 13. Colesterol plasmático en hembras de diferentes edades de *Zalophus c. californianus* de diferentes edades, de Los Islotes, 99.



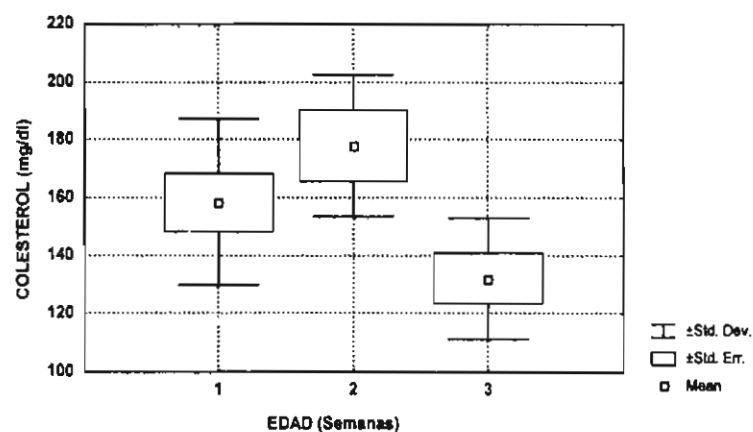
No se encontró diferencia estadística para $P > .05$

Figura 14. Colesterol plasmático en machos de diferentes edades de *Zalophucalifornianus* de diferentes edades, de Los Islotes, 99.



No se encontró diferencia estadística para $P > .05$

Figura 15. Colesterol plasmático en crías de ambos sexos de *Zalophus c. californianus* de diferentes edades, de Los Islotes, 1999.



No se encontró diferencia estadística para $P > .05$

De acuerdo a una revisión bibliográfica no se encontró información sobre el contenido de colesterol en crías de *Z. californianus*, Puppione (1983) (Cuadro 11) informa una concentración de colesterol en un macho adulto de esta especie de 253.8 mg/dL, el cual resulta ser un valor más elevado al encontrado en este trabajo y que da una idea de la variación que puede existir en las diferentes loberas.

En comparación con otros pinnípedos recién nacidos (Cuadro 11), los valores de las crías de *Z. californianus* de Los Islotes son de menos del 50%, encontrándose la mayor variación entre *Phoca groenlandica* y esta especie, principalmente.

Cuadro 11. Triglicéridos, colesterol y glucosa en *Zalophus californianus* adultos y en otros mamíferos marinos recién nacidos. ^{1,2}

(mg/dL)	<i>Z. californianus</i> ^a (Calif. sea lion)	<i>Phoca vitulina</i> ^b (Harbor seal)	<i>P. groenlandica</i> (Harp seal)	<i>C. cristata</i> (Hooded seal)
Triglicéridos	6-277 ¹ / 32.3 ²	53	Nd	Nd
Colesterol	253.8 ²	302	221-576	336-352
Glucosa	17-205	108	Nd	59-123
a = adultos		Nd = no determinado		
b = recién nacidos (<2 meses)				

¹ Bossart y Dierauf, 1990; ² Puppione (1983)

8.4. Triglicéridos.

En la Cuadro 12 se presenta la estadística paramétrica del contenido de triglicéridos (TG) en muestras de plasma de crías hembras y machos. Las medias fueron semejantes, pero la desviación estándar en las hembras fue muy grande, al igual que el error estándar. Para ambos grupos los intervalos de confianza fueron muy grandes y los mayores valores extremos correspondieron a las hembras.

Cuadro 12. Estadística paramétrica de los triglicéridos plasmáticos de crías de *Zalophus c. californianus* de Los Islotes, B.C.S., 1999.

PARÁMETRO	HEMBRAS	MACHOS	TOTAL DE CRIAS
N=	12	18	30
Media aritmética	75.3	74.3	74.7
Desviación std. (n-1)	86.65	66.9	73.96
Error std.	25.01	15.77	13.5
Interv. Conf. 95%	26.31-124.4	43.4-105.2	48.3-101.2
Interv. Conf. 99%	10.9-139.8	33.7-114.9	39.9-109.5
Mediana	34.0	50.5	47.0
Sesgo	1.54	1.18	1.52
Curtosis	1.36	0.11	1.55
Valor mínimo	11.0	15.0	11.0
Valor máximo	306.0	232.0	306.0

No se encontró diferencia estadísticamente significativa $P > .05$

La gran variación existente entre las concentraciones de estos compuestos para ambos grupos se debe, según algunos autores (Puppione, 1983; Bossart y Dierauf, 1990) a que los triglicéridos son menores en el suero o plasma de animales que han ayunado y que durante la lipemia alimenticia los niveles de TG se elevan.

Los pinnípedos con alimento en el estómago presentan un suero lipémico que es alto en TG. La foca de puerto y el lobo marino de California recién nacidos seguidos de un prolongado ayuno, tienen valores de TG muy bajos. Asimismo, las

focas de puerto preñadas tienen valores de TG más altos que las focas no preñadas. Por otro lado, si la alimentación precede a la toma de muestra, el suero se vuelve lipémico y los TG serán la fracción predominante.

No se ha informado que el estrés afecte los niveles de TG (Bossart y Dierauf, 1990). Aún en casos de poca actividad, como es el ayuno en los pinnípedos, las lipoproteínas ricas en TG son probablemente las proveedoras de energía para estos animales (Puppione, 1983).

En el Cuadro 9, se observa que el contenido de triglicéridos en el plasma de crías recién nacidas del lobo marino de California de Los Islotes, no tuvo correlación con ninguno de los parámetros morfométricos, ni con el colesterol. Las grandes variaciones encontradas para estos compuestos se pueden deber básicamente al ayuno o no ayuno al que las crías seguramente estuvieron sometidas. Debido a que se sabe que en los adultos los niveles de TG pueden variar ampliamente con cambios en la dieta y que también un suero lipémico puede elevar estos niveles, se puede presumir que éste no fue el caso, ya que todas las crías tuvieron la misma dieta: leche materna (García, 1995).

En mamíferos marinos en cautiverio se ha encontrado que los triglicéridos se elevan cuando: 1) el alimento permanece en el estómago, 2) existe una pancreatitis y 3) hay presencia de suero lipémico; estos niveles disminuyen cuando hay un ayuno prolongado (Bossart y Dierauf, 1990).

Este último punto se puede explicar porque los pinnípedos carecen de lipasas adecuadas para hidrolizar los triglicéridos en su sangre. Esta baja actividad de las lipasas sugiere que la grasa no es la fuente de energía preferida, lo cual es comprensible en un mamífero buceador, donde sólo el glicógeno puede ser empleado en ausencia de oxígeno (Bossart y Dierauf, 1990).

Se ha informado que en el proceso digestivo de estos animales los ácidos grasos de los triglicéridos, principalmente los ácidos grasos ω -3 que se localizan en las posiciones 1 y 3 del glicerol, son liberados por una enzima conocida como lipasa pancreática, mientras que los ácidos grasos con arreglo en la posición 2 del glicerol a menudo se distribuye en el cuerpo en forma de quilomicrones (Ackman, 1994).

Por requerir la grasa oxígeno para ser utilizada, las que se encuentran en la sangre de las focas son consideradas “en tránsito” o de paso, sin considerar las de la capa de grasa, dependiendo de la ausencia o presencia de oxígeno (Bossart y Dierauf, 1990).

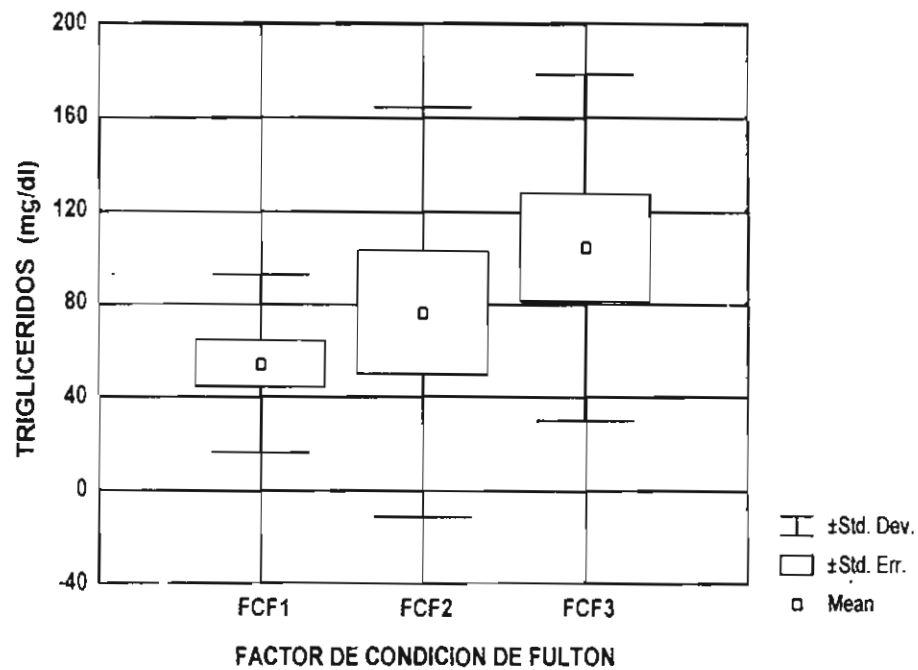
En el Cuadro 11 se informa de los resultados obtenidos por Bossart y Dierauf (1990), donde la concentración de triglicéridos en lobos marinos adultos va desde 6 hasta 227 mg/dL, con lo cual se vuelve a notar que existe una gran variación en los niveles de triglicéridos tanto en adultos como en crías.

Por las diferencias observadas entre los triglicéridos del presente estudio, se podría presuponer que en las hembras sólo tres crías se acababan de alimentar (con valores de TG entre 134 y 306 mg/dL) y las demás estaban en ayunas (con valores entre 11 y 75 mg/dL). Para el grupo de los machos se podría presuponer que cuatro organismos tenían alimento en el estómago (con concentraciones de TG entre 135 y 232 mg/dL) y el resto estaba en ayunas pero de diferentes tiempos, ya que el intervalo de valores encontrado fue mayor que en las hembras: de 15 a 93 mg/dL.

En la Figura 16 se presenta el contenido de triglicéridos plasmáticos en función de la condición corporal representada por el Factor de Condición de Fulton, en donde: FCF1 está dado por los valores más bajos, FCF2 por valores intermedios y FCF3 por los valores más altos. Es importante no olvidar que todos estos valores se encuentran dentro de los límites de buena condición de la población.

A pesar de que no existe correlación entre los triglicéridos y los parámetros morfométricos, se observa una tendencia a aumentar la concentración de triglicéridos conforme se eleva la condición corporal. Esto se pudiera explicar si se piensa que las crías al ir creciendo de una manera exponencial van en un continuo aumento de peso, además de ir aumentando su actividad física y por lo tanto sus necesidades energéticas; esto pudiera significar que su actividad alimenticia es mayor también y por lo tanto se eleva el contenido de triglicéridos.

Figura 16. Triglicéridos plasmáticos en crías con diferentes índices del Factor de Condición de Fulton (FCF), de Los Islotes, 1999.



8.5. Vitaminas Liposolubles

En el Cuadro 13 se presenta la concentración de vitaminas A, D y E en el plasma de crías de *Zalophus c. californianus*, observándose concentraciones muy diferentes entre las vitaminas, pero muy similares entre grupos .

8.5.1. Vitamina E

La vitamina más abundante fue la E o tocoferol. Se sabe que el lobo marino de California necesita de vitamina E en su dieta, y que para elaborar un sustituto lácteo o leche artificial se debe incluir entre 100 UI y 400 UI de esta vitamina (Worthy, 1990).

La concentración de vitamina E en el plasma de las crías tuvo un valor promedio de 1.30 mg/100ml y no se encontraron diferencias significativas ($P>.05$) entre hembras y machos, aunque se puede observar que en los machos los valores extremos fueron mayores.

La vitamina E (Cuadro 9) presenta una correlación negativa con los lípidos totales ($r = -.023$) y con el colesterol: ($r = -0.6$); con los demás parámetros no se observa ninguna correlación. El coeficiente de determinación entre la vitamina E y el colesterol fue de $r^2=0.38$, lo que significa que un 38% de la concentración de vitamina E tiene alguna relación con la concentración colesterol.

La deficiencia de vitamina E da como resultado la acumulación de peróxidos y causa degeneración muscular, necrosis del hígado y anemia. Sin embargo, no existe una manifestación característica de este problema en los mamíferos marinos (Bossart y Dierauf, 1990).

Englehardt & Geraci, citados por Worthy (1999) estudiaron el efecto de la deficiencia de vitamina E causada artificialmente en focas harpa, alimentándolas con anchoveta evicerada, por un período de 18 meses. Se encontró un desbalance electrolítico con niveles anormales bajos de sodio plasmático (112 a 146 mEq/L), bajos niveles de tocoferol plasmático e irregularidades en la muda.

Cuadro 13. Vitamina A, D y E en plasma de crías de *Zalophus californianus* de "Los Islotes", 1999.

PARAMETRO	HEMBRAS	MACHOS	TOTAL DE CRIAS
VITAMINA A		ug/mL	
Media	49.82	51.47	50.81
Desv. Std.	5.85	7.14	6.60
Int. Conf. 95%	46.5-53.1	48.2-54.8	48.5-53.2
Valor mínimo	41.45	40.65	40.65
Valor máximo	61.25	63.30	63.30
VITAMINA D₃		(ng/mL)	
Media	39.57	40.4	40.07
Desv. Std.	4.55	5.23	4.9
Int. Conf. 95%	37.0-42.2	38.0-42.8	38.3-41.8
Valor mínimo	33.3	33.4	33.3
Valor máximo	46.7	49.3	49.3
VITAMINA E		(mg/100mL)	
Media	1.26	1.33	1.30
Desv. Std.	0.3	0.46	0.41
Int. Conf. 95%	1.07-1.45	1.12-1.55	1.16-1.45
Valor mínimo	0.85	0.6	0.6
Valor máximo	1.80	2.0	2.0

No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre grupos $P > .05$.

Se tiene un informe de que un lobo marino de California que murió, potencialmente debido a una deficiencia de vitamina E, fue diagnosticado con hipocalcemia, hiperfosfatemia, hiponatremia, lactato deshidrogenasa, y quinasa creatinina. Este animal tenía signos clínicos de miopatía (Worthy, 1999).

En focas harpa privadas de vitamina E en su dieta, los niveles plasmáticos de ésta, fueron inicialmente de 20-42 $\mu\text{g/ml}$, declinando de 15 a 27 $\mu\text{g/ml}$ en el comienzo del noveno mes de privación, tiempo en el cual ellos se elevaron a los niveles existentes antes de la privación. Esta subida posterior se asoció con el período de muda y se puede deber a la movilización de reservas de la capa de grasa debido al ayuno normal durante la muda. Las focas que estaban mudando mostraron patrones aberrantes e incompletos de la muda, sugiriéndose una función potencial

reguladora de la vitamina E. Las concentraciones declinaron nuevamente después de la muda a niveles de entre 10 y 25 µg/ml (Worthy, 1990).

Existe similitud entre los valores de vitamina E de las crías de *Z. californianus* y los de humanos: 1.30 mg/100ml y 0.5-2 mg/100ml, respectivamente (Tietz, 1985).

8.5.2. Vitamina D₃

En el Cuadro 13 se presenta la concentración de vitamina D₃ en hembras (39.57ng/ml) y machos (40.4 ng/ml). Se observa que esta vitamina se presentó en intervalos de confianza al 95% muy similares entre ambos sexos y no se detectaron diferencias significativas ($P>.05$). La vitamina D₃ parece ser uno de las variables lipídicas más estables entre hembras y machos; con una desviación estándar muy baja. Los valores mínimos observados fueron casi idénticos y los valores máximos fueron muy semejantes.

En la Cuadro 9 se presentan los resultados de la correlación entre la vitamina D₃ y las demás variables lipídicas y morfométricas, observándose los valores más altos con los índices morfométricos de longitud ($r=0.37$), grosor de capa de grasa subcutánea ($r=0.37$) y perímetro axilar:largo std ($r=0.35$), con valores del coeficiente de determinación muy bajos: $r^2=0.14$, $r^2=0.14$ y $r^2=0.12$, respectivamente, lo que indica que pudiera existir una mayor deposición de esta vitamina, en comparación con las demás, en la capa de grasa subcutánea. El músculo y el tejido adiposo son sitios importantes de almacenamiento de metabolitos de vitamina D. En el suero, el 25-OHD₃ se mide en ng/ml y es estable por 7 días a temperatura ambiente (Tietz, 1985).

La vitamina D₃ o colecalciferol se produce en la piel de los mamíferos por acción de los rayos UV sobre el 7-dehidrocolesterol. La vitamina D₃ biológicamente inactiva es hidroxilada en el hígado para formar el 25-hidroxicolecalciferol (25-OHD), el cual es hidroxilado en los túbulos proximales del hígado para formar el esteroide activo 1, 25-dihidroxicolecalciferol (1.25-(OH)₂D₃); un metabolito menos activo el 24, 25-(OH)₂D₃, se forma también en el hígado. Ambos metabolitos son necesarios para

la mineralización del hueso por medio de un incremento en la absorción de calcio y fósforo del intestino delgado, elevando la resorción de hueso y movilización de Ca^{2+} y PO_4^{3-} y facilitando la reabsorción renal de calcio por el hígado. La secreción de vitamina D es facilitada por la parathormona (PTH) y por las concentraciones plasmáticas de Ca^{2+} y PO_4^{3-} y por los niveles de $1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ (SadLer y col., 1999, Mahan y Arlin, 1995).

El único estudio existente de vitamina D en mamíferos marinos es en foca capuchina (Kirby, 1990), las cuales se alimentaron con anchoveta, más un complemento de 400,000 UI D_3 , crías en ayuno, crías recién alimentadas y adultos. Los valores fueron similares a los de otros mamíferos con niveles plasmáticos de $24\text{-}25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ entre 4 y 33 ng/ml; estas concentraciones se encuentran por debajo de lo encontrado en este trabajo.

