

256
2es



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Trabajo Final Escrito de la Práctica
Profesional Supervisada

COMPARACION DE LAS CONCENTRACIONES DE
COBRE, HIERRO, CADMIO Y PLOMO ENTRE
MUESTRAS DE PELO Y DE OTROS DIVERSOS
TEJIDOS, EN EL LOBO MARINO DE CALIFORNIA
(Zalophus californianus californianus), EN LA
LOBERA DE LA ISLA GRANITO.

En la Modalidad de :
Medicina, Manejo y Cirugía de Fauna Silvestre

PRESENTADO ANTE LA DIVISION DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P O R

LUIS ANTONIO TOVAR SCHOENER

Asesores: M. V. Z. Carlos Godínez Reyes
M. V. Z. René Rosiles Martínez



México, D. F.

Febrero de 1995.

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

TRABAJO FINAL DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE COBRE, HIERRO, CADMIO Y
PLOMO ENTRE MUESTRAS DE PELO Y DE OTROS DIVERSOS TEJIDOS, EN
EL LOBO MARINO DE CALIFORNIA (*Salophus californianus*
californianus), EN LA LOBERA DE LA ISLA GRANITO.

EN LA MODALIDAD DE:

MEDICINA, MANEJO Y CIRUGÍA DE FAUNA SILVESTRE

PRESENTADO ANTE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

DE LA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DE LA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

POR

LUIS ANTONIO TOVAR SCHOENER

M.V.Z CARLOS GODÍNEZ REYES - ASESOR

M.V.Z. RENÉ ROSILES MARTÍNEZ - ASESOR

México, D.F. a 26 de febrero de 1995.

Dedico este trabajo a la memoria de mis padres,
Aurelio Tovar y Rosario Schoener,
deseando que pudieran estar presentes
para compartir esta vida con todos nosotros,
y a Ursula y Eric, con todo mi amor.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer la participación en la realización de este trabajo del M.V.Z. Janitzio Benitez, y de todo el personal del laboratorio de Toxicología de la F.M.V.Z.

Otro agradecimiento especial para el M.V.Z. Eduardo Fonseca Mendiola y el M.V.Z. Romeo Sánchez Campos, del Zoológico de Zacango, por su apoyo personal.

Un agradecimiento más para el M. en C. y candidato a Doctor en Ciencias por parte del CISESE (Baja California) Alfredo Zavala González, sin cuya participación hubiera sido imposible realizar este trabajo.

CONTENIDO

1. Resumen	1
2. Introducción	3
3. Hipótesis	10
4. Objetivo	10
5. Procedimiento	19
6. Resultados	22
7. Discusión	23
8. Literatura citada	26

TOVAR SCHOENNER LUIS ANTONIO. COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE COBRE, HIERRO, CADMIO Y PLOMO ENTRE MUESTRAS DE PELO Y DE OTROS DIVERSOS TEJIDOS, EN EL LOBO MARINO DE CALIFORNIA (*Zalophus californianus californianus*), EN LA LOBERA DE LA ISLA GRANITO:
FPS - MODALIDAD DE MEDICINA, MANEJO Y CIRUGÍA DE FAUNA SILVESTRE.
(Bajo la supervisión del M.V.Z. Carlos Godínez Reyes y del M.V.Z. René Rosiles Martínez)

RESUMEN:

El presente trabajo se propone determinar la relación existente entre la concentración de cobre, hierro, cadmio y plomo en muestras de pelo, por una parte, y de algunos otros tejidos (óseo, hepático, renal, encéfalo y piel), por otra, en el organismo del lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*). Dichas concentraciones fueron determinadas mediante espectrofotometría de absorción atómica, hallándose en las muestras concentraciones de Cu y Fe dentro de los valores de referencia (rangos normales). Estas concentraciones sugieren la posibilidad de usar el pelo como muestra para determinar la concentración de Cu y Fe en el organismo, si bien fue imposible correlacionar en forma precisa las concentraciones en el pelo con las de los otros tejidos usados. Los resultados señalan que, en el caso particular del lobo marino, el cadmio no se acumula significativamente en el pelo. En dos de los cinco animales muestreados se observa una aparente relación entre las concentraciones de Pb en el pelo y en el tejido óseo, si bien la relación cuantitativa entre ambas mediciones no fue constante.

Por lo anteriormente expuesto se recomienda realizar estudios más extensos al respecto de la relación existente entre las concentraciones de Cu, Fe y Pb en el pelo y en otros tejidos, particularmente el tejido óseo.

INTRODUCCIÓN:

El Golfo de California es una región con características únicas en el mundo, y las islas situadas en esta zona marítima constituyen asimismo regiones únicas (3).

