



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN**

**"DETERMINACIÓN DE ALGUNOS ELEMENTOS  
MINERALES EN SANGRE ENTERA DE CRÍAS  
DE *Zalophus californianus californianus*"**

**ARTÍCULO**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

**PRESENTA :**

**MARÍA DE JESÚS FORZÁN GÓMEZ**

**ASESOR : MVZ RENÉ ROSILES MARTÍNEZ**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX. 1997**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE  
EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN  
P R E S E N T E .

AT: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el trabajo de publicación: "Determinación de algunos elementos minerales en sangre extraída de crías de *Eriophis californianus californianus*".

que presenta la pasante: María de Jesús Escobedo Gómez  
con número de cuenta: 4156623-2 para obtener el TÍTULO de:  
Médica Veterinaria Zootecnista.

Considerando que dicho trabajo cumple los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Mex., a 25 de Febrero de 1977

PRESIDENTE	M. en C. René Boniles Martínez	
VOCAL	M. en C. Guillermo Valdivia Anda	
SECRETARIO	M. en C. Francisco Morales Álvarez	
1er. SUPLENTE	M. en C. Juan Osampo López	
2do. SUPLENTE	MVZ. Gerardo López Rojas	

# DETERMINACIÓN DE ALGUNOS ELEMENTOS MINERALES EN SANGRE ENTERA DE CRÍAS DE *Zalophus californianus californianus*.

Forzán Gómez, M.J.<sup>1</sup>; Godínez Reyes, C.<sup>2</sup>; Rosiles Martínez, R.<sup>3</sup>

## RESUMEN

Se determinaron las concentraciones de Se, Hg, Cu, Fe, Zn, Na, K, Ca, Mg, Pb, Co y Cd en muestras de sangre entera de crías de lobo marino californiano, *Zalophus californianus californianus*, obtenidas en cuatro islas del Golfo de California durante el verano de 1995, por medio del espectrofotómetro de absorción atómica. Reportamos valores para 8 de estos elementos minerales; el Pb, Co y Cd resultaron menores al límite de detección y el resultado de la medición del Mg no resulta confiable. Se observó que las concentraciones de Fe y Zn estaban influenciadas por el sexo del animal.

## INTRODUCCIÓN

### a. *Zalophus californianus californianus*

El Lobo Marino Californiano, *Zalophus californianus californianus*, es un mamífero que pertenece al Orden de los Carnívoros. A través de los años, se han realizados estudios sobre su morfología, fisiología, patología y etología(12). Dentro de los estudios realizados se incluye el de Química Sanguínea, donde se reportan las concentraciones de ciertos minerales y otros elementos.(7)

El *Zalophus californianus californianus* es un pinnípedo que pertenece a la subfamilia *Otariinae* que abarca a los lobos marinos comunes. Esta proviene de la familia *Otariidae* que a su vez se origina en la super familia *Otaroidea*, la cual abarca a los lobos finos, lobos comunes y morsas, y es

<sup>1</sup> F.E.S. Cuautitlán. Carretera Cuautitlán-Teoloyucan, Edo. Mex.

<sup>2</sup> Departamento de Etología y Fauna Silvestre. F.M.V.Z. C.U.

<sup>3</sup> Laboratorio de Toxicología. F.M.V.Z. C.U.

diferente de la superfamilia *Phocoidea* que incluye a las focas. El género tiene una especie, *Zalophus californianus*, que se subdivide en 3 diferentes subespecies: *Zalophus californianus japonicus*, que habitaba en Japón y ahora se supone extinta; *Zalophus californianus wollebaeki* que vive en las Islas Galápagos; y *Zalophus californianus californianus*, que habita en la costa e islas del sur de California, la costa oeste de Baja California, y en varias islas del Golfo de California o Mar de Cortés, principalmente, pero que puede encontrarse desde Vancouver, Canadá, hasta Nayarit, México. (12)(20)(21)

#### **b. Elementos minerales**

Los elementos minerales de la sangre de los animales tienen funciones básicas para mantener la vida de estos. Cada elemento cumple un fin distinto pero todos son necesarios. Las concentraciones de estos elementos en cada especie animal varían, pero siempre existe un rango en la concentración de los mismos; si se sobrepasa o es insuficiente la cantidad de algún elemento, se pierde el equilibrio y sobrevienen alteraciones. Tales elementos minerales pueden ser clasificados como elementos minerales principales o macroelementos y oligoelementos o elementos traza. Los primeros incluyen al Na, Cl, K, Ca, P, Mg, S y Li. Los segundos, es decir, los oligoelementos, se encuentran en concentraciones muy bajas pero son esenciales en muchos procesos vitales, estos incluyen al Zn, I, Fe, Co, Cu, Cr, F, Mn, Mo (esenciales), Sn, Ni, Si, V (posiblemente esenciales), Al, As, B, Cd, Ge, Hg y Pb (aparentemente no esenciales) (10).

Los elementos minerales pueden encontrarse en tres distintas formas en el organismo:

- Ionizada: sustancias en solución en la célula o líquido circulante que intervienen en el metabolismo como iones.

- No Ionizada: forman parte del esqueleto y los dientes.

- Combinados con Compuestos Orgánicos: ya no se consideran como sustancias minerales sino como parte integral de un compuesto.

Estas categorías no son permanentes, los minerales pueden pasar de una a otra fácilmente, de hecho lo hacen continuamente (9).