Debido que la anchoveta es un pescado rico en grasa, se pudiera pensar que las madres de las crías de Los Islotes/99 también se estuvieron alimentado con especies grasas, dados los niveles aquí detectados. Se ha mencionado que la vida media de la vitamina D_3 es menor en los mamíferos marinos que en otros mamíferos, con una conversión de 25-OHD_3 a $24,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$ previniendo la toxicidad de esta vitamina suplementada en las dietas de animales en cautiverio (Kirby, 1990).

Comparando los valores de vitamina D_3 -verano de *Z. californianus* (40.07ng/ml) y los de humanos, también durante el verano (15-80 ng/ml), se puede observar que los primeros no llegan a ser tan altos, probablemente por lo mencionado en el párrafo anterior (Tietz, 1985).

8.5.3. Vitamina A.

Los valores de vitamina A se presenta en la Cuadro 13, está vitamina se mide a niveles plasmáticos en $\mu\text{l}/100\text{ml}$. No se encontraron diferencias significativas $P>.05$ entre hembras (49.8) y machos (51.5), pero sí se puede apreciar un gran rango entre el valor mínimo y el máximo, sobre todo en los machos. La vitamina A no presentó ninguna correlación ni con los parámetros morfométricos ni con los otros valores de

lípidos analizados (Cuadro 9), a excepción de ésta con la vitamina E, cuya correlación fue de $r=0.32$ y su coeficiente de determinación de $r^2=0.105$.

No se ha detectado deficiencia de vitamina A en los lobos marinos, la cual se asocia con alopecia en otros mamíferos marinos, tal como el oso polar (*Ursus maritimus*). Esta vitamina se almacena en el hígado y otros tejidos (Torgerson W. 1990). Ball y col. (1992) analizaron el contenido de vitamina A en el hígado de seis lobos marinos de California, encontrando un intervalo desde 381 hasta 979 nmol/g de hígado; en todas las muestras se encontraron ésteres de retinil con cantidades poco usuales de los ácidos grasos 20:1, 20:4, 20:5 y 22:6.

Los valores de vitamina A en humanos neonatos (35-75 $\mu\text{g}/100\text{ml}$) se presentan en un intervalo mucho mas amplio que el encontrado en el presente estudio para el lobo marino de California (crías): 48.2-54.8 $\mu\text{g}/100\text{ml}$; sin embargo, estos últimos valores caen dentro del primer intervalo (Tietz, 1985).

Conforme la concentración de grasa dietaria se incrementa, las proporciones proteína:caloría y agua:caloría disminuyen. Esto también ocasiona que las vitaminas liposolubles e hidrosolubles disminuyan conforme aumenta el contenido de grasa dietaria (Worthy, 1990). Es por esto que los valores de vitaminas encontrados en este trabajo pudieran indicar que el contenido de grasa dietaria, proveniente de la leche materna, fue muy similar entre todas las madres.

8.6. Lípidos totales.

La concentración de lípidos totales se presenta en Cuadro 14 en donde se observa que esta variable fue muy similar entre hembras (0.059 mg/100ml) y machos (0.058 mg/100ml), con desviaciones estándar muy pequeñas (.007 y .009); y con valores extremos muy semejantes. No se encontraron diferencias significativas ($P>.05$) entre los grupos.

El ensayo de los lípidos totales cuantifica en forma gruesa el contenido de ácidos grasos libres, triglicéridos, colesterol y vitaminas liposolubles.

En el Cuadro 9 se presentan los resultados de correlación entre los lípidos totales y los demás parámetros, observándose en primer lugar que solamente con el colesterol se da una correlación positiva aceptable ($r=0.54$) y un coeficiente de determinación $r^2=0.29$, lo cual significa que el 29% de la concentración de lípidos totales del plasma de crías de lobo marino de California responde a una variación del contenido de colesterol. Esto significa que conforme aumenta el contenido de colesterol en el plasma se eleva la cuenta de lípidos totales. Por otra parte, aunque la correlación con todos los índices morfométricos fue negativa, se pudiera decir que prácticamente no existe, lo que significa que la cantidad de lípidos totales no depende del peso o tamaño del animal.

El contenido de grasas o lípidos de todas las presas de los mamíferos marinos depende, en su composición química, de factores estacionales, los cuales pueden causar cambios en el contenido de energía, dando una gran discrepancia en el consumo de ésta con cantidades similares de alimento. Por ejemplo, 2 Kg de anchoveta, con 18% de lípidos, aporta un valor energético de 21.7 MJ, mientras que 2 Kg de capelín con 3% de lípidos aporta 9.5 MJ de energía (Worthy, 1990).

Los valores promedio tan semejantes de los lípidos totales, así como las desviaciones estándar y los errores estándar tan pequeños calculados en el presente trabajo, permitieron la estandarización de esta técnica, empleada hasta el momento sólo en humanos, como parte del proceso de análisis de los ácidos grasos.

Cuadro 14. Lípidos totales del plasma de crías de *Zalophus c. californianus* de "Los Islotes", 1999 (g/dL).

PARAMETRO	Hembras	Machos	TOTAL DE CRIAS
N	12	18	30
Media aritmética	0.059 ^a	0.058 ^a	0.058
Desviación std. (n-1)	0.007	0.009	0.008
Error std.	0.002	0.002	0.0014
Interv. Conf. 95%	0.055-0.063	0.054-0.062	0.056-0.061
Interv. Conf. 99%	0.054-0.065	0.053-0.063	0.055-0.062
Valor mínimo	0.048	0.044	0.044
Valor máximo	0.072	0.074	0.074

^a No se detectó diferencia significativa $P > .05$.

8.7. Ácidos grasos.

Tomando en cuenta las condiciones de laboratorio mencionadas y conforme a los estándares con los que se contó durante la realización de este trabajo, se identificaron y cuantificaron hasta 29 ácidos grasos en una de las muestras analizadas (cría # 35, macho). La menor cantidad de ácidos grasos identificada fue de 12 (cría # 15, macho). En general, se observó una gran variación en cuanto a la frecuencia de los ácidos grasos entre crías, pero el tipo de ácidos grasos se mantiene relativamente constante entre grupos (machos (M) y hembras (H)).

Se identificaron 12 ácidos grasos saturados (AGS), 9 monoinsaturados (AGMI) y 10 poliinsaturados (AGPI) (Figura 17). Estos ácidos grasos se agruparon de acuerdo al tipo, dado por el grado de saturación, y se presentan en la Figura 18, en donde se observa que la mayor concentración se registró en los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI). En porcentaje estos representaron un 43% para el grupo de los machos y 41.85% en hembras, no se detectó diferencia estadística para $P > 0.5$; los ácidos grasos saturados (AGS) del grupo de las hembras presentaron una concentración mayor en comparación con los machos, con porcentajes de 29.81% en (M) y 35.8% en (H), se encontró diferencia significativa entre grupos $P < 0.05$;

finalmente los menos abundantes fueron los AGMI (27.19% (M) y 22.35% (H)), sin encontrarse diferencia estadísticamente significativa para $P > .05$.

Figura 17. Ácidos grasos en plasma de crías de lobo marino de California *Zalophus c. californianus* de Los Islotes, 1999.

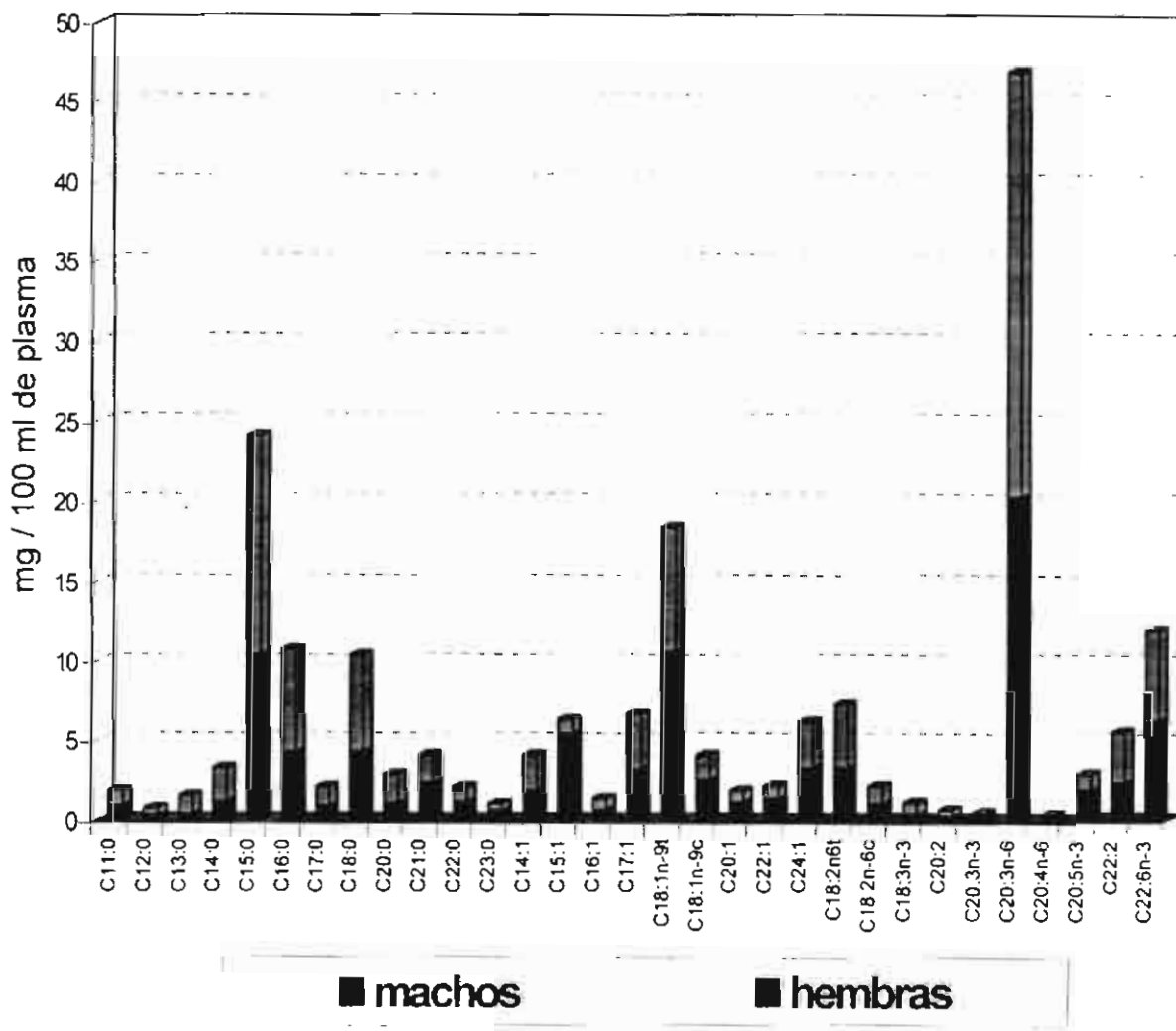
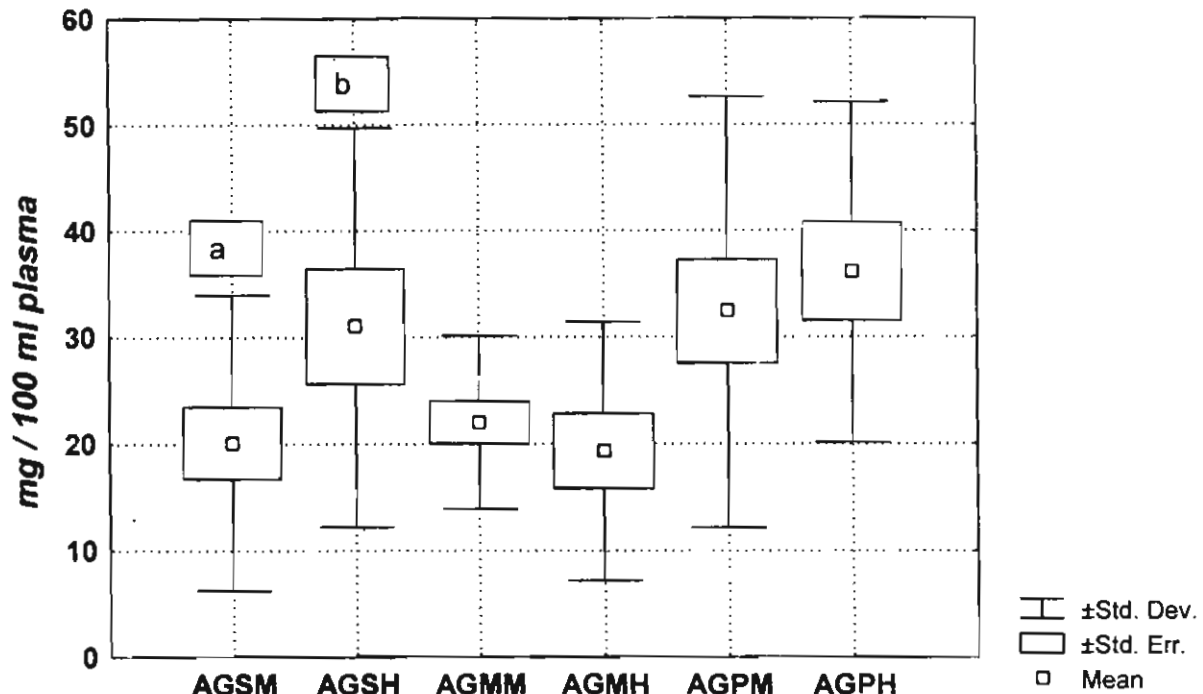


Figura 18. Tipología de los ácidos grasos plasmáticos de crías de lobo marino de California *Zalophus c. californianus* de Los Islotes, 1999.



a, b literales diferentes indican diferencia significativa $P < 0.05$

AGSM = ácidos grasos saturados machos AGMH = ácidos grasos monoinsaturados hembras
 AGSH = ácidos grasos saturados hembras AGPM = ácidos grasos poliinsaturados machos
 AGMM = ac. grasos monoinsaturados machos AGPH = ac. grasos poliinsaturados hembras

De acuerdo a la tipología de los ácidos grasos, tanto en hembras como en machos, los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga fueron los más abundantes en el plasma analizado.

La concentración total y el porcentaje de los AGS y AGMI fueron diferentes entre grupos: en las hembras se observó diferencia en el total de estos ácidos grasos (371.11 y 231.6 mg/100 ml, respectivamente) y en porcentaje, lo que no ocurrió en

los machos, quienes tuvieron valores muy semejantes de concentraciones totales (341.7- 348.5 mg/100ml, respectivamente) y por ende, de porcentajes.

Como ya se mencionó, los *ácidos grasos saturados* fueron los que se identificaron en mayor número; se sabe que todos los animales pueden sintetizar AGS a partir de carbohidratos y proteínas, y pueden también introducir dobles ligaduras a la cadena de carbono del ácido graso (Huang y Liu, 1999). Los AGS plasmáticos identificados con mayor frecuencia en ambos grupos fueron: mirístico, palmítico y esteárico (Cuadro15). El ac. palmítico (C16:0) es el más abundante en la dieta humana occidental y generalmente, cuando se discuten los efectos de estos AGS, esta clase de ácido graso se compara con otros compuestos dietéticos que proporcionan una cantidad similar de energía (isoenergéticos o isocalóricos).

Algunos ensayos dietéticos controlados en humanos han demostrado que los lípidos séricos y los niveles de proteínas son afectados por el contenido total y tipo de AGS de la dieta. Estos nutrimentos también pueden disminuir la concentración de triglicéridos en comparación con los carbohidratos (Temme y Mensink , 1999).

En este trabajo, el ácido graso saturado más abundante fue el pentadecanoico (C15:0) con concentraciones muy por encima de los demás AGS, sus desviaciones estándar (D.S.) fueron muy grandes, lo que podría deberse a los diferentes estados de alimentación en que se encontraron las crías al momento de la toma de muestra. Este comportamiento de las D.S. se va a repetir en todos los resultados de ácidos grasos en este trabajo y la explicación es la misma.

Por otro lado, si se observan los valores mínimos se verá que en la mayoría de los casos son similares o hasta iguales ente machos y hembras, lo cual sugiere que independientemente del estado alimenticio el animal tiene una concentración mínima de ácidos grasos circulantes en el plasma. Esto se observa claramente en los casos de los ácidos tridecanoico (C13:0) y tricosanoico (C23:0), cuyos valores mínimos fueron idénticos, las D.S. muy grandes y los valores máximos fueron muy diferentes (Cuadro 15).

Cuadro 15. Ácidos grasos saturados en plasma de crías de *Zalophus c. californianus* de Los Islotes, 1999. (mg/100 ml de plasma).

Ácido graso	Fórmula	N		X	±	D.S.	Min		Max	
		M	H				M	H	M	H
Undecanoico	C11:0	4	1	.91 ± .73		.99 ± 0	.13	.99	1.88	.99
Laurico	C12:0	6	5	.30 ± .10		.45 ± .11	.19	.26	.49	.56
Tridecanoico	C13:0	8	9	.38 ± .28		1.2 ± 1.6	.14	.14	.99	5.3
Mirístico	C14:0	14	12	1.2 ± .77		2.1 ± 2.0	.43	.43	3.1	7.3
Pentadecanoico	C15:0	11	10	10.4 ± 8.6		13.7 ± 10.5	1.36	1.24	24.2	31.4
Palmitico	C16:0	16	12	4.3 ± 4.1		6.5 ± 5.3	.85	1.1	16.5	17.1
Heptadecanoico	C17:0	12	11	.93 ± 1.5		1.2 ± 1.6	.11	.13	5.5	5.1
Esteárico	C18:0	16	11	4.3 ± 3.4		6.1 ± 4.8	.53	.89	11.7	14.9
Araquídico	C20:0	7	8	1.1 ± .65		1.8 ± 2.6	.32	.41	1.9	7.9
n-eicosanoico	C21:0	12	8	2.4 ± 2.4		1.7 ± 2.6	.26	.25	6.5	7.9
Behénico	C22:0	7	5	1.2 ± .93		.94 ± .87	.33	.34	2.8	2.5
Tricosanoico	C23:0	6	6	.61 ± .72		.44 ± .47	.15	.15	2.0	1.4

No se detectaron diferencias significativas entre machos y hembras $P > .05$

La estadística descriptiva de los ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) se presenta en Cuadro 16. Los ácidos grasos que se identificaron en un mayor número de animales fueron el palmitoleico, el heptadecanoico y el elaidico. Los que tuvieron una concentración más elevada fueron: pentadecanoico, heptadecanoico, elaidico y nervónico.