La zona de las grandes islas es una de las más ricas del Golfo. Se encuentran en ella, dentro de la biodiversidad que albergan, un alto porcentaje de endemismos. Cada una de las islas, debido a sus peculiares combinaciones de características biogeográficas, geográficas, climáticas y topográficas, constituye una entidad única desde el punto de vista evolutivo (3).

La Isla Granito se sitúa frente a la Bahía del Refugio (Puerto Refugio), en la punta norte de la Isla Angel de la Guarda, en el Golfo de California o Mar de Cortés (18).

La Isla Angel de la Guarda es la segunda mayor isla del Golfo de California, después de la Isla Tiburón. Tiene una longitud de 67.68 km, con un máximo de 77 km de longitud y de 20 km de ancho, y una superficie total de 895 km cuadrados (10). Su clima es árido y desértico, con una precipitación pluvial anual inferior a los 100 mm anuales, y una temporada de lluvias entre junio y octubre. Su temperatura ambiental oscila entre los 14 y los 16°C en enero, y entre los 27 y los 28° centígrados en julio, registrándose temperaturas máximas de 38 a 43°C. La temperatura superficial del agua varía en promedio entre los 15 y 16°C en enero, y entre los 27 y 28°C en julio. De noviembre a mayo prevalecen en las regiones costeras los vientos del noroeste (18).

Geográficamente, la isla Angel de la Guarda se localiza entre los 29° 00' y los 29° 34' de latitud norte, y entre los 113° 33' y

los 113° 09' de longitud oeste. Se encuentra a 33 km al noreste del poblado de Bahía de los Angeles, Baja California Norte, y la separa de la Península de Baja California el Canal de Ballenas (10). Posee picos que alcanzan una altura de entre 915 y 1315 m.s.n.m. El perfil de la isla es irregular y rocoso (17).

La isla Granito es pedregosa y árida, y tiene playas rocosas, de cantos rodados y de arena. En su costa sureste, junto a la baliza, se encuentran los restos de un campo de pescadores. El acceso por mar a la isla es fácil por cualquiera de sus costas. El punto de máxima altura se eleva a 50 metros sobre el nivel del mar (18).

La lobera ocupa casi toda la costa de la isla, sobre playas de arena, de cantos rodados y de guijarros (18). El 16 de noviembre de 1994 se realizó un conteo de la población de lobos en la isla, arrojando los siguientes resultados (por A. Zavala, C. Cedinas y P. Espino, datos inéditos):

Conteo poblacional diferencial en la lobera de la Isla Granito:

crios	136
juveniles	195
hembras	285
machos subadultos	54
machos adultos	36
total de animales	706

Zavala (18) señala que en la lobera "Los Cantiles" de la Isla Angel de la Guarda los porcentajes por edades son los siguientes:

crios	26 - 31%
juveniles	11 - 23%
hembras	39 - 43%
machos subadultos	2 - 1%
machos adultos	6 - 8%

Diversos factores determinan la fauna presente en las islas del Golfo de California: la distancia de éstas a tierra firme, su origen geológico, el periodo de aislamiento que experimentaron, sus dimensiones, la presencia o ausencia en ellas de agua dulce, su diversidad de hábitats, la presencia de fuentes de alimento, su diversidad botánica y la capacidad de dispersión de los diferentes organismos colonizadores (10).

El orden Pinnipedia comprende al suborden Otarioidea (focas, lobos marinos y morsas). El lobo marino pertenece a la familia Otariidae, género *Zalophus*, que comprende tres subespecies, clasificadas según su distribución geográfica: el *Zalophus californianus japonicus*, de la isla de Honshu, en el Japón; el *Zalophus californianus wolfebaeki*, presente en las islas Galápagos, y el *Zalophus californianus californianus*, que habita a lo largo de la costa occidental de Norteamérica, desde Canadá hasta la Bahía de Banderas, Jalisco, abarcando todo el Golfo de California (5, 6, 12).

La subespecie *Zalophus californianus californianus*, o lobo marino de California, que habita la lobera reproductiva de la Isla Granito, es la utilizada en este trabajo. Esta subespecie es considerada el pinnipedo más abundante y de más amplia distribución en el Pacífico Mexicano. La población de esta especie que habita la costa occidental de la Península de California equivale al 45% de la población total mundial, correspondiendo el 14 por ciento de este total al Golfo de California (17).

El lobo marino macho alcanza la madurez sexual a los 9 años de edad, mientras que la hembra alcanza dicho punto de desarrollo a los 6 u 8 años. Cada macho se aparea, en promedio, con 16 hembras.