Por medio de la determinación de la concentración sanguínea de algunos elementos, como Cu, Fe, Zn, Na, Ca, K, Mg, Se, y Hg, se puede estimar el estado de salud en que se encuentra un animal, se pueden

determinar deficiencias o intoxicaciones, o pueden ser sugeridas otras patologías que tengan como consecuencia o causa una alteración de la concentración de cierto elemento. Por ejemplo, en una anemia debida a una deficiencia de Fe encontraríamos las concentraciones de hierro menores al límite inferior de los valores de referencia al estudiar sangre entera. Más específicamente, y hablando de mamíferos marinos, Fenwick demostró que la concentración de Fe sanguíneo en *Tursiops truncatus* del Atlántico es afectada durante un proceso inflamatorio. Los animales sanos presentaban una concentración de 185-400 mg/l, mientras que los que sufrían alguna inflamación tenían niveles de 17-115 mg/l. La teoría que explica esta disminución durante la inflamación es que la interleucina-1 liberada a la circulación durante el proceso inflamatorio provoca la fagocitosis del Fe por parte de los macrófagos lo cual, obviamente, disminuye la concentración sanguínea del elemento (6).

A continuación se hace una breve descripción de la función de algunos elementos minerales en la fisiología animal:

**Hierro (Fe)** - Es esencial componente de la hemoglobina (Hb) y mioglobina (Mb) por lo que es básica su intervención en el transporte de oxígeno(15). La mayor concentración de Fe es la que forma parte de la Hb, otra pequeña porción forma parte de la Mb, el resto se almacena como ferritina o hemosiderina en las células reticuloendoteliales de diferentes tejidos(1), principalmente hígado, bazo y médula ósea(11). El hierro sanguíneo se encuentra en tres formas : en la hemoglobina, en la pseudohemoglobina de Barkan y como hierro plasmático (en parte libre y en parte combinado en forma orgánica). El combinado en forma orgánica es el que puede ser utilizado por los tejidos (24). Una deficiencia de Fe causa anemia microcítica hipocrómica (1); un aumento por encima de las concentraciones normales de Fe ocurre durante la hepatitis aguda, ya que el Fe almacenado en el hígado es liberado a la circulación durante la necrosis celular(11).

**Cobre (Cu)** - Es esencial para la formación de la sangre, para el transporte de hierro; interviene en la formación de huesos y es parte de la tirosinasa por lo que es necesario para la pigmentación del pelo(27). Su deficiencia produce anemia microcítica hipocrómica. Es difícil detectar una deficiencia al medir el Cu sérico o sanguíneo pues el hígado, que funciona

como almacén, se encarga de liberar las cantidades necesarias para mantener el nivel sanguíneo estable. Sin embargo, el detectar un aumento en la concentración de Mo sugiere su interferencia con la utilización del Cu, aún cuando los niveles de este sean normales; esto, a su vez, afecta la disponibilidad del Fe y su utilización en la síntesis de hemoglobina(11). La mayor concentración, tanto de Cu como de Fe, se encuentra en el hígado pues allí se almacenan estos minerales.

**Zinc (Zn)** - Es constituyente de muchas enzimas, contribuye al metabolismo de ácidos nucleicos, proteínas y carbohidratos, además de servir de estabilizador de membranas (15). En un estudio sobre metales pesados en marsopas en Groenlandia (*Phocoena phocoena*), las mayores concentraciones de Zn se encontraron en la piel; de hecho, su concentración en piel fue 7 veces la detectada en el hígado (19).

**Sodio (Na)** - Es principalmente localizado extracelularmente, es decir, en el líquido intersticial, y en el plasma. Una tercera parte se encuentra como parte estructural del esqueleto. El sodio interviene en múltiples funciones, siendo la más importante, la de formar parte de la transmisión de estímulos ya que es indispensable para el cambio de polaridad de membrana debido a su participación en la Bomba de Na y K(15); además, tiene un papel básico en el mantenimiento del equilibrio ácido-base y de la presión osmótica(24) pues es el catión más importante del compartimiento extracelular, actuando como contraparte del anión Cl. En la sangre, se encuentra casi totalmente formando parte del plasma, es escasa la cantidad de Na en las células sanguíneas(9).

**Potasio (K)** - Este es el equivalente del sodio en el compartimiento intracelular, por tanto allí es donde se observan sus mayores concentraciones. Además de participar en la conducción de estímulos y contracción muscular, como el Na, el K interviene en el metabolismo de hidratos de carbono y proteínas(15). Los niveles séricos del K no son un buen indicador de su concentración real en el organismo, esto pues sus mayores concentraciones son intracelulares y no existe una relación constante entre el K intra y extracelular. El K sérico, además, puede aumentar drásticamente como resultado de una necrosis celular masiva, debido a la consecuente liberación del ión a la circulación; sin embargo, esto no tiene relación alguna con un aumento de K intracelular. Durante una acidosis, las células toman

hidrogeniones y liberan K, por lo que el nivel sanguíneo se incrementa, pero el nivel intracelular presenta de hecho una deficiencia; el proceso contrario se dá durante una alcalosis. Otra causa del aumento del K sérico es una falla renal. El mayor problema del aumento de K en sangre es un posible arresto cardiaco. Los niveles séricos de K pueden descender cuando se presenta vómito o diarrea, debido a la pérdida del elemento vía digestiva(1).