En general, la concentración de todos los AGMI fue mayor que la de los saturados y el comportamiento de la D.S. y valores mínimos y máximos fue similar al de los AGS, de acuerdo a lo descrito previamente para éstos últimos.

Como se puede observar en esta tabla, se identificó un ácido graso conocido como trans C18:1n-9t (elaidico) en cantidades muy elevadas, sobretodo en sus valores máximos. La presencia de este ácido graso se discute más adelante.

Cuadro 16. Ácidos grasos monoinsaturados en plasma de crías de *Zalophus c. californianus* de Los Islotes, 1999. (mg/100 ml de plasma).

Ácido graso	Fórmula	N		X ± D.S.		Min	Máx		
		α		α			α		
Miristoleico	C14:1	8	10	1.9 ± 3.3	2.2 ± 4.1	0.26	0.27	10.0	13.6
Pentadecanoico	C15:1	9	8	5.4 ± 2.1 ^a	.91 ± 1.3 ^b	4.06	0.08	10.7	3.8
Palmitoleico	C16:1	15	12	0.7 ± 1.1	0.7 ± 0.7	0.21	0.22	4.4	2.6
Cis-10-Heptadecanoico	C17:1	16	12	3.2 ± 2.3	3.5 ± 2.5	0.09	0.52	8.0	9.9
Elaídico	C18:1n-9t	16	10	10.6 ± 7.3	7.8 ± 5.9	1.29	1.15	27.3	19.5
Oleico	C18:1n-9c	6	4	2.6 ± 2.0	1.5 ± 1.3	0.62	0.40	5.7	3.3
Eicosanoico	20:1	4	5	1.2 ± .4	0.7 ± 0.3	0.80	0.49	1.7	1.2
Erúcico	22:1	11	6	1.4 ± .7	0.8 ± 0.3	0.48	0.48	2.6	1.3
Nervónico	24:1	13	10	3.3 ± 2.5	2.9 ± 1.7	0.71	0.85	7.9	5.5

^{a,b} por columna, literales diferentes indican diferencia estadística $P < .01$

Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) (Cuadro 17) más frecuentes fueron el linolelaídico, el docosahexaenoico y el eicosatrienoico n-6. Los ácidos grasos menos frecuentes fueron el undecanoico, el laurico, el oleico, el eicosanoico, el araquidónico, el linoleico y el eicosapentaenoico.

Llama la atención la presencia del ácido C20:3n-3 solamente en dos crías de machos. La cantidad encontrada fue de las menores (0.55 mg/100ml).

El cis 8,11,14-eicosatrienoico n-6 (C20:3n-6) fue, de todos los ácidos grasos identificados, el más abundante en machos y hembras. Sus valores mínimos fueron muy diferentes entre grupos (Cuadro 17). Los valores máximos de este ácido graso fueron los más altos de todos los observados en los AG identificados y llama la

atención la similitud observada entre grupos, tanto para estos valores como para la desviación estándar.

Otros AGPI menos abundantes fueron el DHA, el *cis*-13-16-docosadienoico y el ácido graso en posición *trans* conocido como eláidico. Este último punto llama mucho la atención ya que no se tienen reportes sobre la presencia de este tipo de ácido graso en cantidades tan elevadas en el plasma de mamíferos marinos.

Tabla 17. Ácidos grasos poliinsaturados del plasma de crías de lobo marino de California de Los Islotes 99. (mg/100 mL de plasma).

Acido graso	Fórmula	N		X ±	D.S.	Min		Max	
		α			α	α		α	
Linolelaídico	C18:2n-6t	17	11	3.32 ± 4.22	4.04 ± 4.4	0.34	1.12	16.7	16.6
Linoleico	C18:2n-6c	3	3	1.1 ± 0.34	1.1 ± 0.6	0.75	0.42	1.4	1.72
γ -linolénico	C18:3n-6	11	9	0.44 ± 0.51	0.73 ± 0.8	0.14	0.19	1.75	2.63
Eicosadienoico	C20:2	6	8	0.31 ± 0.41	0.40 ± .34	0.08	0.07	1.13	1.15
Eicosatrienoico n-3	C20:3n-3	2	0	0.55 ± 0.13	0	0.46	0	0.64	0
Eicosatrienoico n-6	C20:3n-6	15	10	20.3 ± 9.5	26.5 ± 8.3	3.06	16.1	37.4	37.6
Araquidónico	C20:4n-6	2	3	0.25 ± 0.09	0.22 ± .03	0.18	0.19	0.31	0.25
Eicosapentaenoico	C20:5n-3	4	5	1.86 ± 1.32	0.97 ± 1.2	0.52	0.74	3.53	1.21
Docosadienoico	C22:2	15	11	2.33 ± 2.01	3.14 ± 2.3	0.72	0.72	6.81	7.78
Docosahexaenoico	C22:6n-3	17	12	6.16 ± 5.47	5.74 ± 3.8	0.60	0.25	24.4	10.9

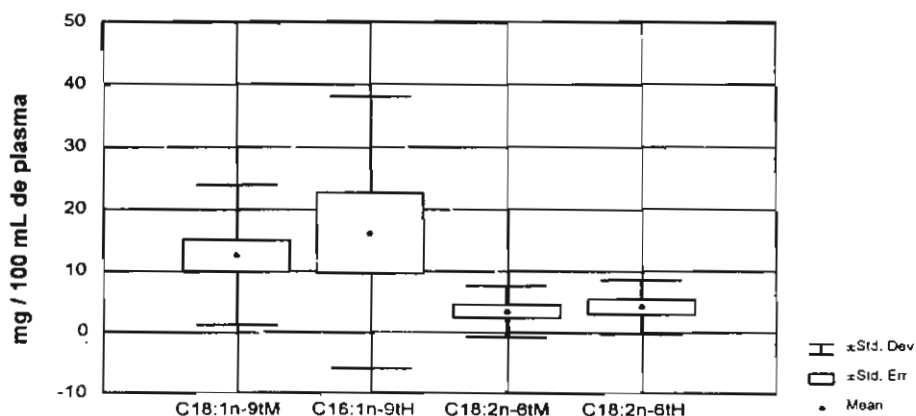
No se detectaron diferencias estadísticamente significativas para $P > 0.05$.

Los ácidos grasos *trans* son AG poliinsaturados con una o más dobles ligaduras en la configuración geométrica *trans*, es decir, en el lado opuesto de la

cadena de carbono. El origen conocido de estos ácidos grasos se sabe que puede ser a partir de dos vías: la primera es a través de la biohidrogenación bacteriana en el rumen de los rumiantes, que es la fuente de AG *trans* presente en mantecas y carne de res. La segunda vía es a través del proceso industrial de hidrogenación de los aceites vegetales y algunos de pescado. Este tipo de AG se incorpora en los lípidos de la mayoría de los tejidos del organismo y se presentan en casi todos los lípidos complejos (Sadler, 1998).

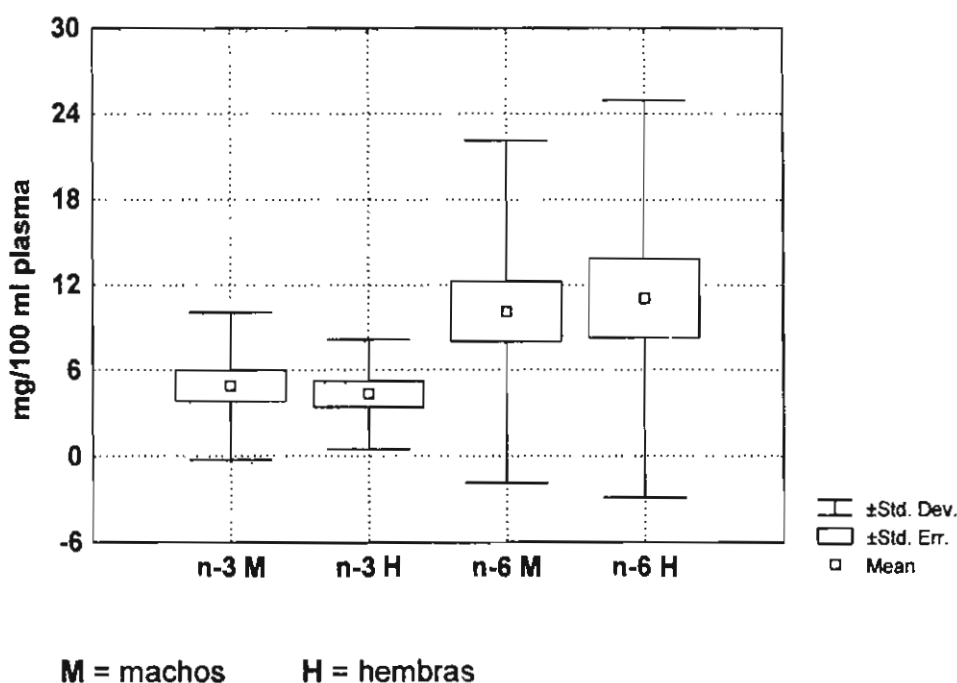
La presencia de ácidos grasos en posición *trans* en las muestras plasmáticas (elaídico y linolelaídico) (Cuadros 16 y 17) (Figura 19) es probable que se origine por la hidrogenación de algunos ácidos grasos por los microorganismos (probablemente del tipo de los rumiantes) existentes en el estómago de las madres lactantes y que éstos AG pasen a través de la leche a las crías (Neville y Picciano, 1997). Sin embargo, la cantidad de AG *trans* encontrada en las muestras analizadas fue muy alta: 15.62% en (M) y 11.66% en (H), si se compara con la reportada en rumiantes: 2-9% de la grasa de bovino (Sadler, 1998). No se encontró diferencia significativa $P > .05$ entre grupos.

Figura 19. Ácidos grasos *trans*, elaídico y linolelaídico, en plasma de crías macho y hembra de *Zalophus c. californianus* de Los Islotes, B.C.S., 1999.



Los ácidos grasos n-3 y n-6 tuvieron, en porcentaje, un comportamiento similar entre hembras y machos, esto es, un mayor porcentaje de ácidos grasos n-6 (24.47% y 26.61% (M) y (H), respectivamente) y menor porcentaje de n-3 (13.11% y 7.22%, (M) y (H)), pero como se observa, fue mucho menor la presencia de AGn-3 en las hembras. No se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos para este parámetro. Este comportamiento da como resultado una notable diferencia en la relación n-6/n-3, con valores de 1.87 para (M) y 3.68 para (H) (Figura 20).

Figura 20. Ácidos grasos n-3 y n-6 totales en plasma de crías de lobo marino de California *Zalophus c. californianus* de Los Islotes, 1999.



La relación n6/n3 tiene gran importancia en nutrición humana ya que es un reflejo de los cambios alimenticios que la humanidad ha tenido a lo largo de su historia, estimándose que en un principio fue de 1:1 y ahora puede llegar a ser de hasta 10.3:1 (Kris-Etherton *et al.*, 2000) . No se han reportado valores de esta relación para el caso del lobo marino de California y llama la atención que exista una

diferencia numérica en cuanto a esta relación entre grupos, pues el tipo de alimento fue igual para ambos sexos (leche materna), lo que sugiere que probablemente exista una mayor absorción de los AGn-6 en las hembras.

Los AG de las series n-3 y n-6 son clasificados como AG esenciales. Estos AG provenientes de mamíferos marinos han sido estudiados principalmente para su aprovechamiento en la alimentación humana. Los dos AG n-6 más importantes, con relación a sus funciones biológicas en los animales, son el linoleico (C18:2n-6) y el ac. araquidónico (C20:4n-6). Estos AG son incorporados en los fosfolípidos de la membrana celular teniendo una importante función estructural y funcional. Una deficiencia de estos AG sugieren clínicamente, daño en la función de la membrana.

El ácido araquidónico es el mayor precursor de eicosanoides, que son compuestos como hormonas con un amplio rango de actividades biológicas. Las concentraciones proporcionales de los ácidos grasos precursores de los eicosanoides plasmáticos y en los tejidos, depende del consumo dietético. El 20:3n-6 y 20:4n-6 se pueden obtener de la carne y grasa animal, y por desaturación y elongación de la cadena de 18:2n-6. La mayor fuente dietética de 20:5n-3 es el pescado (Hodgson y Wahlqvist, 1998). Sin embargo, la frecuencia y concentración de estos AG, en las muestras analizadas fue baja ya que del C18:2n-6 solo se detectó en 3 machos y en 3 hembras. La media fue la misma para ambos grupos (1.1 mg/100ml plasma). Los valores máximos tampoco fueron muy elevados (1.4 y 1.7 mg/100 ml plasma, respectivamente). Para el C20:4n-6 ocurrió algo similar, pero los valores fueron todavía menores (Cuadro 17) (Figura 21).

Los AG n-3 han sido estudiados en diferentes organismos marinos ya que se consideran de suma importancia en el aspecto salud-enfermedad, pues se ha demostrado que un amplio consumo de estos AG disminuye la incidencia de enfermedades cardiovasculares, entre muchas otras. Algunas grasas y aceites de mamíferos marinos no sólo han sido estudiadas, sino que son aprovechadas como fuentes de n-3. Los ácidos grasos de los aceites de mamíferos marinos tienden a ser específicos entre especies, posiblemente como un reflejo de la dieta, sin embargo, estos aceites son considerados como "aceites de pescado biofiltrados de alta

calidad" y seguros para consumo humano. Además, se han encapsulados aceites ricos en ácidos grasos n-3 para aquellos que no gustan de los aceites de pescado. Los aceites de focas son mas ricos en DPA que los aceites de pescado, en las muestras de este trabajo no se identifico este ácido graso (Ackman, 2000).

Debido al interés comercial que tienen los aceites de origen marino y dada su importancia en la salud humana, la mayoría de los estudios sobre los ácidos grasos en los mamíferos marinos se han realizado en la leche, en la capa de grasa y en los aceites procedentes de la capa de grasa subcutánea y/o en algunos órganos tales como el riñón, el hígado y el corazón (Ackman, 1988,1994, 2000; Ackman y Eaton, 1988; Conquer y col., 1999; Deutch y col., 2000; Guitart y col., 1999; Gronipone y col., 1990; Ochoa-Acuña y col., 1999; Yurkows, 1987). Hasta la fecha no existen antecedentes sobre la composición lipídica del plasma del lobo marino de California, a pesar de la importancia que la grasa tiene en estos animales.

En el Cuadro 18 se presenta la concentración de ácidos grasos n-3 y n-6 en grasa y/o aceite de algunos mamíferos marinos. Como se puede observar, con relación al C20:4n-6 los valores van desde 0.34 hasta 1.1%, los cuales son mayores a los encontrados en el presente trabajo. Sin embargo, se debe considerar que estos últimos son niveles plasmáticos, mientras que los reportados anteriormente están ya depositados en diferentes órganos.

Los ácidos grasos C20:3n-3, C20:5n-3 y C22:6n-3 (Figura 22) encontrados en esta investigación tuvieron un comportamiento similar a lo reportado por Kakela *et al.* (1995) para grasa y por Ackman (1994) para aceite: niveles trazas del primero, en un nivel intermedio el segundo y concentraciones altas del tercero, inclusive tan altas como las presentes en el aceite de *Pagophilus groenlandicus*, por lo que se deberán esperar valores elevados de éste ácido graso en la capa de grasa y otros órganos de las crías estudiadas.

Sin embargo, Ackman (1994) no reporta este comportamiento cuando se analizaron ácidos grasos en grasa subcutánea (Tabla 16). El C22:5n-3 no se cuantificó en el presente trabajo porque no se contó con el estándar al momento del análisis; sin embargo, el pico si apareció en los cromatogramas.

Cuadro 18. Ácidos grasos n-3 y n-6 en grasa subcutánea y aceite de diferentes mamíferos marinos (%).

Especie	C20:3n-3	C20:4n-6	C20:5n-3	C22:6n-3	C22:5n-3
Capa de grasa					
<i>Phoca hispida</i> ^{1,3}	0.11	0.5	8.9-9.8	10.0-13.7	5.9-6.6
<i>P. botnica</i> ¹	0.35	1.1	8.1	14.0	5.8
<i>Arctocephalus australis</i> ³	Nd	0.7-0.8	2.1-2.8	18.9	3.1-3.9
<i>Pagophilus groenlandica</i> ²	-	-	6.68	6.49	4.54
<i>Odobenus rosmarus</i> ²	-	-	7.63	5.83	5.99
<i>Erignathus barbatus</i> ²	-	-	8.59	6.73	5.99
<i>Phoca vitulina richardsi</i> ²	-	-	8.67	8.33	3.23
<i>P. vitulina</i> ²	-	-	4.35	8.09	3.95
Aceite					
<i>P. groenlandica</i> ²	Tr.	0.34	6.37	5.14	2.6
<i>A. australis</i> ³	Nd	1.6	1.9-2.5	15-16.3	2.0-2.4

¹Kakela et al. (1995)

²Ackman (1994)

³Grompone et al. (1990)

Figura 21. Ácidos grasos n-6 en plasma de crías de *Zalophus c. californianus* de Los Islotes, 1999.