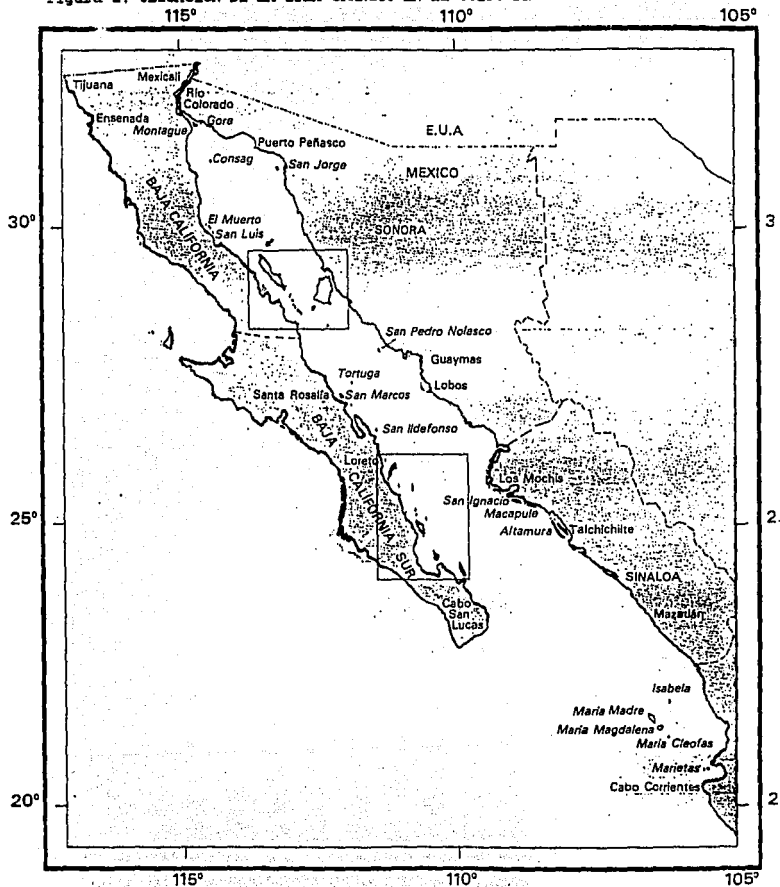
Las hembras vuelven a presentar estro de 2 a 4 semanas *postpartum* (son poliéstricas estacionales). La gestación dura 11 meses. Las hembras presentan implantación retardada, permaneciendo el blastómero en el útero durante 2 a 3 meses antes de realizarse su implantación. Dicho mecanismo reproductivo asegura que la cría nazca en la mejor época del año, lo que incrementa sus posibilidades de supervivencia. El intervalo entre partos es de 1 a 2 años (5, 11).

Se conocen 40 loberas en el Golfo de California; de ellas 13 son reproductivas, y albergan a cerca del 93% de la población total de Lobo marino durante el periodo reproductivo. Otras 18 no son reproductivas, y en ellas se encuentra el 7% de la población, mientras que las restantes 9 son paraderos, en donde se encuentran pocos animales (17).

Los nacimientos tienen lugar desde la cuarta semana de mayo hasta la cuarta semana de junio. A principios y mediados del verano las hembras tienen, en su mayor parte, crías lactantes (17).

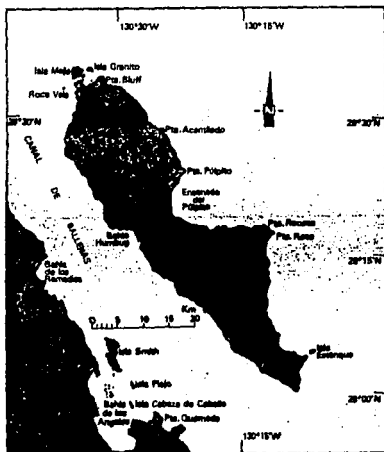
Las autoridades federales mantienen una veda permanente sobre la especie en todo el país, y desde 1991 ésta quedó incluida en el *Listado de Protección Especial*. Los lobos marinos habitan, además, islas que pertenecen al *Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas* de México (SINAP). Dichas islas son una zona de reserva y refugio de aves migratorias y fauna silvestre. Gracias a estas acciones y a la alta tasa de recuperación de la especie -que durante años estuvo en peligro de extinción-. actualmente se estima su población entre 75,000 y 153,000 ejemplares (11, 17).

Figura 1. UBICACIÓN DE LA ISLA GRANITO EN EL GOLFO DE CALIFORNIA.



Adaptado de: Ecurillón, L., Islas del Golfo de California, 1ª edición, Secretaría de Gobernación/U.N.A.H., (1988).