**Calcio (Ca)** - Es componente esencial de huesos y dientes, interviene decisivamente en el mecanismo de coagulación y en el transporte de iones a través de la membrana plasmática. También tiene parte en la transmisión nerviosa y contracción muscular(15). El Ca en el plasma puede estar en dos formas: difusible (puede ser ionizado o no ionizado, siendo el ionizado el activo) y no difusible (combinado con proteínas). La gran mayoría del Ca se encuentra en el hueso, en forma de fosfatos y carbonatos; el Ca restante se distribuye en dientes, suero sanguíneo, líquido cefalorraquídeo, sinovia, linfa y tejidos blandos(24). Una disminución en el contenido de Ca ionizado sanguíneo, el cual es el fisiológicamente activo, puede producir tetania; puede ocurrir una disminución de Ca ionizado, como en la alcalosis, sin que se note alteración alguna en el nivel de Ca total. Si disminuye el nivel de proteínas plasmáticas, el nivel de Ca total se ve disminuido pues baja la concentración de Ca unido a proteínas, sin embargo, esto no afecta el metabolismo pues el Ca unido a proteínas es no difusible e inactivo fisiológicamente hablando. Así, el nivel de Ca total puede ser normal y, sin embargo el Ca ionizado estar disminuido causando alteraciones fisiológicas, o puede ser bajo pero no afectar la homeostasis si el Ca ionizado no se encuentra alterado(1). El hueso actúa como reserva importante de Ca. Si el de la dieta es insuficiente, se libera Ca del hueso para mantener los niveles sanguíneos normales, aun cuando se produzca una osteomalacia por descalcificación, por esto, si se quiere conocer el estado del Ca en el animal, es más recomendable obtener una muestra de hueso que de sangre entera o suero. Pero, aún así, puede que todos los niveles de Ca sean normales y que éste no este realizando sus funciones normalmente, por ejemplo, puede ser que la alta acumulación de metales pesados en el organismo inhiba la actividad del Ca en el cerebro, impidiendo así el transporte de P a través de la membrana plasmática y resultando en una sintomatología nerviosa (5).

**Magnesio (Mg)** - Es útil como una coenzima, para la transmisión nerviosa, contracción muscular y en la estructuración del hueso(15). El Mg se deposita sobretodo en huesos y músculos(24).

**Selenio (Se)** - Es importante en el metabolismo de grasas y vitaminas; es un antioxidante pues interviene en el sistema de enzimas glutatión reductasa - glutatión peroxidasa formando parte de la última(15)(27). En el hígado, las células de Kupfler lo almacenan en gránulos densos (18).

**Mercurio (Hg)** - Se considera más como contaminante (junto con Plomo y Cadmio ), que como constituyente sanguíneo. Las mayores concentraciones de Hg en algunos mamíferos marinos como *Phocoena phocoena*, *Stenella coeruleoalba* y otros cetáceos, se encuentran en el hígado donde las células de Kupfler lo contienen en forma de gránulos, igual que al Se (13)(18)(19)(25). Se han detectado correlaciones positivas entre Se y Hg en el hígado y riñón de la marsopa común con rangos de .966 y .2151, respectivamente (25); así como correlaciones positivas, tanto en cetáceos como en pinnípedos, entre Hg y edad (14)(19)(25) y Hg y sexo (25).

### c. Espectrofotometría de Absorción Atómica

Un método para determinar la concentración de elementos minerales en diferentes muestras tanto biológicas como de otros tipos, es el espectrofotómetro de absorción atómica. La base del funcionamiento de este aparato es la diferencia en intensidad de un rayo de luz monocromática que atraviesa una nube de vapor donde los elementos se encuentran atomizados. La muestra se atomiza haciéndola pasar por una flama "fría" de aire - acetileno o de acetileno - óxido nítrico; se utiliza un cátodo hecho con el elemento a medir, que proyecta un haz luminoso con electrones de ese elemento. Al atravesar la nube de la muestra, los átomos del elemento libre capturan los electrones del haz de luz, por lo que al otro extremo la intensidad de la luz recibida es menor que la de la luz emitida. Midiendo esta diferencia se calcula la concentración del elemento en la muestra (3).

Este método se ha sido frecuentemente utilizado para la medición de concentraciones de metales en diversos tejidos animales, incluyendo a los mamíferos marinos (8).

## ANTECEDENTES

Desde hace más de 10 años, académicos, investigadores y estudiantes de la Facultad de Ciencias de Ciudad Universitaria visitan las islas del Alto Golfo de California durante el verano, época reproductiva del *Zalophus californianus californianus*. En los últimos años, los viajes han incluido médicos veterinarios e, incluso, médicos humanos. La unión de distintas disciplinas ha permitido que, además de los estudios de etología, biología, genética, distribución y conteo de los animales, se realicen estudios de fisiología, patología, epidemiología, infectología y bioquímica clínica de la especie.

En el recorrido del año pasado, esto es, verano del '95, se visitaron varias islas, tomándose muestras en 4 de ellas. Estas muestras fueron: sangre entera, suero, pelo y piel. En la muestra de sangre entera con anticoagulante (citrato de sodio o EDTA) se realizaron los conteos de leucocitos y eritrocitos aunque no en todas las muestras, se midió el hematocrito de la mayoría de ellas y el resto de la muestra se refrigeró y se trajo a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de CU, donde se procesó para medir elementos minerales por Espectrofotometría de Absorción Atómica. Se muestrearon 32 animales, pero sólo 17 de estas muestras llenaron los requisitos necesarios para obtener las mediciones por este método. Las muestras de pelo fueron sometidas al mismo análisis pero fue necesario utilizar el horno de grafito, que es un auxiliar en la medición de minerales y tiene mayor sensibilidad con lo que alcanza a detectar concentraciones de ppb (partes por billón) de un elemento (3)(26), esto fue debido al tamaño tan pequeño de las muestras. No contamos aún con estos resultados.

Reportamos aquí el sexo del animal al que corresponde cada muestra, así como el resultado obtenido en la medición del hematocrito.

Todos los animales muestreados fueron crías de menos de 4 semanas de edad.