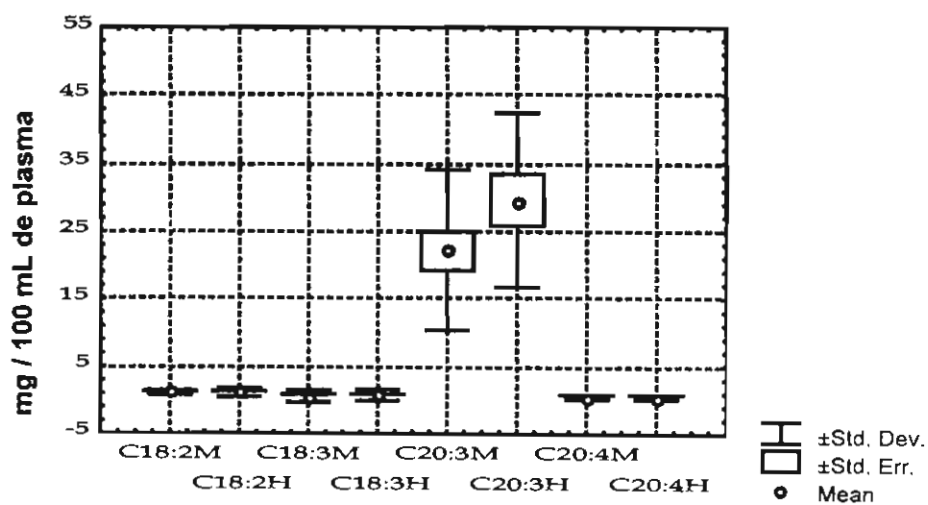
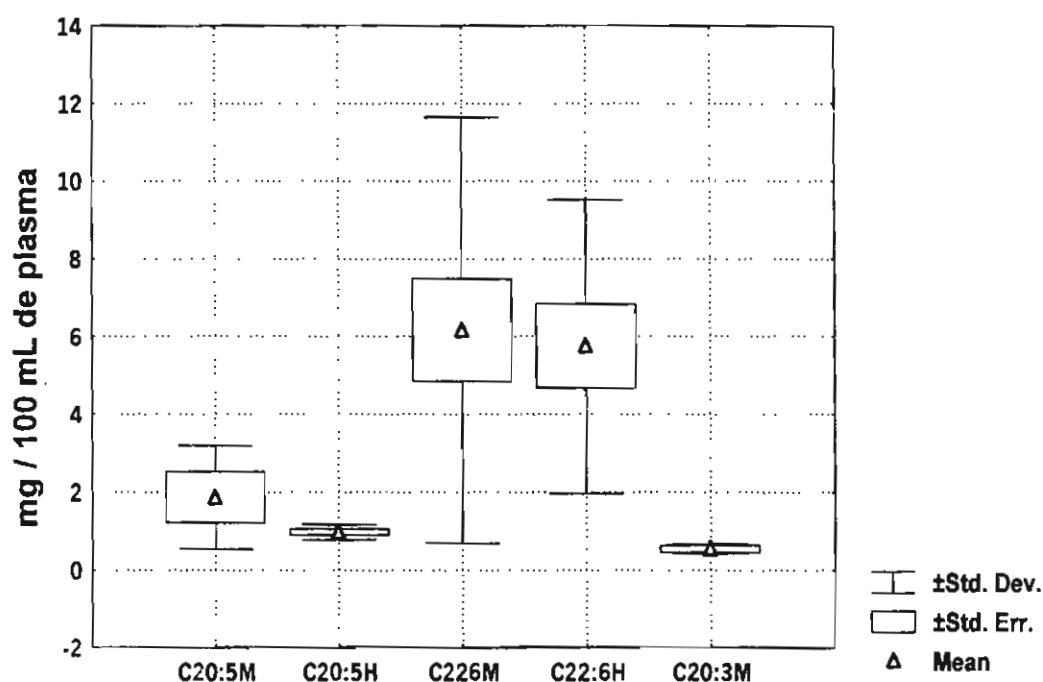


Figura 22. Ácidos grasos n-3 en plasma de crías de *Zalophus c. californianus* de Los Islotes, 1999.



De acuerdo a diferentes estudios en algunos mamíferos marinos, se puede suponer que la variación observada en el presente trabajo puede deberse a diferentes factores, no controlables en este tipo de estudios, tales como:

- 1) El estado de alimentación que tenga el animal en el momento de la toma de muestra, se sabe que animales en ayunas tienen valores de triglicéridos menores en comparación con aquellos recién alimentados (Puppione, 1983; Bossart y Dierauf, 1990).
- 2) La composición lipídica de la leche, en el caso de la foca australiana, varía substancialmente durante la lactancia, incrementándose de 30% a 50% inmediatamente después del parto y disminuyendo hasta 45% durante la

lactancia. Esta composición también se ve influenciada por la cantidad de agua en la leche (Arnould y Hindell, 1999). 3) Se sabe, en el caso de la foca de puerto, que los ácidos grasos de la leche varían desde el momento del parto y hasta los 21 días, incrementándose en algunos casos y disminuyendo en otros (Yurkows, 1987; Stephen *et al*, 1997). Estos puntos pudieran aplicarse para el caso de *Zalophus c. californianus*, ya que se sabe que sus crías no tienen un período de lactancia reducido y que diferentes estrategias de lactancia deben llevarse a cabo para asegurar el desarrollo de las mismas (Bonner, 1984).

IX. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los criterios establecidos para calificar la condición corporal de las crías de lobo marino en el Golfo de California (Aurioles 1996, Luque 1999, Luque-Flores y Aurioles-Gamboa, 2001), se considera que los resultados presentados en esta tesis corresponden a una población sana y en buenas condiciones. Este muestreo pertenece a una época (1999) en la que las condiciones ambientales se reflejaron en una alta producción de crías. Los valores plasmáticos cobran importancia en este contexto, ya que pueden ser comparables con valores obtenidos durante años de baja productividad como "El Niño" o durante eventos de mortandad masiva que comienzan a ser frecuentes en el Golfo de California (Vidal y Gallo, 1996).

Para el análisis de las variables morfométricas y para las variables lipídicas como el colesterol, los triglicéridos, los lípidos totales y las vitaminas A, D₃ y E no se requiere del sexado, por lo que se hace factible el empleo de muestras mixtas.

Por los resultados obtenidos, las variables lipídicas que pudieran establecerse como indicadores rutinarios del estado de salud de una población son: colesterol, vitaminas liposolubles y lípidos totales. Además de que su determinación es menos laboriosa y por lo tanto, los resultados se pueden obtener más rápidamente.

Los ácidos grasos son laboriosos y costosos, además de que sus resultados fueron muy variables entre animales del mismo grupo y en algunos casos entre los sexos, no se recomienda su empleo como un indicador de rutina del estado de salud. Los triglicéridos, si se cuenta con un equipo automatizado Synchron, son relativamente fáciles de analizar, sin embargo, los resultados son muy variables ya que en el campo no es posible controlar condiciones de ayuno en los animales. Esto hace que los valores que se obtengan tengan desviaciones estadísticas muy grandes, impidiendo el establecimiento de valores de referencia de los mismos.

Este es el primer trabajo que informa sobre la presencia de ácidos grasos trans: elaídico y linolelaídico, y además en cantidades elevadas en comparación con los otros ácidos grasos identificados.

Finalmente, el presente trabajo es el primero en su tipo, que se realiza en la población de lobo marino de California en México y el cual, no pretende ser concluyente, ya que es solamente un primer eslabón que espera ser unido a aquellos pertenecientes a un conocimiento más profundo sobre los valores lipídicos de un órgano tan importante para estos organismos, como lo es la grasa subcutánea, no sólo de una lobera "modelo" como Los Islotes, sino de todas aquellas existentes en el Golfo de California y costa occidental de Baja California.

La conclusión más importante para mí es que una investigación de este tipo, que requiere de mucho esfuerzo, dedicación, trabajo y conocimiento, sólo puede llevarse a cabo a través de un trabajo en equipo, multidisciplinario e interinstitucional, pues solamente uniendo fuerzas se podrá ir avanzando en el entendimiento de este mundo tan maravilloso de los mamíferos marinos mexicanos.

X. RECOMENDACIONES.

- 1) En caso de trabajar con muestras sanguíneas se recomienda el empleo del sistema vacutainer con mariposa, ya que se facilita la obtención de muestra sanguínea.
- 2) Por el alto costo de los reactivos conservadores, así como la toxicidad de alguno de ellos, se recomienda buscar opciones para optimizar la conservación de las muestras.
- 3) Por la dificultad en el manejo, conservación y análisis de las muestras de plasma, se recomienda que en futuras investigaciones en esta área, se trabaje con muestras de grasa subcutánea.
- 4) Se recomienda un estudio más a fondo sobre el origen y la fisiología de los ácidos grasos trans en muestras de lobo marino.
- 5) Sería interesante el estudio de la composición lipídica de la leche materna así como su relación con valores lipídicos plasmáticos y de la capa de grasa.
- 6) Se recomienda el estudio de las variables lipídicas en animales de edades más avanzadas.
- 7) La composición de los ácidos grasos pudiera emplearse para estudios comparativos entre diferentes poblaciones o loberas, ya que se sabe que en algunos mamíferos marinos como las ballenas, existe una relación entre el tipo de ácidos grasos de la grasa y los que provienen de la dieta,

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ♦ Acevedo WK., De la Cueva SH, Auriolles-Gamboa D., 2001. Detección molecular y serológica de leptospirosis en crías de *Zalophus californianus* en colonias reproductivas del Golfo de California. En Memorias de la XXVI Reunion Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. Ensenada, B.C. México. pp.17.
- ♦ Association of Official Analytical Chemists. 1994. Methods of Analysis. 16th. Edition. AOAC. Washington, D.C. USA.
- ♦ Ackman RG. 1994. Animal and marine lipids. In: Technological Advances in Improved and Alternative Sources of Lipids. (Kamel & Yakuda, editors). Blackie Academic & Professional. U.K., pp. 292-328.
- ♦ Ackman RG. 2000. Fatty acids in fish and shellfish. In: Fatty Acids in Foods and their Health Implications. Ching K. Chow. (editor). Marcel Dekker Inc. USA. p. 153-174 En: Fatty Acids in Foods and their Health Implications. Ching K. Chow (editor). Marcel Dekker Inc. USA. p. 1-17..
- ♦ Auriolles G.D. 1982. Contribución al conocimiento de la conducta migratoria del lobo marino de California *Zalophus californianus*. Tesis Licenciatura en Biología Marina. UABCS. México, 75 pp.
- ♦ Auriolles GD. 1988. Behavioral Ecology of California Sea Lions in the Gulf of California. Ph. D. Thesis. University of California, Santa Cruz. 175 pp.
- ♦ Auriolles GD., Sinsal F., Fox CA, Maravilla O. 1983. Winter migrations of subadult male of California sea lions *Zalophus californianus* in the southern part of Baja California. J Mammal. 64(3):513-518.
- ♦ Auriolles GD., Fox C., Sinsal F., Tanos G. 1984. Prey of the California sea lion *Zalophus californianus* in the Bay of La Paz. Baja California Sur. México. J. Mamm. 65(3):519-521.
- ♦ Auriolles GD. & Sinsal F. 1988. Mortality of California sea lion pups at Los Islotes, Baja California Sur, México. J. Mamm. 69(1):189-183.

- ♦ Auriol-Gamboa D y Zavala GA. 1994. Algunos factores ecológicos que determinan la distribución y abundancia del lobo marino *Zalophus californianus*, en el Golfo de California. *Ciencias Marinas* 20(4):535-553.
- ♦ Auriol GD. 1996. Variaciones en el factor de condición de crías de lobo marino (*Zalophus c.californianus*) en el Golfo de California. En *Memorias de la XXI Reunión Internacional para el estudio de los Mamíferos Marinos*. 8-12 abril. Quintana Roo.
- ♦ Auriol GD., García F., Ramírez M. 1997. Comparación de la biomasa y composición específica extraída por la población de lobo marino y por la pesquería artesanal en Bahía de La Paz, B.C.S., México. En *Memorias de la XXII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos*. Nuevo Vallarta, Nayarit, México, Noviembre, p.14.
- ♦ Auriol GD y García RJ. 1999. Fluctuaciones de la población de lobo marino y la pesquería de sardina en el Golfo de California. En *Memorias de la XXIV Reunión Internacional para el estudio de los Mamíferos Marinos*. Mazatlan, Sin., 18-22 abril.
- ♦ Ball MD, Nizzi CP, Furr HC, Olson JA, Oftedal OT. 1992. Fatty-acyl esters of retinol (vitamin A) in the liver of the harp seal (*Phoca groenlandica*), hooded seal (*Cystophora cristata*), and California sea lion (*Zalophus californianus*). *Biochem. Cell. Biol.* 70(9):809-813.
- ♦ Barua AB, Furr HC, Janick-Buckner D, Olson JA. 1993. Simultaneous analysis of individual carotenoids, retinol, retinyl esters and tocopherols in serum by isocratic non aqueous reversed-phased HPLC. *Food Chem.* 46:419-424.
- ♦ Beck GG, Smith TG, Hammill MO. 1993. Evaluation of body condition in the Northwest Atlantic Harp Seal (*Phoca groenlandica*). 1992. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50:1372-1380.
- ♦ Beckman Instruments Inc. 1995. Synchron CX Systems Chemistry Information. Beckman Instruments Inc. USA. Chol1-Chol5/TG1-TG5.
- ♦ Beckman Instruments Inc. 1995. Manual de Operaciones del Synchron CX-5 Delta. Ref. 249447F. Beckman Instruments Inc. USA. Noviembre. 3-24 pp.

- ♦ Bonner WG. 1984. Lactation strategies in pinnipeds: problems for a marine mammal group. Symp. Zool. Lond. 51:253-272.
- ♦ Bossart GD, Dierauf LA. 1990. Marine Mammal Clinical Laboratory Medicine. In: CRC Handbook of Marine Mammal Medicine: Health disease and rehabilitation. (Dierauf LA, ed.). CRC PRESS, 735 pp.
- ♦ Bowen WD, OT Oftedal, DJ Bonnes and SJ Iverson. 1994. The effect of maternal age and others factors on birth mass in harbour seal. Can. J. Zool. 77(2):8-14.
- ♦ Castilla SL y Cravioto J. (1991). Estadística simplificada para la investigación en ciencias de la salud. Trillas. México. 438pp.
- ♦ Castro-González MI, Auriolos-Gamboa D, Montaña-Benavides S, Pérez-Gil RF, López-Orea N. 2001. Lípidos totales, colesterol y triglicéridos plasmáticos en crías del lobo marino de California (*Zalophus californianus*) del Golfo de California. Ciencias Marinas. 27(3):375-396.
- ♦ Chromatography . 1996. Symmetry Applications Notebook. Section A. Waters Corp. Massachusetts, U.S.A. 40pp.
- ♦ Dupont J. 1991. Lípidos. En: Conocimientos actuales sobre nutrición. Organización Panamericana de la Salud. Instituto Interamericano de Ciencias de la Vida. 6ª. Ed. P.66-76.
- ♦ Durán LME. 1998. Caracterización de los buceos de alimentación del lobo marino *Zalophus californianus* y su relación con variables ambientales en la Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis Maestría. Instituto Politécnico Nacional. CICIMAR. La Paz, B.C.S, México. 82 pp.
- ♦ Folch JI, Less M, Stanley S, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226:497-509.
- ♦ García RFJ. 1995. Ecología alimentaria del lobo marino de California, *Zalophus californianus*, en Los Islotes, B.C.S., México. Tesis Biólogo Marino. UABCS. México. 106 pp.

- ♦ García MC., Auriolles GD., 1997. Patrones de conducta en hembras reproductoras de lobo marino de California (*Zalophus californianus*) en la lobera Los Islotes, Bahía de La Paz, México. En Memorias de la XXII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. Nuevo Vallarta, Nayarit, México, Noviembre, p.13.
- ♦ García RF y Auriolles GD., 1997. Alimentación del lobo marino de California, *Zalophus californianus*, en el Norte del Golfo de California, México. En Memorias de la XXII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. Nuevo Vallarta, Nayarit, México, Noviembre, p.57.
- ♦ Godinez C, Zelaya B, Auriolles D, Verdugo A, Reyes E y de la Peña A. 1999. Antibodies against *Leptospira interrogans* in California sea lion pups from the Gulf of California. *Journal of Wildlife Diseases*. 35(1):106-111.
- ♦ Harcourt R., Auriolles GD., Sánchez J. 1994. Entanglement of California sea lions at Los Islotes, Baja California Sur, México. *Marine Mamm Sci*. 10(1):122-125.
- ♦ Hernández CCJ. 1996. Dinámica poblacional del lobo marino de California *Zalophus californianus*, en la lobera Los Islotes, Golfo de California, México. Tesis Biólogo. Fac. Ciencias, UNAM. México. 105 pp.
- ♦ Hernández-Camacho, C., Auriolles GD., 1997. Fecundidad tardía en hembras marcadas de *Zalophus c. californianus* de los Islotes, Bahía de La Paz, México. En Memorias de la XXII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. Nuevo Vallarta, Nayarit, México, Noviembre, p.15.
- ♦ Hernández Camacho C.J. 2001. Tabla de vida del lobo marino de California *Zalophus californianus californianus* en la lobera Los Islotes, B.C.S., México. Tesis Maestría Manejo de Recursos Marinos. CICIMAR/IPN. La Paz, B.C.S.México. 63 pp.
- ♦ Huang YS & Liu JW. 1999. Fatty acids, Metabolism. En: *Encyclopedia of Human Nutrition*. Sadler MJ (editor). Academic Press. U.K. pp. 730-737.