Figura 2. UBICACIÓN DE LA ISLA GRANITO, FRENTE A LA ISLA ANGEL DE LA GUARDA, EN EL GOLFO DE CALIFORNIA O MAR DE CORTÉS.



Adaptado de: Sourillón, L., *Islas del Golfo de California*, 1ª edición, Secretaría de Gobernación/U.N.A.M., (1988).

Sin embargo, y pese a la veda permanente, el lobo marino es aprovechado en distintas formas en el territorio mexicano: a) mediante la pesca de fomento y didáctica, b) por medio de su captura con fines comerciales -por particulares-, mediante franquicia y c) debido a capturas incidentales o realizadas por pescadores, que lo destinan a carnada para la pesca del tiburón (17).

El turismo que visita el Golfo de California, atraído por sus bellezas naturales o por la pesca deportiva, es más abundante cada año. Es necesario implementar una adecuada legislación y control del mismo, para conservar el medio ambiente de las islas (3). La implementación de un programa de investigación y protección en las islas del Golfo de California representa un esfuerzo interdisciplinario e interinstitucional. Mantener su permanencia y continuidad a lo largo del tiempo será la clave del éxito (3).

Se han realizado anteriormente diversos estudios para detectar la concentración de distintos metales en el organismo de diferentes especies de pinnípedos, particularmente en el lobo marino (géneros *Zalophus*, *Arctocephalus*, etc.), y en especial en muestras de hueso. La concentración de Cu y Fe en los tejidos es usada como un indicador del estado nutricional de los animales (*). De entre los metales sobresalen por su importancia como contaminantes ambientales, entre otros, el plomo, el cadmio y el mercurio (*, 16).

(*) Rosiles, M.R., M.V.E.: comunicación personal, F.M.V.E., U.N.A.M., 1995.

El cobre y el molibdeno son elementos metálicos esenciales para las plantas y animales (4).

Los procesos metabólicos que involucran al cobre, al molibdeno y al sulfato inorgánico guardan íntima interrelación y son extremadamente complejos. Otros elementos que afectan a esta interacción son principalmente el manganeso, el zinc y el hierro (4).

La deficiencia de cobre en las especies monogástricas produce anemia, deformaciones óseas y falta de calcificación, edema cerebral y necrosis cortical, acromotriquia, resorción fetal y ruptura aórtica. Al experimentar los animales una deficiencia nutricional cúprica disminuyen las concentraciones de ceruloplasmina y cobre en el suero, y las de citocromo oxidasa y cobre en los tejidos (4).

Existe una relación inversa entre la concentración necesaria de cobre en la dieta, y la concentración de molibdeno y sulfato inorgánico de la misma (4).

La concentración orgánica normal del cobre en los animales adultos es de 0.0002 a 0.00025 por ciento, es decir 30 veces menor que la de hierro. Los animales recién nacidos (con excepción de los corderos) contienen más cobre, tal vez debido a la mayor concentración de éste en el hígado (7).

En una oveja adulta, con niveles altos de cobre, la distribución tisular de este metal fue la siguiente: hígado, 72 - 79%; tejido muscular, 8 - 12%; piel y pelo, 9%; esqueleto, 2% (7).

Por otra parte, los rangos de concentración de cobre en los tejidos de diversos animales domésticos fueron las siguientes ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$ de tejido fresco):

Sangre entera	80 - 120
Hígado	800 - 10,000
Bazo	120 - 1,200
Riñón	200 - 400
Corazón	300 - 400
Músculo esquelético	200 - 300
Encéfalo	50 - 530
Tejido óseo	370 - 4,000

Los tejidos corporales pueden dividirse en tres grupos, en función de su contenido de cobre: de alto contenido (hígado, encéfalo, bazo, tejido óseo, piel y pelo); de contenido medio (tejido muscular, riñones, páncreas y corazón) y de bajo contenido (glándulas endócrinas, gónadas) (7).

La concentración de cobre en el músculo esquelético, corazón, glándulas endócrinas y riñones es relativamente independiente del aporte dietético de cobre. En otros órganos, sobre todo el hígado, bazo, encéfalo y huesos, la concentración de cobre depende directamente del aporte dietético del mismo (7).

En lo que respecta al **hierro**, su concentración tisular es uno de los índices usados para medir el estado nutricional de un animal (*). Se encuentra ampliamente en las plantas y animales, de los cuales es un componente esencial (7).

La concentración de hierro en el cuerpo de los animales adultos promedia de 0.005 a 0.006 %, calculado en base húmeda, y 0.14 a

(*) Rosiles, M.R., N.V.E.: comunicación personal, F.M.V.E, U.N.A.M., 1985.