## JUSTIFICACIÓN

Al medir las concentraciones de diferentes elementos minerales en sangre del lobo marino californiano, *Zalophus californianus californianus*, se tenían en mente dos finalidades principalmente: conocer o tener una idea de los valores normales de los elementos minerales en sangre entera y determinar

si existía un aumento en las concentraciones de metales pesados (Pb, Hg, Cu, Zn y Fe) o si estas concentraciones variaban según el lugar donde habita cada animal.

Como se vió, al hablar de cada elemento en particular, para determinar la condición de algunos elementos minerales en el organismo, la sangre entera no es siempre el mejor indicador. Sin embargo, es muy útil pues se puede obtener de animales vivos, a diferencia de muestras como hígado o hueso que tal vez sean mejores pero que sólo pueden provenir del muestreo de individuos muertos. De hecho, lo difícil que resulta el encontrar muestras ideales para su análisis hace que se busquen otras alternativas, incluso hay quien está probando medir metales traza en dientes de focas anilladas (*Phoca hispida*) en Groenlandia (2).

Como es de esperar, es difícil encontrar referencias bibliográficas sobre los valores normales de los electrolitos y elementos minerales en sangre entera o suero del lobo marino californiano. Los más documentados son Na, Cl, K y Fe (7)(23), pero valores de Cu, Zn, Hg, Se, Mg y Ca ya no están tan disponibles. Es muy importante contar con rangos normales a los cuales podamos referirnos si queremos evaluar una deficiencia o intoxicación por algún elemento en un individuo, es imposible saber si la concentración de Se está por arriba del límite máximo normal cuando no conocemos este límite. Al determinar las concentraciones de elementos minerales en estos animales que se suponen sanos, colaboramos con valores normales para el lobo marino californiano (aún cuando el número de muestras sólo permita establecer rangos muy amplios y no sea lo suficientemente grande para establecer valores normales para la población).

Al conocer los valores normales de algunos elementos que se consideran contaminantes del ambiente marino como son Hg, Pb, Zn, Fe o Cu, ya sea según lo establecido en la bibliografía o lo obtenido de muestreos de animales sanos, podremos, posteriormente, hacer muestreos por zona y utilizar los resultados como un indicador del grado de contaminación del lugar. Es factible pensar en los mamíferos marinos, específicamente en los pinnípedos, como útiles biomonitores debido a que se alimentan, reproducen y descansan cerca o en las playas que se desea estudiar, además de que son de los consumidores más altos en la cadena trófica. Estudios de este tipo han sido realizados en Alaska con *Phoca vitulina richardsi* (17).

## OBJETIVOS

- Determinar el contenido de cobre, hierro, zinc, plomo, cadmio, cobalto, calcio, magnesio, sodio, potasio, selenio y mercurio en sangre entera de crías de lobo marino californiano.
- Describir, si es que existe, la correlación de dichos elementos minerales con el sexo del animal y la isla de la que procede la muestra.
- Contribuir al establecimiento de valores de referencia en animales sanos.

## MATERIAL Y MÉTODO

El muestreo del que se obtuvo el material de estudio de este trabajo, se realizó en las colonias de Lobo Marino Californiano de las islas del Alto Golfo de California; específicamente se tomaron muestras de crías de *Zalophus californianus* de las islas de:

Isla San Esteban.

Isla San Jorge.

Isla Lobos o El Coloradito.

Isla Ángel de la Guarda.

La colección de las muestras se realizó durante la época reproductiva (mayo - julio), en la segunda mitad del mes de junio de 1995.

Para establecer las relaciones y correlaciones entre parámetros morfológicos y clínicos con la concentración de los elementos minerales, se utilizó el método estadístico de regresión de mínimos cuadrados y sistema de correlación(4).

La determinación de la concentración de cada elemento se realizó mediante el empleo del Espectrofotómetro de Absorción Atómica. Para la atomización se utilizó una flama de aire - acetileno que alcanza los 2300° C.

### MUESTREO:

- ▶ Selección de las zonas a muestrear.
- ▶ Elección al azar del animal y captura del mismo sujetando sus aletas caudales. Una vez capturado, se sujetó al animal de la siguiente forma:(23)
- ▶ Una persona coloca un pañuelo sobre sus ojos (con el objeto se reducir el estrés) y sujeta la cabeza por la base del hueso occipital.

► Colección de datos del animal, tales como sexo, peso aproximado, temperatura corporal (que se vuelve a medir al término del manejo), FCy FR.

► Después, otra persona sujeta ambas aletas pectorales uniéndolas sobre la espalda del animal, que se coloca en decúbito ventral.

► Una tercera persona sujeta las aletas caudales de forma que estén extendidas y tratando que la cadera permanezca inmóvil.

► Se traza un triángulo equilátero imaginario entre las dos trocánteres femorales y la columna vertebral.

► Se toma una jeringa con aguja amarilla (calibre 20) que se inserta perpendicularmente a la piel del animal, a la mitad de uno de los lados del triángulo (el que va de la tuberosidad femoral a la columna) inclinándola un poco lateralmente. Esto permite puncionar la vena Glútea Caudal.

► Se ejerce vacío jalando el émbolo hasta que se localiza el sitio ideal y se obtiene la sangre necesaria.

► Se coloca en un tubo de autollenado al vacío. En este caso, se usaron tubos con anticoagulante, unos con EDTA y otros con citrato de sodio pues las muestras fueron primero utilizadas para realizar biometrías hemáticas.

► Se transportaron en hieleras de polietileno con hielo y se conservaron en refrigeración y congelación hasta su procesamiento.