- ♦ Ian TD, Smith E, Singh FP. 1988. Concurrent Liquid-Chromatographic assay of retinol, α -Tocopherol, β -Carotene, α -Carotene, Lycopene and β -Cryptoxanthin in plasma, with tocopheron acetate as internal standard. Clin. Chem. 34(2):377-381.
- ♦ Iverson JS. 1993. Milk secretion in marine mammals in relation to foraging: can milk fatty acids predict diet?. Symp. Zool Soc. Lond. 66:263-291.
- ♦ Keller HE. 1997. Analytical Methods for vitamins and carotenoids in feed. Department of vitamin research and development. Manual Roche Basle. México.
- ♦ Kirby VL. 1990. Endocrinology of marine mammals. In: CRC Handbook of Marine Mammal Medicine: Health, Disease, and Rehabilitation. (Dierauf, L. Editor). Chapter 21. CRC Press. USA. pp. 303-351.
- ♦ Kirk P., 1999. Health effects of Monounsaturated fatty acids. En: Encyclopedia of Human Nutrition. SadLer MJ (editor). Academic Press. U.K. pp. 744-750.
- ♦ Lands WE. 1992. Biochemistry and physiology of n-3 fatty acids. FASEB J. 6:2530-2536.
- ♦ Lehninger AL. 1984. Bioquímica. Las Bases Moleculares De La Estructura y Función Celular. 2ª. Edición. Ed. Omega. España, 1117pp.
- ♦ Lobb K and Chow KCH. 2000. Fatty acid clasification and nomenclature. En: Fatty Acids in Foods and their Health Implications. Ching K. Chow (editor). Marcel Dekker Inc. USA. p. 1-17.
- ♦ Luque FS y Auriolés GD. 1997. Indices morfométricos de condición corporal en crías de lobo marino y su relación con la supervivencia en el primer año de vida. Resúmenes En Memorias de la XXII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. Nayarit. Abril 27-Mayo1.
- ♦ Luque FS. 1999. Comparación de la condición corporal de crías de lobo marino *Zalophus californianus* en trece colonias reproductivas del Golfo de California. Tesis Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional.

- ♦ Luque-Flores, S. and Auriolles-Gamboa, D. (2001). Sex differences in body size and body condition of California sea lion (*Zalophus californianus*) pups in the Gulf of California. *Mar. Mammal Sci.*, 17(1):147-160.
- ♦ Mahan RDK. and Arlin RDM. 1995. Krause Nutrición y Dietoterapia. Octava edición. McGraw-Hill. México. 947 pp.
- ♦ Merck & Co. 1989. The Merck Index. An Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. Budavari Susan (editor). Merck & Co. Inc. 11th ed. USA. 1606pp.
- ♦ Newman JW., Vedder J, Jarman WM and Chang RR. 1994. A method for the determination of environmental contaminants in living mammals using microscale samples of blubber and blood. *Chemosphere* 28(10): 1795-1805.
- ♦ Olivares, S.E. 1994. Paquete de Diseños Experimentales [programa informático en diskette]. FAUANL. Versión 2.5. Fac. de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- ♦ Orta DF. 1988. Hábitos alimenticios y censos globales del lobo marino (*Zalophus californianus*) en el Islote el Racito. Bahía de las Animas. Baja California, México. Durante octubre 1986-1987. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. 59 pp.
- ♦ Peterson RS y GA Bartholomew. 1967. The natural history and behavior of the California sea lion. *Am. Soc. Mammal. Spec. Pub.* 1:79p.
- ♦ Puppione DL. 1983. Marine mammalian lipoproteins. In: *CRC Handbook of Electrophoresis*. CRC Press. Pp.79-100.
- ♦ Riedman M. 1990. The pinnipeds. Seals, Sea Lions and Walruses. U. of California Press. Berkeley. USA. 441pp.
- ♦ Ridgway SH & Harrison R. 1981. Handbook of Marine Mammals. Vol. 1. The Walruses, Sea Lions, Fur Seals and Sea Otter. Academic Press. U.K.
- ♦ SadLer MJ, Strain JJ, Caballero B. 1999. Encyclopedia of Human Nutrition. Academic Press. United Kingdom.

- ♦ Sánchez AM. 1992. Contribución al conocimiento de los hábitos alimentarios del lobo marino *Zalophus californianus* en las Islas Angel de la Guarda y Granito, Golfo de California, México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 63 pp.
- ♦ Stata Corp. 1998. Stata 7.0 for Windows. [cd-rom]. TX, USA: Stata Corporation, 702 University Drive East, College Station, TX 77840 USA. (979)-696-4600, fax: (979)696-4601
- ♦ StatSoft, Inc. 1995. STATISTICA for Windows [Computer program manual]. Tulsa, OK: StatSoft, Inc., 2325 East 13th Street, Tulsa, OK 74104, (918) 583-4149, fax: (918) 583-4376
- ♦ Sweeney JC. 1993. Blood sampling and other collection techniques in Marine Mammals. In: Zoo and Wild Animal Medicine. M.E. Fowler (ed.). W.B. Saunders Co. Philadelphia, USA.
- ♦ Temme EHM & Mensik RP. 1999. Health effects of saturated fatty acids. En: Encyclopedia of Human Nutrition. Sadler MJ (editor). Academic Press. U.K. pp. 737-743.
- ♦ Tietz, NW & Finley PR. 1985. Guía clínica de pruebas de laboratorio. Panamericana. Argentina. 712 pp.
- ♦ Torgerson W. 1990. Polar bear biology and medicine. In: CRC Handbook of Marine Mammal Medicine: Health, Disease, and Rehabilitation. (Dierauf, L. Editor). Chapter 37. CRC Press. USA. Pp.649-665.
- ♦ Trillmich F y KA Ono. 1991. Pinniped and El Niño. Responses to environmental stress. Ecological studies 88. Springer Verlag. 293 p.
- ♦ Umemura U., Koike K., Iso H., Sankai T., Shimamoto T., Sato S., Iida M., Handa K, Komachi Y. 1993. Population-based Comparative Study on Dietary Habits and Serum Fatty Acid Compositions. Jpn. J. Hyg. 48:939-959.
- ♦ Vidal OY & Gallo RP. 1996. Die-offs of marine mammals and sea birds in the Gulf of California, México. Marine Mamm Sci. 12(4):627-635.

- ♦ Worthy GA, 1990. Nutritional Energetics of Marine Mammals. In: CRC Handbook of Marine Mammal Medicine: Health, Disease, and Rehabilitation. (Dierauf, L. Editor). Chapter 28. CRC Press. USA. pp.489-520

ANEXO

Artículos Publicados

TABLA IV
ÁCIDOS GRASOS Ω -3
EN MOLUSCOS (g/100g)

MOLUSCOS	ALA	EPA	DHA
Almeja de concha blanda	Tr	0.2	0.2
Almeja de cuello angosto	Tr	Tr	Tr
Almeja de surf	Tr	0.1	0.1
Almeja japonesa	-	0.1	0.1
Almeja de concha dura	Tr	Tr	Tr
Almeja de río	-	Tr	Tr
Calamar de aleta corta	Tr	0.2	0.4
Calamar del Atlántico	Tr	0.1	0.3
Caracola	Tr	0.6	0.4
Litorina caracolillo común	0.2	0.5	Tr
Mejillón azul	Tr	0.2	0.3
Mejillón del Mediterráneo	-	0.1	0.1
Ostión del Pacífico	Tr	0.4	0.2
Ostión europeo	0.1	0.3	0.2
Ostra oriental	Tr	0.2	0.2
Pulpo común	-	0.1	0.1
Venera calico	Tr	0.1	0.1

Fuentes: Mahan y Escott 1998; Chow 1992; Nettleton, 1991.

Tr = trazas (menos de 0.05 g por 100 de alimento)

TABLA V
ÁCIDOS GRASOS Ω -3 EN ALGUNOS MAMÍFEROS MARINOS

Fuente	EPA	DHA	24:4 Ω -3	24:5 Ω -3	24:6 Ω -3
Delfín* g/100g	<0.05	0.1	-	-	-
Ringed seal **	-	-	0.1	0.1-0.2	0.1
Cápsulas de Aceite de foca***	W-3=1.19 g/cápsula				

* g/100g

** % del total de ácidos grasos.

*** Producto natural canadiense de grasa de focas jóvenes.

Fuentes: Mahan y Escott 1998; Deutch et al., 2000; Kükela et al., 1995.

en pescados y crustáceos, moluscos y mamíferos marinos.

Vegetales y aceites vegetales

El consumo de vegetales frescos o congelados *per capita* ha aumentado considerablemente desde hace tres décadas. El consumo de vegetales frescos se incrementó un 40% (de 64.1 a 89.8 lb) y el de vegetales congelados, más de 32% (de 13.5 a 17.9 lb). El análisis y evaluación de los lípidos y ácidos grasos vegetales está influenciado por las condiciones de producción, el cultivo, madurez, época, prácticas culturales, procesos, empaque, almacenamiento, procesos analíticos y parte del vegetal analizado (Chow, 1992; Liu y Brown, 1996; Steinke et al., 2001).

Las plantas (Tabla VI) son buenas fuentes de ácidos grasos esen-

ciales. Muchas de las plantas terrestres contienen básicamente ácido gamma linolénico (Ω -6) y ALA (Ω -3).

La verdolaga (*Portulaca oleracea*) es uno de los vegetales que se consumen intensamente en sopas y ensaladas en Grecia, Islas Griegas, Líbano y otras partes del Mediterráneo, donde la incidencia de enfermedades cardiovasculares y cáncer es baja. Esta planta es la fuente vegetal terrestre más rica en AG Ω -3 examinada hasta ahora, y es la única planta terrestre que contiene ALA Ω -3 + EPA Ω -3 (Simopoulos, 1989; Simopoulos, 1986).

El mesocarpio o pulpa de las frutas contiene generalmente muy poca cantidad de material lipídico (0.1-1%) y por lo tanto no constituye una fuente importante de grasa o aceite comestible o industrial. Las pocas excepciones son el aguacate, la palma y el olivo.

Los árboles de nueces son una de las fuentes más viejas de alimento tanto para los humanos como para los animales. Actualmente, la producción mundial es de 1 millón de tone-

TABLA VI
CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS Ω -3 EN VEGETALES

	ALA	EPA	DHA
VEGETALES			
	Mg/g BH		
Verdolaga	4.05	0.01	
Espinaca	0.89		
Lechuga	0.26		0.001
Lechuga roja	0.31		0.002
Mostaza	0.48		0.001
Hojas de cacahuete	49.0		2.2
	g/100g		
Quinoa	8.35		
Germinado de frijol	0.3		
Brócoli	0.1		
Coliflor	0.1		
Rábano	0.7		
Espirulina	0.8		
Soya cruda	3.2		
Espinaca	0.1		
Soya cocida	2.1		
NUECES Y SEMILLAS			
Almendras	0.4		
Nuez de haya	1.7		
Nuez mantequilla	8.7		
Chía	3.9		
Lino	22.8		
Hickory	1.0		
Cacahuete	0.003		
Pecana	0.7		
Nuez de Nogal	6.8		
LEGUMBRES			
	g/100g		
Frijoles secos	0.6		
Garbanzo	0.1		
Chicharos de vaca	0.3		
Lentejas	0.1		
Frijol lima	0.2		
Chicharo	0.2		
Soya	1.6		
GRANOS			
Cebada, salv.	0.3		
Maíz, germ.	0.3		
Avena, germ.	1.4		
Arroz, salv.	0.2		
Trigo, salv.	0.2		
Trigo, germ.	0.7		
FRUTAS			
Aguacate de California	0.1		
Frambuesa	0.1		
Fresa	0.1		

salv. = salvado

germ. = germinado

Fuentes: Almazán y Adeyeye, 1998; Kins-Etherton, et al., 2000; Nettleton, 1991; Purciser et al., 1997; Simopoulos, 1986; Wood et al., 1993.

Aceites vegetales

Las grasas y aceites vegetales se obtienen generalmente de las

3) Cuando existen niveles adecuados de DHA en el cerebro se mejora la actividad cerebral (Taconi *et al.*, 1997).

4) Dos terceras partes de los ácidos grasos de las membranas de los fotorreceptores de la retina son Ω -3, principalmente DHA (Hoffman, 2000).

5) Otra relación entre el DHA y la función cerebral ha sido hallada en el patrón de organización del sueño en los niños. Un bajo consumo de DHA resulta en menos ondas lentas de sueño, que sirven como un indicador de la maduración y desarrollo del SNC y del cerebro (Connor, 1996).

6) Los Ω -3 están relacionados con problemas de depresión y violencia. Se ha demostrado que el DHA dietario tiene efectos protectores contra un aumento en la hostilidad en estudiantes bajo condiciones de estrés (Hibbeln, 1997).

7) Bajas concentraciones de DHA son un indicador útil para predecir mayores problemas de conducta en niños a quienes se les ha diagnosticado el síndrome de déficit de atención con hiperactividad (TDAH). Estos problemas pueden ser un reflejo en parte de los problemas en la neurotransmisión serotoninérgica (Hibbeln y Salmen, 1995; Hibbeln, 1997).

Otras enfermedades sobre las cuales los ácidos grasos Ω -3 tienen efectos benéficos

Diabetes tipo 2, cáncer, colitis ulcerativa, enfermedad de Crohn, obstrucción pulmonar crónica, enfermedades renales, psoriasis, artritis reumatoide (Simopoulos *et al.*, 1991; Simopoulos, 1999; Connor, 1999; Harbige, 1998).

Fuentes de AG Ω -3 en la Dieta

Los datos sobre el contenido de grasas totales y AG en la composición química de los alimentos comunes, que se encuentran en las tablas de valor nutritivo o en artículos científicos, son altamente dependientes del método de extracción empleado en el análisis químico. Esto es porque el contenido de grasa puede contener no sólo los triacilglicéridos sino también otros compuestos solubles en los solventes empleados. Los AG en este extracto total pueden sobrestimarse y los datos de sus isómeros generalmente se pierden. Se necesitan datos más reales, tanto cuantitativos como cualitativos, de estos AG para una óptima evaluación nutricional de las grasas en los alimentos y en las dietas (Hyvonen *et al.*, 1993; Zhang y Lee, 1997).

TABLA II
ACIDOS GRASOS Ω -3 EN ACEITES DE PESCADO (g/100g)¹

Aceite de pescado	20:5 Ω -3	22:6 n3	Ω -3 total
Abadejo	1.0	12.7	7.9
Salmón	1.0	8.8	11.1
MaxEPA, concentrados de cuerpo de pez ²	17.8	11.6	
Arenque	0.6-16	7.1-9	4.3
Sardina	16	10	
Anchoveta	11	10	
Arenque	5	6	
Hígado bacalao	0.7-11	9-12	9.5
Hígado bacalao ¹ (mg/cápsula)	173	120	
Cápsulas** (g/cápsula) ⁴			1.84

**cápsulas de aceite de pescado producidas por Pharma Nord Denmark²

Fuentes: ¹Uauy y Valenzuela, 1992; ²Mahan y Escott, 1998; ³Kris-Etherton *et al.*, 2000; ⁴Deutch *et al.*, 2000

Las fuentes de AG Ω -3 predominantes en la mayoría de las dietas son los aceites vegetales y el pescado. A excepción de las dietas del Mediterráneo y las de los esquimales de Alaska y Canadá, cuyas fuentes principales de Ω -3 son los aceites de oliva y pescados y grasas de mamíferos marinos respectivamente. Los pescados son la mayor fuente de EPA y DHA, mientras que los aceites vegetales lo son del ácido α -linolénico (conocido como ALA). Otras fuentes de Ω -3 que contribuyen colectivamente en la dieta son algunas nueces y semillas, vegetales, yema de huevo, pollo y carne de rumiantes y cerdos (Ackman, 1992; Chow, 1992; Dupont, 1999; Kris-Etherton, *et al.*, 2000; Simopoulos, 1998).

Aceites de pescado

Los AG poliinsaturados Ω -3 de origen marino se forman en el cloroplasto de las plantas marinas, microalgas que forman parte del fitoplancton o macroalgas, que son consumidas por los peces, los cuales concentran EPA y DHA como triacilglicéridos, principalmente en el tejido adiposo y en la grasa del músculo y vísceras (Uauy y Valenzuela, 1992).

La variación en el contenido de AG Ω -3 de los alimentos marinos dependerá de la especie de pescado, el lugar y época de captura, así como del proceso industrial al que se someta. El contenido de lípidos en las partes comestibles de los alimentos marinos puede variar desde un poco menos de 0.5% hasta 25%. Desde este punto de vista, los animales marinos se pueden clasificar en cuatro grupos dependiendo de su contenido

lipídico: magros (<2% grasa) como mariscos, bacalao; bajos en grasa (2-4%) como mero; medio grasos (4-8%) como salmón; y altos en grasa (>8%) como sardinas, anchoveta, arenque.

El lugar y época de captura producen grandes cambios en el contenido de Ω -3 del aceite aún cuando se trate del mismo pescado. Conforme la temperatura del agua disminuye, aumenta el grado de insaturación de los AG en los tejidos para compensar la reducción de la fluidez de las membranas debida a la baja temperatura. Lo contrario ocurre en las regiones templadas, donde la temperatura del agua es mayor a 12°C, y el aceite obtenido después de procesar el pescado puede tener una reducción significativa del contenido de Ω -3. Las condiciones para la conservación del pescado después de la captura y el posterior proceso industrial determinan el contenido final de AG Ω -3 en el aceite (Aubourg *et al.*, 1996; Aro *et al.*, 2000; Refsgaard *et al.*, 2000).

Algunos peces, especialmente aquellos de carne roja u oscura, son muy buenas fuentes de EPA y DHA, pero se requieren grandes cantidades para proporcionar una dosis efectiva de Ω -3. El patrón de dieta de los esquimales y el amplio uso de complementos de aceite de pescado sugieren que los Ω -3 marinos son seguros. Dosis de 3-6g de EPA + DHA son seguros y efectivos en la mayoría de los usos clínicos (Uauy y Valenzuela, 1992). En la Tabla II se presenta la composición de ácidos grasos de aceites de pescado comerciales.

Algunos de los suplementos derivados de aceites marinos contienen 180mg de EPA y 120mg de DHA por cápsula.

ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3: BENEFICIOS Y FUENTES

MARÍA ISABEL CASTRO-GONZÁLEZ

La dieta de nuestros ancestros era mucho menor en grasa total (aprox. 21% de la energía) y grasa saturada (7-8% de energía) que la actual. Aquella contenía aproximadamente las mismas cantidades de ácidos grasos (AG) omega 6 (Ω -6) y omega 3 (Ω -3) y se cree que la proporción era de 1:1 ó 1:2. Las fuentes de los Ω -6 y de los Ω -3 eran plantas silvestres, animales y pescados. Con la llegada de la revolución industrial hubo un marcado cambio en la proporción Ω -6/ Ω -3 en la dieta; el consumo de Ω -6 se incrementó a expensas de los Ω -3. Este cambio fue un reflejo del advenimiento de la industria de aceites vegetales así como de un incremento en el uso de granos cerealeros para el ganado doméstico, aunado todo esto a un menor consumo de pescado (Simopoulos, 1999).

Esto ha dado como resultado que una dieta occidental común tenga un alto contenido de Ω -6 debido al uso indiscriminado de aceites vegetales (ricos en Ω -6) en sustitución de las grasas saturadas (cebo, manteca), para reducir las concentraciones de colesterol sérico, y debido a un bajo consumo de productos marinos; obteniéndose en la dieta una proporción Ω -6/ Ω -3 de 12:1. Ésto ha contribuido a incrementar el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y otros padecimientos de orden común (Simopoulos, 2000).

Durante los años 70 Bang y Dyerberg (Nelson, 2000) observaron que los esquimales de Groenlandia consumían una dieta muy alta en grasa proveniente de lobos marinos, ballenas y peces; sin embargo, en esta población la incidencia de enfermedades cardiovasculares y de cáncer, relacionadas generalmente con un consumo elevado de grasas, era muy baja. El tipo de grasa consumida por los esquimales contenía grandes cantidades del ácido eicosapentaenoico (EPA) y del docosahexaenoico (DHA) (ambos de la familia de los Ω -3). Poblaciones con un alto consumo de pescado, como los esquimales, japoneses, coreanos, taiwaneses, etc. no solo presentaban una tasa muy baja de infartos al miocardio sino también de otras afecciones como la hipertensión, artritis reumatoide, violencia y depresión, etc. Asimismo a partir de los años 80 se reconoció la importancia de los Ω -3 en la función visual y cerebral de los niños y adultos (Simopoulos, 1999).

A partir de estas observaciones se han realizado numerosas investigaciones clínicas y epidemiológicas que han evidenciado la esencialidad en el ser humano de los Ω -3, y particularmente la importancia del EPA y DHA en la prevención y manejo de diversas afecciones. El presente artículo es una revisión de la información que se ha generado en los últimos 10 años sobre los beneficios del

consumo de AG Ω -3 en el proceso salud-enfermedad, así como de las fuentes alimenticias de estos nutrientes, que son consumidos actualmente por diferentes poblaciones. La recopilación de la información se realizó a través de medios electrónicos (MEDLINE, Internet, tablas de composición de alimentos), consultas directas de libros y revistas científicas.

Los Ácidos Grasos Ω -3 en la Salud

Entre los lípidos se incluyen grasas y aceites ordinarios, ceras y compuestos relacionados que se encuentran en los alimentos y en el cuerpo humano. En su mayor parte (95%) están compuestos por triacilglicéridos (TG) que contienen una molécula de glicerol (un alcohol) y tres ácidos grasos. Desde el punto de vista químico, los (AG) son cadenas rectas de hidrocarburos que terminan en un grupo carboxilo en un extremo y en un grupo metilo en el otro. La forma más común de clasificar a los AG es:

- 1) Por su grado de saturación se dividen en saturados e insaturados (monoinsaturados y poliinsaturados).
- 2) Por la longitud de su cadena pueden ser clasificados como de cadena corta (4-6 carbonos), media (8-12 carbonos), larga (14-18 carbonos) o muy larga (20 o más carbonos).

PALABRAS CLAVE / Ácidos Grasos Ω -3 / Alimentos /

Recibido: 25/07/2001. Modificado: 23/01/2002. Aceptado: 14/02/2002

María Isabel Castro-González. Bióloga, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Maestría en Ciencias, Instituto Politécnico Nacional. Maestría en Producción Animal, UNAM. Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma Metropolitana. Investigador Titular, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Dirección: Dirección de Nutrición, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Vasco de Quiroga # 15. Tlalpan 14000, México, D.F. México. e-mail: isacast@quetzal.innmz.mx

- of California sea lion (*Zalophus californianus*) pups in the Gulf of California. *Mar. Mammal Sci.*, 17(1): 147-160.
- Lunn, N.J. and Boyd, I.L. (1993). Effects of maternal age and condition on parturition and the perinatal period of Antarctic fur seals. *J. Zool. Lond.*, 229: 55-67.
- Odell, D.K. (1981). California sea lion *Zalophus californianus* (Lesson, 1828). In: S.H. Ridgway and R. Harrison (eds.), *Handbook of Marine Mammals. Vol. I. The Walruses, Sea Lions, Furseals, and Sea Otter*. Academic Press, London, pp. 67-97.
- Oftedal, O.V., Iverson, S. and Boness, D.J. (1987). Milk and energy intakes of suckling California sea lion *Zalophus californianus* pups in relation to sex, growth, and predicted maintenance requirements. *Physiol. Zool.*, 60(5): 560-575.
- Puppione, D.L. (1983). Marine mammalian lipoproteins. In: *CRC Handbook of Electrophoresis*. CRC Press, pp. 79-100.
- Riedman, M. (1990). *The Pinnipeds: Seals, Sea Lions and Walruses*. Univ. California Press, Berkeley.
- Roletto, J. (1993). Hematology and serum chemistry values for clinically healthy and sick pinnipeds. *J. Zoo Wildlife Med.*, 24(2): 145-157.
- Samaniego, H.A. (1999). El efecto de El Niño (1997-1998) sobre la población de lobo marino (*Zalophus californianus*, Lesson, 1828) en la Bahía de La Paz, BCS, México. Tesis de licenciatura, Univ. Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México, 54 pp.
- Umemura, U., Koike, K., Iso, H., Sankai, T., Shimamoto, T., Sato, S., Iida, M., Handa, K. and Komachi, Y. (1993). Population-based comparative study on dietary habits and serum fatty acid compositions. *Jpn. J. Hyg.*, 48: 939-959.
- Vidal, O.Y.P. and Gallo, R. (1996). Die-offs of marine mammals and sea birds in the Gulf of California, Mexico. *Mar. Mammal Sci.*, 12(4): 627-635.
- Worthy, G.A. (1990). Nutritional energetics of marine mammals. In: L.A. Dicrauf (ed.), *Handbook of Marine Mammal Medicine: Health Disease and Rehabilitation*. CRC Press, pp. 489-520.
- Young, R.A. (1976). Fat, energy and mammalian survival. *Am. Zool.*, 16: 699-710.

232 mg/dL) y el resto estaban en diversos grados de ayuno, con un intervalo de valores mayor al de las hembras, de 15 a 93 mg/dL.

CONCLUSIONES

Bajo los criterios establecidos para calificar la condición corporal de las crías de lobo marino en el Golfo de California (Aurioles-Gamboa, 1996; Luque-Flores, 1999; Luque-Flores y Aurioles-Gamboa, 2001), se considera que los resultados aquí presentados corresponden a una población que se encontraba en estado nutricional aceptable. La producción de crías en 1999 sugiere que la población también tuvo un periodo reproductivo exitoso. El empleo de la anestesia optimizó la toma de muestra sanguínea y de parámetros morfométricos. No existió diferencia entre sexos para el contenido de lípidos totales, colesterol o triglicéridos; de éstos, los dos primeros tuvieron una mayor relación entre sí. Esta ausencia de diferencia sexual permitirá, en el futuro, utilizar muestras mixtas (dada la dificultad en la obtención de las mismas), que puedan ayudar a interpretar, junto con otras variables, el estado de nutrición de las crías de lobo marino basado en parámetros químicos en plasma. Se detectó una correlación mayor entre el colesterol y el peso en las hembras; en machos fue casi nula. Los niveles de triglicéridos plasmáticos son hasta el momento la fracción lipídica con más variación en cuanto a concentración, pero también son los que aportan más información en cuanto a la actividad alimenticia entre madres y crías, por lo que pudieran considerarse como un indicador nutricional asociado con el FCF.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CONACYT el apoyo financiero otorgado a través del proyecto con clave 26430-N y por la beca-crédito concedida al primer autor para estudios de doctorado,

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank CONACYT for financial support (project 26430-N) and for the scholarship given to the first author for her doctoral studies, and SEMARNAP (Instituto Nacional de Ecología) for the research permits issued (DOO 750.-4172/97 and DOO 750.-4443/98). They also thank the following people that participated in the field work: Sebastián Luque-Flores, Carlos Godínez-Reyes, Claudia Hernández-Camacho and Manolo Álvarez. Special thanks to Alberto Parás (AFRICAM-SAFARI) for his excellent work in giving the anesthesia.

English translation by Manuel Gardea.

así como a la SEMARNAP (Instituto Nacional de Ecología) los permisos de investigación otorgados (DOO 750.-4172-97 y DOO 750.-4443/98). También agradecen a las siguientes personas que participaron en el trabajo de campo: Sebastián Luque-Flores, Carlos Godínez-Reyes, Claudia Hernández-Camacho y Manolo Álvarez. Muy especialmente agradecen el apoyo de Alberto Parás (AFRICAM-SAFARI), quien llevó a cabo las anestias tan adecuadamente, lo que posibilitó la calidad y cantidad de muestras obtenidas.

REFERENCIAS

- Aurioles-Gamboa, D. (1988). Behavioral ecology of California sea lions in the Gulf of California. Ph.D. thesis, University of California, Santa Cruz, 175 pp.
- Aurioles-Gamboa, D. (1996). Variaciones en el factor de condición de crías de lobo marino (*Zalophus californianus*) en el Golfo de California. Resúmenes, XXI Reunión Internacional para el estudio de los Mamíferos

Tabla 5. Triglicéridos, colesterol y glucosa (mg/dL) en adultos de *Zalophus californianus* y en crías de otros pinnípedos (Bossart y Dierauf, 1990; * Puppione, 1983). 1 = adultos, 2 = recién nacidos (<2 meses) y nd = no determinado.

Table 5. Triglycerides, cholesterol and glucose (mg/dL) in adults of *Zalophus californianus* and pups of other pinnipeds (Bossart and Dierauf, 1990; * Puppione, 1983). 1 = adults, 2 = newly born (<2 meses) and nd = not determined.

	<i>Zalophus californianus</i> ¹	<i>Phoca vitulina</i> ²	<i>Phoca groenlandica</i>	<i>Cystophora cristata</i>
Triglicéridos	6-277	53	Nd	Nd
Colesterol	253.8*	302	221-576	336-352
Glucosa	17-205	108	Nd	59-123

(26-124 y 43-105, respectivamente). Esta variación puede deberse, según algunos autores (Puppione, 1983; Bossart y Dierauf, 1990), a que los triglicéridos son menores en el suero o plasma de animales que han ayunado y que durante la lipemia alimenticia, los niveles de triglicéridos se elevan.

Las focas con alimento en su estómago presentan el suero lipémico que es alto en triglicéridos; la foca de puerto y el lobo marino de California, recién nacidos y sin haber consumido alimento, tienen valores de triglicéridos muy bajos. Así mismo, las focas de puerto preñadas tienen valores de triglicéridos más altos que las focas no preñadas. Por otro lado, si la alimentación precede a la toma de muestra, el suero se vuelve lipémico y los triglicéridos serán la fracción predominante. Tampoco se ha reportado que el estrés afecte los niveles de triglicéridos (Bossart y Dierauf, 1990). Aun en casos de poca actividad, como en el caso del ayuno en los pinnípedos, las lipoproteínas ricas en triglicéridos son probablemente las proveedoras de energía para estos animales (Puppione, 1983). En la tabla 4 se puede observar que el contenido de triglicéridos en el plasma de crías recién nacidas del lobo marino de California de Los Islotes, no tuvo correlación significativa con ninguno de los

triglyceride levels in adults may shift considerably with changes in the diet and that a lipemic serum may also raise these levels. Another possible cause may be associated with the quality of the mothers' milk due to the food consumed, although in terms of lactation effort, no noticeable differences were observed among the adult females at Los Islotes (García-Aguilar, 1999).

In marine mammals in captivity, the triglycerides have been found to increase when: (1) the food remains in the stomach, (2) there is pancreatitis and (3) there is presence of lipemic serum; these levels decrease when fasting occurs for a long time. This last point can be explained because pinnipeds lack suitable lipases to break the triglycerides in their blood (Bossart and Dierauf, 1990). This low lipase activity suggests that fat is not the preferred energy source, which is understandable in a diving mammal, in which only glycogen can be used in case of a lack of oxygen (Bossart and Dierauf, 1990). The triglyceride concentration values are given in table 5 and a large variation in their levels is observed. Finally, as a result of the differences in the triglyceride values obtained in this study, one could speculate about the fasting conditions: for the females, only three organisms had probably eaten before

el colesterol con el GCG; la mayor concentración de colesterol se asoció con los valores menores del GCG (en las hembras fue el segundo valor menor) (240/9.5 y 214/9.0).

Como se puede observar en la tabla 4, la correlación estadística (r) entre el colesterol y los demás parámetros morfométricos es baja y no significativa. En todos los análisis de correlación realizados se encontraron valores negativos. La correlación más alta calculada para todas las crías fue la que se presentó con el peso, en la cual el coeficiente de determinación (r^2) fue de 0.165, lo cual significa que sólo el 17% de la concentración de colesterol en el plasma de crías de lobo marino de California responde a una variación del peso. La correlación más baja se dio entre el colesterol y los niveles de triglicéridos, a pesar de que ambos probablemente provengan, al menos en parte, de la misma fuente alimenticia.

La correlación entre el colesterol y el peso se calculó para machos (-0.25) y hembras (-0.57), observándose una diferencia de más del doble en las hembras, pero sin diferencia entre medias; esto sugiere que la concentración de colesterol plasmático en crías de *Z. californianus* no está relacionada con el sexo. Todos los valores obtenidos en este estudio provienen de muestras en buen estado; sin embargo, existe un reporte de que la hemólisis de las muestras eleva los valores de colesterol cuando se emplean pruebas colorimétricas (Bossart y Dierauf, 1990). Por otro lado, estos autores mencionan que no existe reporte de que situaciones de estrés en los animales eleven los niveles de colesterol, lo cual sí ocurre con otros analitos. En estudios realizados en mamíferos marinos en cautiverio (Bossart y Dierauf, 1990), se ha detectado que el colesterol se eleva si hay hipotiroidismo, diabetes mellitus, obstrucción del conducto biliar, exceso de corticosteroides, consumo excesivo de grasa y preñez, y disminuye si hay hipertiroidismo, mala nutrición y mala absorción; por estos dos

samples in good condition; nevertheless, hemolysis in samples has been reported to raise the cholesterol values when colorimetry tests are used (Bossart and Dierauf, 1990). On the other hand, these authors mention that there is no record that situations of stress in animals increase the levels of cholesterol, which does occur in other analytes. In studies carried out on marine mammals in captivity (Bossart and Dierauf, 1990), cholesterol has been found to increase if there is hypothyroidism, diabetes mellitus, bile duct obstruction, excess of corticosteroids, excessive fat consumption and pregnancy, and to decrease if there is hyperthyroidism, deficient nutrition and bad absorption; because of these last two issues, it is important to determine this compound when studying the health condition of the California sea lion, as well as the levels of reference for the population from the Gulf of California.

Puppione (1983) reports a cholesterol concentration of 253.8 mg/dL in a *Zalophus* adult male, which is 68 mg/dL more than the maximum reported in this work, suggesting a wide variation between pups and adults (table 5). When the values of the pups under survey are compared with those of other species of pinnipeds, in this case seals (table 5), the values of the *Z. californianus* pups represent less than 50% of the cholesterol reported for seal pups, which also show a wide variation (*Phoca groenlandica*). This difference may also be related to the fat concentration in the milk of seals and sea lions. The fat concentration in five species of seals was 54.4% in the northern elephant seal, *Mirounga angustirostris*; 40.4% in the hooded seal, *Cystophora cristata*; 46.9% in the grey seal, *Halichoerus grypus*; 45% in the harp seal, *Phoca groenlandica*; and 42% in the Wedell seal, *Leptonychotes wedelli* (Worthy, 1990). These values are equivalent to a mean of $45.7 \pm 4.8\%$. In four otariid species studied, the concentration of fat in milk was

cada grupo. En la tabla 4 se presentan los resultados de correlación y se observa que la correlación más alta, entre parámetros lipídicos, fue entre los lípidos totales y el colesterol ($r = 0.54$; $r^2 = 0.29$), lo que sugiere que el 29% de la concentración de lípidos totales del plasma de crías de lobo marino de California responde a una variación del contenido de colesterol. En otras palabras, conforme aumenta el contenido de colesterol en el plasma se eleva la cuenta de lípidos totales. La correlación entre parámetros lipídicos e índices morfométricos fue baja y no significativa. Una posible explicación es que en otáridos, los parámetros morfométricos como el peso varían de acuerdo con ritmos de varios días (Goebel y Calambokidis, 1998) que probablemente estén relacionados con la duración de los viajes de alimentación de las hembras. Al variar el peso, cambia el factor de condición, de modo que una cría que ha pasado por un ayuno de tres días (con factor de condición bajo), puede tener valores lipídicos altos si la muestra de sangre se toma justo después de haber sido alimentada.

Por otra parte, la calidad del alimento consumido por las madres puede afectar los valores de grasas o lípidos en la leche y, por tanto, en la sangre de las crías. Esto se debe a que el contenido de energía varía entre las presas; por ejemplo, 2 kg de anchoveta con 18% de lípidos aporta un valor energético de 21.7 MJ, mientras que 2 kg de capelín con 3% de lípidos aporta 9.5 MJ de energía (Worthy, 1990).