### **PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS :**

Se realizó en el laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia en Ciudad Universitaria, de la siguiente forma:(26)

► Pesaje de las muestras con balanza analítica.

► Paso a matraces de micro Kieldahl.

► Adición de 5ml. de ácido nítrico y 3 esferas de cristal por muestra.

► Reposo por 24 horas.

► Digestión por 6 horas y 2 más con la adición de 2ml de ácido perclórico a 60°C.

► Aforado a 25 ml., almacenamiento en frascos de plástico de 60 ml.

- ▶ Dilución de muestra original aforada a 25 ml., a 1:10 y 1:100 en tubos de ensaye de vidrio según el rango de detección del elemento.
- ▶ Lectura de las muestras en espectrofotómetro. Para la cuantificación e identificación del Ca, Cu, Cd, Mg, Fe, Pb y Zn, se utilizaron las lámparas de cátodo hueco de cada elemento y a la longitud de onda específica. La mezcla de gases y estándares fueron las establecidas por el fabricante del instrumento en el manual de operaciones. El Na y K se midieron por emisión atómica con flama de aire - acetileno y las demás condiciones señaladas en el manual de operación. El Se y Hg se midieron con un generador de hidruros acoplado al espectrofotómetro de absorción atómica con vapor frío para el Hg y caliente para el Se, igualmente con las demás condiciones señaladas en el manual de operación .

## RESULTADOS :

Primeramente, algunos datos de los animales muestreados se especifican en la tabla 1. Como podrá verse, se tomaron como base 17 muestras. Todas fueron procesadas, sin embargo, 2 de ellas fueron eliminadas en el reporte de los resultados: la muestra número 11 resultó ser demasiado pequeña, su peso fue sólo de .668 g, por lo que los resultados de ella obtenidos no son confiables. La muestra número 14, con un Ht de 29, dió una concentración muy baja en Fe (58.9 mg/l), muy baja en Cu (1.9 mg/l) y muy alta en Se (1.37 mg/l), por lo que se consideró atípica; posiblemente se debió a un error en el manejo de la muestra, aunque no hay que descartar una anemia hipocrómica como causa, o consecuencia, del bajo nivel de Fe y Cu (1).

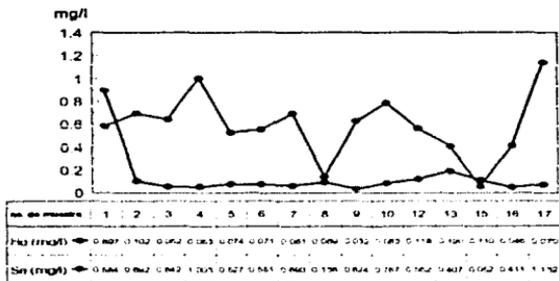
No. muestra	Sexo	Anticoagulante	Hematocrito (%)	Procedencia del animal
1	H	EDTA	44	I. San Esteban
2	H	Citrato de Na	-	I. San Jorge
3	H	Citrato de Na	46	
4	H	Citrato de Na	34	
5	H	Citrato de Na	44	
6	H	Citrato de Na	36	
7	M	Citrato de Na	-	
8	H	Citrato de Na	-	
9	M	Citrato de Na	31	
10	M	EDTA	-	
11	M	EDTA	12	I. Ángel de la Guarda
12	H	EDTA	38	
13	M	EDTA	17	
14	M	Citrato de Na	29	
15	H	Citrato de Na	36	
16	M	Citrato de Na	38	
17	H	Citrato de Na	-	

tabla 1

Procedencia, sexo y hematocrito de los animales muestrados, así como el anticoagulante empleado para la conservación de la muestra.

En seguida, los resultados obtenidos de la medición de los elementos minerales, una gráfica de sus concentraciones y un ajuste tentativo de los rangos en que entran los resultados obtenidos.

## Hg y Se

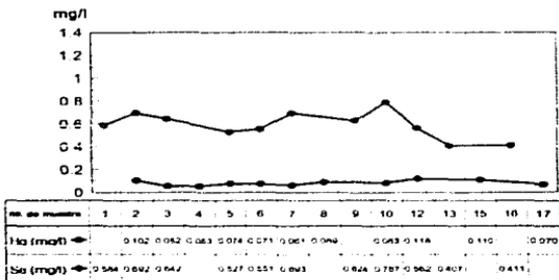


gráfica 1  
Concentración de Mercurio y Selenio

Al eliminar los valores más altos y más bajos, se obtienen rangos más estrechos para las líneas de ambos elementos:

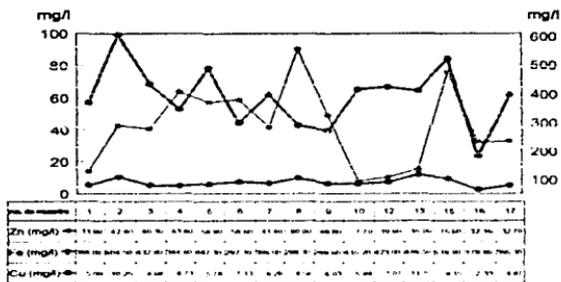
**Hg** : de 15 valores, 11 entran en el rango de  $.05 - .12$  mg/l.