El colesterol plasmático fue diferente entre sexos (tabla 3); sin embargo, la diferencia no fue significativa. El intervalo de confianza fue mayor en las hembras, así como los valores extremos (112/240 para hembras y 108/214 para machos). En general y para ambos grupos, el valor máximo de colesterol encontrado perteneció a los animales con el menor peso (240/8.15 y 214/6.9, respectivamente), aunque hubo algunas excepciones (139/8.15). Este mismo comportamiento se observó al comparar

pup's blood. This is because the content of energy varies among different prey. For example, 2 kg of anchovies with 18% lipids yield an energetic value of 21.7 MJ, whereas 2 kg of capelin with 3% lipids yield 9.5 MJ of energy (Worthy, 1990).

The plasmatic cholesterol was different between sexes (table 3), though the difference was not significant. The confidence interval was greater in females, as were the extreme values (112/240 for females and 108/214 for males). In general, for both groups, the maximum cholesterol value belonged to the animals that weighed less (240/8.15 and 214/6.9, respectively), although there were some exceptions (139/8.15). The same behavior was observed when cholesterol was compared to the CGC; the highest cholesterol concentration was associated with the smallest CGC values (in females it was the second smallest value) (240/9.5 and 214/9.0).

Table 4 shows that the statistical correlation (r) between cholesterol and the other morphometric parameters is low and not significant. In all the correlation analyses carried out, negative values were found. The highest correlation calculated for all the pups was the one that appeared with the weight, with a determination coefficient (r^2) of 0.165, indicating that only 17% of the cholesterol concentration in the plasma of the California sea lion pups responds to a variation in weight. The lowest correlation occurred between cholesterol and the levels of triglycerides, even though both of them probably come, at least partially, from the same food source.

The correlation between cholesterol and weight was calculated for males (-0.25) and females (-0.57), showing a more than two-fold difference in females, but with no difference between means, which suggests that the plasmatic cholesterol concentration in *Z. californianus* pups is not related to sex. All the values obtained in this work came from

Tabla 1. Índices morfométricos de crías de *Zalophus californianus* del Golfo de California en diferentes años. FCF = factor de condición de Fulton, PA/LE = perímetro axilar/longitud estándar, GCG = grosor de la capa de grasa, DE = desviación estándar y EE = error estándar.

Table 1. Morphometric indexes of *Zalophus californianus* pups from the Gulf of California in different years. FCF = Fulton's condition factor, PA/LE = axillary girth/standard length, GCG = sculp thickness, DE = standard deviation and EE = standard error.

Índice	n	Media	Media - DE	Media + DE	Varianza	DE	- EE
FCF* (1981-1998)	617	2.27	2.05	2.49	0.0477	0.218	0.0088
PA/LE* (1996-1998)	593	65.03	61.03	69.03	16.04	4.00	0.1644
Islotes 1999							
FCF	35	2.23	2.04	2.42	0.036	0.19	0.032
PA/LE	35	63.41	60.09	66.73	11.03	3.32	0.56
GCG (cm)	35	14.61	11.01	18.21	13.04	3.6	0.61

* Luque-Flores y Auriol-Gamboa (2001).

Tabla 2. Medidas morfométricas de crías de *Zalophus californianus* de Los Islotes durante el periodo reproductivo de 1999. Se presenta la media, desviación estándar e intervalo de confianza (95%). No se detectó una diferencia significativa ($P > 0.05$) entre columnas. LE = longitud estándar, FCF = factor de condición de Fulton, PA/LE = perímetro axilar/longitud estándar y GCG = grosor de la capa de grasa.

Table 2. Morphometric measurements of *Zalophus californianus* pups from Los Islotes during the 1999 breeding season. The mean, standard deviation and confidence interval (95%) are presented. There was no significant difference ($P > 0.05$) between columns. LE = standard length, FCF = Fulton's condition factor, PA/LE = axillary girth/standard length and GCG = sculp thickness.

Medidas	Hembras n = 14	Machos n = 21	Total
Peso (kg)	10.54 ± 1.84 (8.7-10.6)	11.21 ± 1.77 (9.65-11.4)	10.34 ± 1.8 (9.75-10.9)
LE (cm)	76.54 ± 3.99 (73.8-77.9)	77.55 ± 3.34 (75.8-79.0)	77.14 ± 3.6 (75.95-78.3)
FCF	2.2 ± 0.22 (2.07-2.33)	2.25 ± 0.19 (2.16-2.33)	2.23 ± 0.19 (2.17-2.3)
PA/LE	63.84 ± 2.8 (62.2-65.4)	62.9 ± 3.8 (61.1-64.7)	63.41 ± 3.32 (62.3-64.5)
GCG (cm)	14.04 ± 4.17 (11.7-16.4)	13.9 ± 3.11 (12.5-15.4)	14.61 ± 3.6 (13.4-15.8)

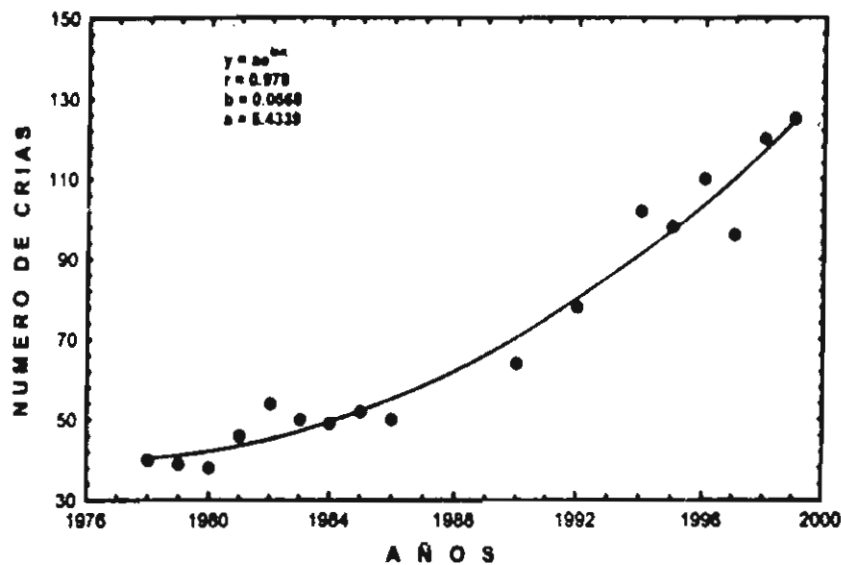


Figura 1. Número máximo de crías (producción anual) de lobo marino de California *Zalophus californianus* en Los Islotes (Baja California Sur, México). El aumento en la producción de crías se ha sostenido desde 1990.

Figure 1. Maximum number of pups (annual production) of California sea lion (*Zalophus californianus*) at Los Islotes (Baja California Sur, Mexico). The increase in pup production has been sustained since 1990.

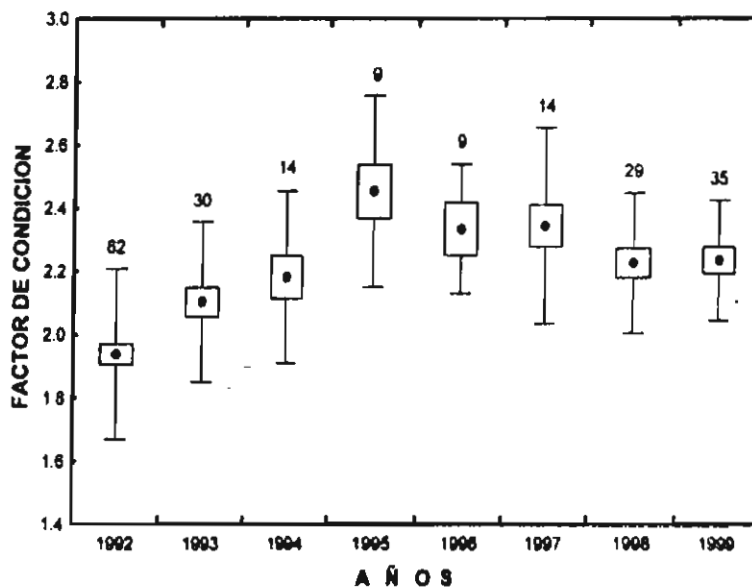


Figura 2. Condición corporal (factor de condición de Fulton, FCF) en crías de lobo marino *Zalophus californianus* de Los Islotes en diferentes años. A mayor valor de FCF, mejor condición corporal. Los círculos llenos indican el valor de la media, la caja representa el valor del error estándar y las líneas el de la desviación estándar.

Figure 2. Body condition (Fulton's condition factor, FCF) in California sea lion (*Zalophus californianus*) pups from Los Islotes in different years. The higher the FCF value, the better the body condition. Filled circles indicate the value of the mean, the box represents the value of the standard error and the lines that of the standard deviation.

en plasma. Este reactivo se empleó para medir la concentración por medio del método de punto final. En la reacción, el colesterol esterasa (CE) hidroliza los ésteres de colesterol a colesterol libre y ácidos grasos. El colesterol libre es oxidado a colestano-3- β y peróxido de hidrógeno por el colesterol oxidasa (CO). La peroxidasa cataliza la reacción de peróxido de hidrógeno con 4-aminoantipirina y fenol para producir un producto quinoneimínico colorido.

Triglicéridos

El reactivo Triglycerides GPO (TG-B con corrección de blanco) de Beckman, número de *kit* 445850, en conjunto con el sistema multicalibrador Synchron CX se empleó para la determinación cuantitativa de la concentración total de triglicéridos en plasma. Este reactivo se empleó para medir la concentración de triglicéridos a través de un método de punto final. Los triglicéridos en la muestra fueron hidrolizados a glicerol y ácidos grasos libres por la acción de una lipasa. Una secuencia de tres pasos pareados enzimáticos empleando glicerol quinasa (GK), glicerofosfato oxidasa (GPO) y peroxidasa Horseradish (HPO) ocasiona el acoplamiento oxidativo de 3,5-dicloro-ácido 2-hidroxibenzenosulfónico (DHBS) con 4-aminoantipirina para formar un precipitado rojo quinoneimínico.

El sistema Synchron CX proporcionó automáticamente los volúmenes de muestra y reactivo apropiados dentro de un vial. La proporción empleada fue de 1:100. El sistema monitoreó el cambio en la absorbancia a 520 nm a un tiempo de intervalos dados. Este cambio en la absorbancia es directamente proporcional a la concentración de colesterol y triglicéridos en la muestra y es usado por el sistema Synchron CX para calcular y expresar la concentración de colesterol y triglicéridos (Beckman, 1993).

Triglycerides

Beckman's Triglyceride GPO reagent (TG-B), kit number 445850, was used together with the Synchron CX multicalibrator system for the quantitative determination of the total concentration of triglycerides in plasma. This reagent was used to measure the triglyceride concentration with the final point method. The triglycerides in the sample were hydrolyzed to glycerol and free fatty acids by the action of a lipase. A sequence of three paired enzymatic steps using glycerokinase (GK), glycerophosphate oxidase (GPO) and horseradish peroxidase (HPO) causes the oxidative coupling of 3,5-dichloro-2-hydroxy-benzenesulfonic acid (DHBS) with 4-aminoantipyrine to form a red quinoneiminic precipitate.

The Synchron CX system automatically provides the appropriate volumes of sample and reagent in a vial. The ratio used was 1:100. The system monitored the shift in the absorbance at 520 nm at given time intervals. This shift in absorbance is directly proportional to the concentration of cholesterol and triglycerides in the sample and is used by the Synchron CX system to calculate and express the concentration of cholesterol and triglycerides (Beckman, 1993).

Statistical analysis

With the results obtained, a descriptive statistical analysis, Student's *t*-test, was made, as well as a correlation analysis using the Stat100 and Stata (Biosoft) computer packages, both for Windows.

RESULTS AND DISCUSSION

Characteristics of the population studied

In the last four years, the population from Los Islotes has shown good conditions (steady

desde tierra para lograr una estimación más exacta (Le Boeuf *et al.*, 1983). Las crías en Los Islotes comienzan a nacer a finales de mayo y terminan a finales de junio (Aurioles-Gamboa y Le Boeuf, 1991), por lo que para obtener la estimación del total de crías nacidas cada año, el censo se realiza durante la primera semana de julio, ya que en este momento han nacido casi todas las crías y la mortalidad acumulada es todavía muy baja (Aurioles-Gamboa y Sinsel, 1988).

Toma de medidas morfométricas

Se capturaron 35 crías lactantes de lobo marino al azar. Cada una se pesó (con ayuda de una bolsa y un dinamómetro) y se determinó el sexo. Posteriormente, se trasladaron al cubículo de contención donde se les aplicó anestesia con isofluorano; se mantuvo el registro de los signos vitales y la temperatura. Una vez relajada la cría, se le tomó las siguientes medidas básicas: (1) longitud estándar, con cinta métrica; (2) circunferencia o perímetro axilar, con cinta métrica; y (3) grosor de la capa de grasa, mediante un adipómetro (Lange, Betha Technology, Inc.) que mide el grosor de la piel y la capa de grasa subcutánea a nivel del esternón (Luque-Flores y Aurioles-Gamboa, 2001). Con base en los datos anteriores, se calcularon los siguientes índices morfométricos: (1) factor de condición de Fulton (FCF) = $\text{peso} \times 10^3 / \text{longitud}^3$, el cual es un índice adecuado para comparar el peso de las crías de lobo marino de diferentes longitudes estándar hasta un mes de edad, durante una temporada reproductora determinada; este índice elimina el efecto de la talla sobre el peso. (2) Índice del perímetro axilar/longitud estándar (PA/LE) = $\text{PA/LE} \times 100$; este índice se emplea para eliminar el efecto de la talla sobre el grosor o circunferencia del animal. (3) Grosor de la capa de grasa (GCG), medida directa explicada anteriormente.

mortality is still very low (Aurioles-Gamboa and Sinsel, 1988).

Morphometric measurements

Thirty-five lactating sea lion pups were caught at random. Each of them was weighed (using a bag and a dynamometer) and their sex was determined. They were placed in the holding compartment, where they were anesthetized with isofluorene; a record was kept of the vital signs and temperature. Once the pup relaxed, the following basic measurements were taken: (1) standard length, with a measuring tape; (2) axillary girth, with a measuring tape; and (3) sculp thickness, with an adipometer (Lange, Betha Technology, Inc.), which measures the thickness of the skin and the sculp at the sternum (Luque-Flores and Aurioles-Gamboa, 2001). Based on these data, the following morphometric indexes were calculated: (1) Fulton's condition factor (FCF) = $\text{weight} \times 10^3 / \text{length}^3$, which is a suitable index to compare the weight of sea lion pups of different standard lengths up to one month old, within a given reproductive season; this index eliminates the effect of size on weight. (2) Axillary girth/standard length index (PA/LE) = $\text{PA/LE} \times 100$; this index is used to eliminate the effect of the size on the thickness or the circumference of the animal. (3) Sculp thickness (GCG), a direct measurement that has already been explained.

Blood sampling

The blood samples were taken from the jugular area with a Vacutainer system (Becton-Dickinson), sometimes with a holder and sometimes with a butterfly, depending on the depth of the vein. Two 7-mL tubes of blood were collected; they were shaken in order to homogenize the EDTA and placed on the racks of an ice-chest with gels and ice,

La leche materna de los mamíferos marinos tiene un alto contenido de grasa y puede variar, en particular para los pinnípedos, entre un 30% y 60% de su composición. La grasa forma parte importante de distintas funciones, ya que se emplea como fuente de energía, proporciona flotabilidad y sirve como aislante térmico (Young, 1976). No se conocen reportes sobre los componentes lipídicos de la grasa de la leche y aquella que se encuentra en el plasma y la grasa subcutánea de las crías del lobo marino de California, siendo ésta una línea de investigación que puede ayudar a explicar diferencias en el crecimiento de crías de distintas localidades.

Los constituyentes bioquímicos plasmáticos son frecuentemente empleados en el diagnóstico y manejo de una gran variedad de enfermedades, tanto en humanos como en animales. Así mismo, se emplean como indicadores del estado de salud (Cargill *et al.*, 1979; Geraci *et al.*, 1979; Bossart y Dierauf, 1990; Roletto, 1993). En los mamíferos marinos en cautiverio, niveles altos o bajos de colesterol son indicadores de desórdenes metabólicos (Bossart y Dierauf, 1990). En los pinnípedos, la grasa de la leche representa el constituyente más abundante después del agua y se sugiere que este contenido de grasa se relaciona directamente con la composición de la dieta de las madres. Los pinnípedos lactantes son extremadamente eficientes para la digestión de los lípidos, comparados con otras especies (Ofstedal *et al.*, 1987; Riedman, 1990).

El objetivo de este trabajo fue cuantificar el contenido de lípidos totales, colesterol y triglicéridos presentes en el plasma de crías de lobo marino de Los Islotes, Baja California Sur (México), durante el periodo en el que dependen exclusivamente de la leche materna y durante un año (1999) en que las condiciones ambientales se reflejaron en una alta producción de crías y condición corporal. Los valores plasmáticos cobran importancia en este

particular, it may constitute from 30% to 60% of its composition. Fat plays an important role in several functions, since it is used as a source of energy, it provides buoyancy and works as a thermal insulator (Young, 1976). There are no reports about the lipidic components of the milk fat and the fat found in the plasma and sculp of the California sea lion pups. This line of research may help to explain the differences in pup growth at different localities.

The biochemical constituents of the plasma are frequently used in the diagnosis and handling of a wide variety of diseases in both humans and animals. Moreover, they are used as indicators of the health condition (Cargill *et al.*, 1979; Geraci *et al.*, 1979; Bossart and Dierauf, 1990; Roletto, 1993). In marine mammals in captivity, high or low levels of cholesterol are indicators of metabolic disorders (Bossart and Dierauf, 1990). In pinnipeds, the milk fat represents, after the water, the most abundant component and it has been suggested that this fat content is directly related to the composition of the mother's diet. Compared to other species, lactating pinnipeds are extremely efficient in regard to the digestion of lipids (Ofstedal *et al.*, 1987; Riedman, 1990).

The aim of this work is to quantify the content of total lipids, cholesterol and triglycerides found in the plasma of the sea lion pups from Los Islotes, Baja California Sur (Mexico), during the period when they depend exclusively upon maternal milk, and during a year (1999) in which the environmental conditions were reflected in high pup production and body condition. In this context, the plasmatic values become important, since they can be compared to values obtained during years of low productivity, such as El Niño years (Samaniego, 1999), or during events of massive mortality (Vidal and Gallo, 1996).

como en machos, ya que estos valores están muy influenciados por los diferentes periodos de ayuno de las crías y porque durante la lipemia alimenticia estos niveles se elevan; para las hembras se encontró un intervalo de 11 a 306 mg/dL y para los machos de 15 a 232 mg/dL. La correlación entre los parámetros morfométricos y los parámetros clínicos fue muy baja. Se detectó una mayor correlación entre el colesterol y peso en las hembras; en los machos fue casi nula. No se detectó correlación entre los triglicéridos y los parámetros morfométricos estudiados. La población de Los Islotes ha mostrado, en los últimos cuatro años, condiciones de bienestar (producción de crías estable, condición corporal de crías alta, fecundidad de hembras estable) y en este muestreo en particular, todas las crías quedaron dentro de los márgenes normales estimados para el Golfo de California con respecto al grosor de capa de grasa subcutánea, perímetro axilar-longitud estándar y factor de condición de Fulton. Por esta razón, se considera que el colesterol y los triglicéridos plasmáticos de crías de menos de dos meses pueden utilizarse como marco de referencia en estudios comparativos subsecuentes, particularmente durante periodos de estrés ambiental, como el fenómeno de El Niño.

Palabras clave: *Zalophus californianus*, lípidos totales, colesterol, triglicéridos, plasma.

ABSTRACT

The concentrations of total lipids, cholesterol and plasmatic triglycerides of breeding pups of *Zalophus californianus* from Los Islotes (Baja California Sur, Mexico) were quantified during the summer of 1999. The contents of total lipids and cholesterol were similar between females and males, with a range of 0.056–0.061 mg/dL and 108–240 mg/dL, respectively. The maximum value of cholesterol found in males belonged to those with smaller weight (240 mg/dL: 8.1 kg); in females, the opposite occurred (112 mg/dL: 14.1 kg). A similar behavior was observed when cholesterol was compared to the thickness of the fat layer. Triglyceride values were very heterogeneous in both females and males, since these values are strongly influenced by the different fasting periods of the pups and because these levels rise during the nutritious lipemia, ranging from 11 to 306 mg/dL in females and from 15 to 232 mg/dL in males. The correlation between morphometric measurements and the clinical parameters was very low. A greater correlation was detected between cholesterol and weight in females; in males it was almost null. No correlation was detected between triglycerides and the morphometric measurements studied. The population at Los Islotes has shown good status during the last four breeding seasons (steady pup production, high pup body condition, stable female fecundity), and during the 1999 sampling, pup body conditions were within the normal values estimated for the Gulf of California in regard to axillary girth, sculp thickness and Fulton's condition factor. For these reasons, we consider that triglycerides and cholesterol in pup plasma circa two months old could provide a reference framework for subsequent comparative studies, particularly during periods of environmental stress, such as El Niño.

Key words: *Zalophus californianus*, total lipids, cholesterol, triglycerides, plasma.

INTRODUCCIÓN

El lobo marino de California (*Zalophus californianus*, Lesson, 1828) se distribuye desde las costas de Columbia Británica, en Canadá, hasta las islas Tres Marias, en México, incluyendo el Golfo de California (Odell,

INTRODUCTION

The California sea lion (*Zalophus californianus*, Lesson, 1828) is found from the coast of British Columbia, in Canada, to Tres Marias Islands, in Mexico, including the Gulf of California (Odell, 1981). In this last region,

semillas o la capa externa de los frutos (Tabla VII). El porcentaje de este aceite de reserva varía considerablemente, desde 5% en cereales hasta 68% en el coco. Los AG de los aceites de las semillas varía enormemente (Chow, 1992). En los vegetales y por lo tanto en los aceites vegetales, factores como el tipo de cultivo, región agrícola y condiciones climáticas tienen una marcada influencia sobre el contenido de ALA. El contenido de este AG en las plantas varía por época y región.

Como se mencionó, las poblaciones Mediterráneas consumen grandes cantidades de verdolaga, pero también su dieta es rica en aceite de oliva (rico en ácido oleico, que ayuda en la formación de ácidos Ω -3), vegetales y pescado. Se ha informado que el consumo de pescado y aceite de oliva a lo largo de la vida de estas poblaciones puede proporcionar efectos protectores independientes sobre el desarrollo de numerosas enfermedades (Linos *et al.*, 1999).

Productos enriquecidos con ácidos grasos Ω -3

Con base en el conocimiento de los efectos de la dieta sobre la cantidad de AG Ω -3 en los productos animales, muchos investigadores manipulan la alimentación animal para incrementar el contenido de Ω -3 en el huevo, leche y carne. Los alimentos de origen animal enriquecidos con algas, harinas de pescado o aceites de pescado incrementan las concentraciones de EPA y DHA en los tejidos (por ej. músculo y yema de huevo). Al alimentar animales con dietas ricas en lino o aceite de lino, que son buenas fuentes de ALA, se obtiene como resultado un incremento de este AG en los huevos, leche, carnes de cerdo, pollo y res. Los mayores obstáculos para esta tecnología es la tendencia de los AG a oxidarse, produciendo sabores desagradables en los productos, así como el gasto de añadir fuentes de Ω -3 y antioxidantes (Kris-Etherton *et al.*, 2000).

Las prácticas de producción animal, particularmente la composición de los nutrientes de la dieta, pueden cambiar el perfil de los ácidos grasos de la carne, la leche y los huevos. Por ejemplo, en el músculo y tejido adiposo de un cerdo silvestre y uno doméstico, el ácido linoleico comprende 32% y 10% del total de AG, respectivamente; y el ácido araquidónico comprende 8,5% y 0,4%, respectivamente.

Existen muchos productos en el mercado (alimentos funcionales) que han sido enriquecidos con AG Ω -3. Tal es el caso de huevo, aceites, productos de panadería, leche, fórmulas infantiles,

mayonesas, margarinas y aderezos, carne y productos avícolas, pescados cultivados.

Huevo. De los productos animales enriquecidos con AG Ω -3, los huevos son los más comúnmente disponibles en el mercado. La compañía Eggland's Best, Inc. (EEUU) comercializa huevos de calidad *premium* bajo el nombre de Eggland's Best (EB). Estos huevos tienen 7 veces el nivel genérico de vitamina E, cerca de 3 veces más de AG Ω -3 y yodo, y 25% menos de grasa saturadas en comparación con un huevo regular. Estudios clínicos indicaron que la gente que consume 12 huevos EB por semana, como parte de una dieta baja en grasa, no incrementa su nivel de colesterol (Michella y Slauch, 2000; Lewis *et al.*, 2000).

Por otro lado, las dietas de las aves son enriquecidas con harinas de pescado, lino y DHA de algas (Nitsan *et al.*, 1999; Omega Protein, 1999; Lewis *et al.*, 2000). Estos huevos (también conocidos como huevos griegos) tienen una relación Ω -6/ Ω -3 baja y elevadas concentraciones de EPA, DPA y DHA. Su contenido total de Ω -3 es de 17,87mg/g, mientras que un huevo comercial de los Estados Unidos tiene sólo 1,74mg/g. Por otra par-

te, una capsula de aceite de pescado tiene 300mg. La relación Ω -6/ Ω -3 en el huevo griego es de 1,3 y en el comercial es de 19,4 (Simopoulos, 1989).

Un estudio realizado en Argentina sobre la composición de AG en huevos comerciales sin enriquecer reportó un contenido ALA de 0,07g/100g de porción comestible en huevo de gallina, y de 0,01g/100g en huevo de codorniz (Closa *et al.*, 1999). Otro estudio informa, en yema de huevo, una concentración de ALA de 0,16-0,17%, y de DHA de 0,27-0,28% (Park y Goins, 1994).

Aceites. Los avances tecnológicos para el aceite refinado han hecho posible que el aceite de pescado pueda incorporarse en los aceites vegetales que se emplean en la preparación de una amplia variedad de alimentos, incluyendo el pescado enlatado (atún, sardina, salmón). Sin embargo, los alimentos enriquecidos con elevadas cantidades de EPA y DHA a veces imparten aroma y sabor a pescado. Esto hace que estos productos sean susceptibles de oxidación, por lo que actualmente se realizan numerosos esfuerzos para estabilizar la oxidación durante el procesamiento, cocinado y almacenaje de los mismos.

Productos de panadería.

La harina de lino y los aceites de pescado encapsulados son empleados en productos de panadería. El enriquecimiento de casi todos los alimentos con AG Ω -3 es posible por microencapsulación: pan, cereales, pasta, bisquets y galletas, pasteles, harinas para panadería, frutas en barra, polvos dietéticos, jugos de frutas y fórmulas infantiles.

Fórmulas infantiles. La leche humana contiene AA, DHA y EPA, mientras que esto no ocurre en las fórmulas infantiles basadas en la leche de vaca. En Europa (Park y Goins, 1994), estas fórmulas son ahora enriquecidas con AA y DHA provenientes de varias fuentes. Los valores de ALA reportados para dos marcas comerciales en los EEUU fueron: Enfamil (Mead Johnson) 1,65% y Similac (Ross Lab.) 4,91-4,96% (Park y Goins, 1994). En algunos países de Latinoamérica (Argentina, Brasil y Venezuela), ya existe leche enriquecida (marca Parmalat). Tanto aceites como harinas enriquecidas con EPA o DHA (producidas por microencapsulación) están disponibles para la nutrición infantil (Kris, Atherton *et al.*, 2000).

Leche. Algunas investigaciones muestran resultados prometedores al incrementar el DHA en la leche de vaca. La composición de los lípidos de la leche es muy variable y depende de la composición de los lípidos y de las proporciones relativas de lípidos e hidratos de carbono en la dieta.

TABLA VII
CONTENIDO DE ALA EN ACEITES
VEGETALES (g/100g)

Fuente	ALA (18:3 Ω -3)
Aceite linaza	53,3
Aguacate	0,96
Ajonjolí	0,3
Algodón, semilla	0,2
Arroz integral	1,6
Avena	1,79
Canola	9,3-12,0
Cártamo	0,4
Coco	0,22
Cocoa, mantequilla	0,1
Colza	10,9
Girasol	0,09-0,19
Grosella blanca sem	19-20
Grosella negra sem	12-14
Grosella roja semilla	29-31
Maíz	0,7-2,1
Mostaza	5,9
Nuez	10,4
Oliva	0,54-0,6
Palma	0,2
Soya	6,8-7,3
Soya hidrogenada	2,6
Soya lecitina	5,1
Tomate semilla	2,3
Trigo	6,9
Uva, semilla	0,1

Fuentes: Wood *et al.*, 1993; Hyvönen *et al.*, 1993; Mahan y Escott-Stump, 1998; Neutleuton, 1991.

Un problema con el uso de recomendaciones tomando en cuenta el ALA es que éste no es equivalente a los AG de cadena larga Ω -3, porque sólo del 10 al 20% es elongado. Por lo tanto, los índices o recomendaciones para los Ω -3 deberán tomar en cuenta la baja biodisponibilidad del ALA con relación al EPA y DHA (De Vries *et al.*, 1997).

De cualquier manera, estas recomendaciones se pueden alcanzar si se incluyen 4 pescados grasos en las comidas semanales, junto con 22-32g/d de aceite vegetal relativamente rico en ALA. Usando ambas fuentes ricas en Ω -3 se facilitará la planeación de las dietas que proporcionen las cantidades de los AG Ω -3 recomendados (Kris-Etherton *et al.*, 2000).

Se ha reportado que muertes súbitas han sido prevenidas en pacientes con enfermedades cardiovasculares-que consumieron uno o dos pescados por semana, o que en lugar de pescado tomaron una o dos cápsulas de aceite de pescado por día. Aquellos que consumieron pescado tuvieron 70% menos probabilidades de infarto cardíaco (Connor, 1997).

Conclusiones

Los efectos benéficos de los Ω -3 son evidentes. La importancia de mantener niveles adecuados de EPA y DHA durante la gestación y durante el crecimiento de los bebés es primordial para un buen desarrollo y funcionamiento del cerebro y la retina. Su papel en la prevención de enfermedades vasculares y de cáncer está comprobado, así como su utilidad en el manejo de enfermedades como el SIDA, depresión, problemas de violencia o de trastornos por déficit de atención. Es evidente, que nuestra dieta no ha cambiado lo suficiente como para lograr un acercamiento a las proporciones recomendadas y obtener todos los beneficios que se han señalado. De aquí la importancia de aumentar el consumo de AG Ω -3, particularmente EPA+DHA, y disminuir los Ω -6 en la dieta.

Es indudable que actualmente existen numerosas fuentes de estos AG en los alimentos comúnmente consumidos. La formulación de estos AG Ω -3 es un punto importante y los alimentos funcionales con un mayor contenido de Ω -3 son cada vez más disponibles. Los concentrados de Ω -3 ofrecen las ventajas de una alta concentración de éstos compuestos y una baja concentración de colesterol y grasa saturada por cápsula. Sin embargo, se ha demostrado que estos concentrados no tienen los mismos efectos biológicos que las fuentes naturales.

TABLA X
ACIDOS GRASOS Ω -3 EN CARNES Y PRODUCTOS CÁRNICOS
(g/100g PORCIÓN COMESTIBLE)

Alimento	ALA	Alimento	ALA
Cadera carne magra	0.2	Pavo rostizado*	0.1
Espaldilla	0.3	Pollo carne blanca crudo*	Tr.
Molida regular	0.2	Pollo carne oscura crudo*	Tr.
T-bone steak	0.3	Pollo piel*	0.3
Cordero lomo	0.5	Pato pekin pechuga*	0.012
Cordero pierna	0.3	Cordero lomo*	0.06
Temera tapa de pierna con cadera	0.1	Temera hígado**	0.46
Costilla de res	0.05	Conejo ***	1.6
Cerdo curado salado	0.7	Salchicha bolgna	1.69
Cerdo tiras crudas	0.9	Salchicha cotto	0.46
Tocino crudo	0.8	Salchicha frankfurt	1.44
Jamon crudo	0.2	Salchicha polaca	1.33
Jarrete crudo	0.6	Salchicha viena	1.59
Papada cruda	0.9	Salchicha lyoner	1.32
Lomo	0.02	Salchicha de pavo	0.71

* contiene cantidades ínfimas de EPA, DPA, DHA

** contiene EPA (0.26%), DPA (1.65%), DHA (2.43%)

*** contiene EPA (0.73%), DHA (0.98%)

Fuentes: Mahan y Escott, 1998; Araujo *et al.*, 1997; Park y Goins 1994; Cobos *et al.*, 1994.

Los niveles apropiados del consumo de AG Ω -3 puede determinarse dependiendo del estado de salud-enfermedad en que se encuentre cada individuo. El consenso actual es que los AG Ω -3 son componentes integrales de una dieta sana y que juegan un papel importante en la prevención de muchas enfermedades. Sin embargo, no hay que olvidar que la unidad funcional de la alimentación es la dieta, de manera que no son los alimentos aislados -ni mucho menos sus componentes químicos- sino la dieta como un todo la que, junto con otros factores, puede contribuir al desarrollo o prevención de las enfermedades.

TABLA XI
CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS
 Ω -3 EN GRASAS ANIMALES.
(G/100G)

Grasa	ALA
Borrego	2.3
Grasa de mantequilla	1.5
Pato	1.0
Ganso	0.5
Pollo	1.0
Res	0.06
Carnero	2.4
Mantequilla	1.0 - 1.5
Mantequilla	1.2

Fuentes: Mahan y Escott, 1998; Chow, 1992.

REFERENCIAS

- Ackman RG (1992) Fatty acids in fish and shellfish. En Chow KC (Ed.) *Fatty acids in food and their health implications*. Marcel Dekker, USA. pp. 169-184.
- Aigster A, Sims C, Staples C, Schmidt R, O'Keefe SF (2000). Comparison of cheeses made from milk having normal and high oleic fatty acid composition. *J. Food Sci.* 65: 920-923.
- Almazan MA, Adeyeye SO (1998) Fat and fatty acid concentrations in some green vegetables. *J. Food Comp. Anal.* 11: 375-380.
- Al-Khalifa AS (1996) Physicochemical characteristics, fatty acid composition, an lipoxigenase activity of crude pumpkin and melon seed oils. *J. Agric. Food. Chem.* 44: 964-966.
- Araujo VC, Martín E (1997) Perfil de ácidos grasos en salchichas elaboradas en Venezuela. *Arch. Latinoam. Nutr.* 47: 173-176.
- Araujo VC, Carrillo, PF, Martín E (1998) Fatty acid composition of beef, pork and poultry fresh cuts and some of their processed products. *Arch. Latinoam. Nutr.* 48: 354-358.
- Aro T, Tahvanen R, Manila T, Nurmi J, Sivonen T, Kallio H (2000) Effects of season and processing on oil content and fatty acids of Baltic herring (*Clupea harengus membrus*). *J. Agric. Food Chem.* 48: 6085-6093.
- Aubourg SP, Medina I, Pérez-Martín R (1996) Polyunsaturated fatty acids in tuna phospholipids: distribution in the sn-2 location and changes during cooking. *J. Agric. Food. Chem.* 44: 585-589.
- Buege DR, Ingham BH, Henderson DW, Walters SH, Eorchert LL, Crump PM, Hentges EJ (1998) A Nationwide audit of the composition of pork and chicken cuts at retail. *J. Food Comp Anal.* 11: 249-261.