**Se** : de 15 valores, 11 entran en el rango de  $.4 - .8$  mg/l.



gráfica 1.1  
Concentración de Mercurio y Selenio. Ajusto de la Gráfica

## Cu, Zn y Fe



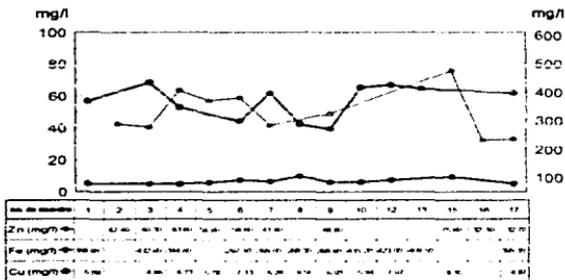
gráfica 2  
Concentración de Zinc, Hierro y Cobre

Al eliminar los valores más altos y más bajos, se obtienen rangos más estrechos para las líneas de los tres elementos:

**Cu** : de 15 valores, 12 entran en el rango de 4.7 - 9.6 mg/l .

**Zn** : de 15 valores, 10 entran en el rango de 30 - 80 mg/l .

**Fe** : de 15 valores, 11 entran en el rango de 260 - 440 mg/l .



gráfica 2.2  
Concentración de Zinc, Hierro y Cobre. Ajuste de la Gráfica

## Ca, K y Na

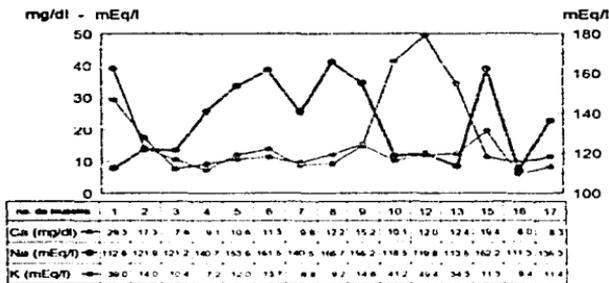


Gráfico 3  
Concentración de Calcio, Sodio y Potasio

Al eliminar los valores más altos y más bajos, se obtienen rangos más estrechos para las líneas de dos de los tres elementos:

**Ca** : de 15 valores, 11 entran en el rango de **7.5 - 15.5 mg/dl**.

**K** : de 15 valores, 11 entran en el rango de **7 - 15 mEq/l**.

**Na** : valores muy irregulares, rango mínimo de **111.3 - 165.7 mEq/l**.

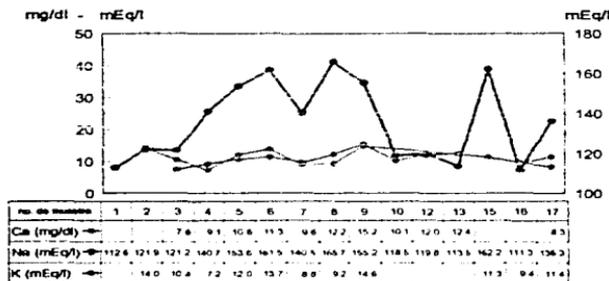


Gráfico 3.1  
Concentración de Calcio, Sodio y Potasio. Ajuste de la Gráfica

## Mg, Pb, Cd y Co

Los resultados de la medición del Mg no son confiables y hay demasiada disparidad en los resultados. No fueron graficados.

Las concentraciones de Pb, Cd y Co fueron menores al límite de detección.

En la tabla siguiente, el promedio de las mediciones obtenidas para cada elemento mineral y, para algunos de ellos, las concentraciones normales que reporta la literatura:

Elemento Mineral	Concentración obtenida	Concentración reportada
Hg	0.14 mg/l	-
Se	0.59 mg/l	-
Zn	41.9 mg/l	-
Fe	388.7 mg/l	-
Cu	6.7 mg/l	-
Ca	14.5 mg/dl	8.2-10.6 (6,22)
Na	135.6 mEq/l	140-154 (6,22)
K	18.4 mEq/l	3.0-5.9 (6,7,22)
Mg	115.5 mg/l	-
Pb	n.d.	-
Co	n.d.	-
Cd	n.d.	-

tabla 2  
Concentraciones promedio obtenidas de todos los elementos minerales medidos.

La tabla anterior expresa el promedio de todas las concentraciones obtenidas, exceptuando a las muestras eliminadas, que son la 11 y la 14. El rango que se obtuvo para cada elemento es muy amplio, sin embargo, si observamos las tablas 1.1, 2.1 y 3.1 podemos ver los rangos más estrechos en los que entra la mayoría de los valores y que son más representativos pues eliminan los valores más alejados de la media. Aún cuando el número de muestras no es muy grande, los resultados pueden servir de referencia a posteriores estudios ya que es muy difícil encontrar valores en la literatura.

Para el Mg, los resultados fueron tan dispares (el rango obtenido va de 58.3-225 mg/l), que podemos desecharlos pues no se consideran confiables. Estos resultados se deben a la interferencia que se produce al medir Mg por espectrofotometría de absorción atómica en muestras ricas en Na y K ya que presentan longitudes de onda muy similares.

Las mediciones de Na más altas fueron, como cabía esperar, las de los tubos que contenían Citrato de Na como anticoagulante. Es importante señalar que, aún así, el promedio general cae por abajo del límite inferior reportado en la literatura. La razón de esto puede atribuirse a que lo reportado para Na es medido en suero o plasma, no en sangre entera y, si tomamos en cuenta que casi todo el Na es extracelular y que sus concentraciones intracelulares son mínimas, entenderemos porque los resultados obtenidos en sangre entera son concentraciones menores: hay mayor cantidad del medio que actúa como solvente, pues estamos midiendo el interior de las células sanguíneas, y la concentración de Na se ve diluida.

El promedio de concentración de K es mucho mayor al límite más alto reportado pero, al igual que con el Na, lo que se reporta en las fuentes bibliográficas son resultados de suero o plasma, no sangre entera. Como el K está principalmente concentrado en el medio intracelular, no es de extrañar que sus concentraciones en sangre entera sean muy superiores a las de suero o plasma.

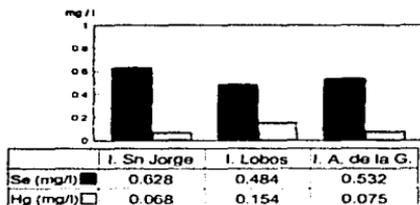
#### RELACIÓN SEXO - CONCENTRACIÓN :

Al observar los promedios de las concentraciones de acuerdo con el sexo del animal del que provenía la muestra, se observó que las de Hg, Fe y Zn eran mayores en las hembras que en los machos. Sin embargo, al correr el

método estadístico para determinar si la diferencia era significativa, resultó que sólo lo era para el Fe y el Zn. La diferencia entre las concentraciones de Hg en hembras y machos no es estadísticamente significativa, aún cuando se ha reportado la existencia de una relación entre el sexo y la concentración de Hg en distintos órganos de algunos mamíferos marinos. Se determinó, pues, que existe una posible relación entre el sexo de la cría de lobo marino y la cantidad de Fe y Zn en sangre entera, quedando que el promedio para hembras era de 416 mg/l de Fe y 48.4 mg/l de Zn; y para machos, de 334 mg/l de Fe y 29 mg/l de Zn. Es importante recalcar que esto expresa la posibilidad de la relación sexo - concentración, no lo determina con certeza absoluta (16). En los otros elementos minerales, las diferencias en los promedio de hembras y machos fueron tan pequeñas que no justificaron siquiera el probar si eran estadísticamente significativas.

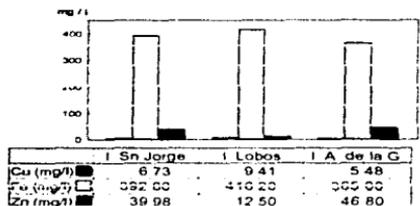
En cuanto a las diferencias entre islas, y según lo observado en las gráficas 4.1, 4.2 y 4.3, podríamos decir que la concentración de Se es mayor en San Jorge, las de Hg y K en Lobos, así como la de Zn es menor en esta isla que en San Jorge o Ángel de la Guarda. Pero eso es lo que observamos en este muestreo, no podríamos afirmar con certeza si las concentraciones varían de acuerdo con las islas, no con este número de muestras. Sería muy interesante hacer muestreos más extensos y comprobar si realmente estas diferencias de concentración tienen relación con la zona en que habita el animal, lo cual sería muy probable, especialmente para los metales pesados que contaminan el medio marino, como Hg, Cu y Zn.

A continuación, unas gráficas expresando los promedios de concentración por isla:



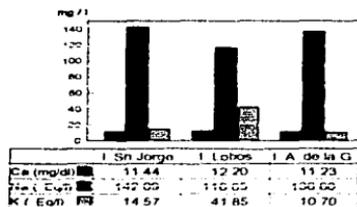
gráfica 4.1

Concentraciones de Se y Hg por isla



gráfica 4.2

Concentraciones de Cu, Fe y Zn por isla



gráfica 4.3

Concentraciones de Ca, Na y K por isla

## CONCLUSIONES :

Reportamos aquí las concentraciones promedio de 8 elementos minerales en la sangre entera de crías de lobo marino californiano de 4 islas del Alto Golfo de California : Hg, Se, Cu, Fe, Zn, Ca, K y Na. Los valores obtenidos para el Mg no fueron resultados confiables debido a la interferencia de otros elementos con longitud de onda similar (Na y K), por lo que sería recomendable utilizar otro método en la medición de este elemento en muestras de sangre entera, pues estas son ricas en Na y K.

La sangre entera resultó ser útil para determinar las concentraciones de los elementos minerales en el organismo. Aunque no el mejor, es un indicador confiable y, aún cuando su obtención no sea muy sencilla, pues requiere de una completa restricción física del animal, es la muestra más accesible que podemos obtener de un animal vivo. El utilizar plasma o suero, en vez de sangre entera, tiene la ventaja de que los resultados son más fáciles de comparar con datos bibliográficos.

Se trataron de establecer rangos donde entraran la mayoría de los valores; en algunos casos fue posible, pero es necesario realizar muestreos más extensos para poder establecer rangos normales para cada elemento mineral. El encontrar un valor normal para cada elemento es altamente importante en el estudio de la especie y del efecto que sobre ella tienen las alteraciones al medio acuático en que desarrolla gran parte de su ciclo de vida.

Se detectó una posible relación entre el sexo del animal y la cantidad de Fe y Zn en su sangre. Se observó una diferencia entre las concentraciones de algunos elementos (Se, Hg, K y Zn) correspondiente con la procedencia del animal, pero no es posible determinar si esta diferencia obedece realmente a una influencia del medio ambiente debido al número tan reducido de muestras por cada isla.

Posteriores muestreos harán posible el establecer rangos normales, variaciones por sexo y por isla. Este es sólo el primer paso.

## BIBLIOGRAFÍA:

- 1) Coles, E.H. : VETERINARY CLINICAL PATHOLOGY. 4th edition, WB Saunders Co. USA, 1986
- 2) Cruwys, E.; Robinson, K. and Davis, N.R.: MICROPROBE ANALYSIS OF TRACE METALS IN SEAL TEETH FROM SVALBARD, GREENLAND, AND SOUTH GEORGIA, Polar Rec., 30: 49-52 (1994)
- 3) Curtius, H. Ch. and Roth, M.: CLINICAL BIOCHEMISTRY, PRINCIPLES AND METHODS, Vol. I y II. WALTER DE GRUYTER & Co., Berlin, Alemania, 1974
- 4) Daniel, W.: BIOESTADÍSTICA. 3a. ed. Editorial LIMUSA, México, 1993.
- 5) Desai, D, and Moorthy, K.S.: EFFECTS OF HEAVY METALS FROM ANTIFOULING COMPOUNDS ON THE MAMMALIAN CENTRAL NERVOUS SYSTEM, Marine Biodeterioration : Advanced Techniques Applicable to Indian Ocean : 769-779
- 6) Dierauf, L.A.: HANDBOOK OF MARINE MAMMAL MEDICINE. CRC Press. USA, 1990
- 7) Fowler, E. M.: ZOO & WILD ANIMAL MEDICINE. W. B. SAUNDERS Co., U. S. A., 1986
- 8) Frank, A., Galgan, V. and Petersson, L.R.: METAL CONCENTRATIONS IN SEALS FROM SWEDISH WATERS, SWEDEN. AMBIO, 8: 529-538 (1992)
- 9) Henry, R.J.; Cannon, D.C. and Winkelman, J.W.: CLINICAL CHEMISTRY, PRINCIPLES & TECHINICS. 2nd edition. Harper & Row, publishers. USA, 1974
- 10) Herrera, E.: BIOQUÍMICA. 2a edición, Editorial Interamericana. España, 1991.
- 11) Hoffman, W.S.: THE BIOCHESTRY OF CLINICAL MEDICINE. 4th edition. Year Book Medical Publishers, INC. Chicago, USA, 1973
- 12) Jameson, E. W. and Pecters, H. J.: CALIFORNIA MAMMALS, CALIFORNIA NATURAL HISTORY GUIDES. UNIVERSITY OF CALIFORNIA PRESS, Berkeley, California, U.S.A., 1986
- 13) Joiris, C.R.; holsbeck, L.; Bouqueneau, J.M. and Bossicart, M. : MERCURY CONTAMINATION OR THE HARBOUR PORPOISE

*phocoena phocoena* AND OTHER CETACEANS FROM THE NORTH SEA AND THE KATTEGAT, Water, Air Soil Pollut., **56** : 283-293

14) Malcolm, H.M.; Boyd, I.L.; Osborn, D.; French, M.C. and Freestone, P.: TRACE METALS IN ANTARTIC FUR SEAL'S (*Arctocephalus gazella*) LIVERS FROM BIRD ISLAND, SOUTH GEORGIA, Mar. Pollut. Bull., **28**: 375-380

15) MEMORIAS DEL CURSO: BASES QUÍMICAS DE ORGANIZACIÓN EN EL HOMBRE Y LOS ANIMALES DOMÉSTICOS. FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES - CUAUITTLAN. México, 1996

16) Mendenhall; Scheaffer y Wackerly: ESTADÍSTICA MATEMÁTICA CON APLICACIONES. Gpo. Editorial Interamerica, USA, 1986

17) Miles, A.K.; Calkins, D.G. and Coon, N.C.: TOXIC ELEMENTS AND ORGANOCHLORINES IN HARBOR SEALS (*Phoca vitulina richardsi*), KODIAK, ALASKA, USA. Bull. Environ. Contam. Toxicol., **48**: 727-732 (1992).

18) Nigro, M.: MERCURY AND SELENIUM LOCALIZATION IN MACROPHAGES OF THE STRIPED DOLPHIN, *Stenella coeruleoalba*, J. Mar. Biol. Assoc. U.K., **74**: 975-978

19) Paludan-Mueller, P; Agger, C.T., Dietz, R. and Kinze, C.C.: MERCURY, CADMIUM, ZINC, COPPER AND SELENIUM IN HARBOUR PORPOISE (*Phocoena phocoena*) FROM WEST GREENLAND, Polar Biol., **13**: 311-320 (1993)

20) Reeves, R.R.; Stewart, B. S. and Leatherwood, S.: THE SIERRA CLUB HANDBOOK OF SEALS & SIRENIANS. San Francisco, California. U.S.A., 1992

21) Ridgway, S. H. and Harrison, R. J.: Handbook of Marine Mammals, Vol. I. ACADEMIC PRESS, London, England, 1981.

22) Rolletto, J: HEMATOLOGY AND SERUM CHEMISTRY VALUES FOR CLINICALLY HEALTHY AND SICK PINNIPEDS. Journal of Zoo and Wildlife Medicine, **24**: 145-157 (1993)

23) Sánchez, C. L.: MANUAL DE MANEJO DEL LOBO MARINO CALIFORNIANO, *Zalophus californianus* EN CAUTIVERIO. Tesis de Licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. , 1994

- 24) Spinetti : MANUAL DE BIOQUÍMICA. 4a edición. Editorial Científico - Médica. España, 1964
- 25) Teigen, S.W; Skaare, J.U.; Bjoerge, A.; Degre, E. and Sand, G.: MERCURY AND SELENIUM IN HARBOUR PORPOISE (*phocoena phocoena*) IN NORWEGIAN WATERS, Environ. Toxicol. Chem., **12**: 1251-1259
- 26) Tovar, L.A.: COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE Cu, Fe, Cd Y Pb ENTRE MUESTRAS DE PELO Y DE OTROS DIVERSOS TEJIDOS, EN EL LOBO MARINO CALIFORNIANO (*Zalophus californianus*) EN LA LOBERA DE LA ISLA GRANITO. Tesis de Licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot., Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1995
- 27) Trigo, F. J.: PATOLOGÍA SISTEMICA VETERINARIA. 2a. edición. Editorial INTERAMERICANA McGRAW - HILL, México, 1992.