0,17 % en base a cenizas. Esta concentración es el doble de la del zinc, y 30 veces la del cobre. Con excepción de los conejos, los animales recién nacidos parecen contener una proporción menor de hierro que los animales adultos, pero la variación cronológica en la concentración del hierro no parece ser cualitativamente la misma para todas las especies animales. Una simple yuxtaposición de animales recién nacidos y adultos no refleja las verdaderas variaciones que experimenta, con la edad, la concentración orgánica del hierro (7).

Prácticamente todo el hierro en el organismo se encuentra en forma de compuestos orgánicos. Sin embargo, una pequeña proporción de éste se halla como iones orgánicos libres. Los compuestos orgánicos son de dos tipos: aquellos en que el hierro es hemático (es decir, que forma parte de un agrupamiento porfirínico) y aquellos en que el hierro no es hemático. Al primer grupo corresponden la hemoglobina, la mioglobina y las enzimas que contienen grupos heme (citocromos, citocromo oxidasa, catalasa, peroxidasa). El hierro no hemático se halla en la transferrina, ferritina, hemosiderina, y como ciertos proteínatos de hierro, incluidas las ferroflavoproteínas (7).

Puesto que tres cuartas partes del hierro corporal se encuentran en la hemoglobina y mioglobina, las máximas concentraciones se hallan en la sangre y en los órganos que tienen funciones hematopoyéticas, hemolíticas y de almacenaje. A grandes rasgos, cerca de un 65 % del hierro total se halla en el torrente sanguíneo, un 10 % en el hígado, un 10 % en el bazo, un 8 % en los músculos, un 5 % en el esqueleto y un 2 % en otros órganos.

Los rangos normales de concentración del hierro en diversos tejidos de mamíferos son las siguientes (en base húmeda):

Sangre entera	20 - 45 mg	
Bazo	20 - 40 mg	
Hígado	10 - 20 mg	
Riñón	4 - 6 mg	
Corazón	4 - 8 mg	
Músculo esquelético	1.5 - 3 mg	
Encéfalo	2 - 2.5 mg	
Tejido óseo	3.5 - 4 mg	(7)

La toxicosis por hierro, o siderosis, suele ser resultado de una administración excesiva de hierro al neonato, sea por vía oral o parenteral. No se presenta en animales en estado de vida libre más que bajo condiciones particulares (4).

Por otro lado, la contaminación es definida como "la introducción en el medio ambiente, por parte del hombre, de sustancias productoras de efectos deletéreos, que pueden causar daño a los recursos vivientes, riesgos a la salud humana y animal, obstáculos a las actividades acuáticas -incluida la pesca-, deterioro de la calidad del agua para el consumo y reducción de los medios de recreo" (1, 14).

En cuanto al ~~cadmio~~, uno de los metales de importancia sobresaliente en lo referente a la contaminación ambiental, sus fuentes son las fundidoras de zinc y las fábricas de plásticos, baterías, fertilizantes y fungicidas (*, 15). Grandes cantidades

(*) Rosiles, M.R., M.V.E.: comunicación personal, F.N.V.E, U.N.A.M., I 1995.

de cadmio -en comparación con las halladas en la naturaleza- escapan de algunas minas, fundidoras y plantas metalúrgicas, galvanotécnicas y de fabricación de colorantes. Los productos de la combustión de los combustibles fósiles, sólidos o líquidos, (petróleo, diesel, carbón) pueden ser asimismo fuentes de cadmio. Los humos industriales contienen sobre todo óxido, cloruro y sulfuro de cadmio. Algunos fertilizantes pueden ser fuente de contaminación de la tierra y de las cosechas por cadmio (2).

Su toxicidad orgánica es alta, y guarda relación con otros elementos con los que interactúa, sobre todo con el zinc, cobre, hierro y selenio. La Organización Mundial de la Salud recomienda niveles máximos de ingestión total de cadmio de 1 mg/kg de peso corporal (15).

Una importante fuente de contaminación ambiental por cadmio son los fungicidas para pastos formulados en base a dicho metal. Los fungicidas que contienen cloruro de cadmio (por ejemplo, "Caddy" y "Vi-Cad") pueden contener un 12.3 % de cadmio elemental. Los fungicidas formulados en base a succinato de cadmio (por ejemplo el "Cadminate") contienen cerca de un 29 % de cadmio elemental. (4)

Este elemento es retenido tenazmente por el organismo, e interactúa con otros metales divalentes, compitiendo en el mecanismo de absorción y antagonizándolos. La toxicosis por cadmio debe diferenciarse de los cuadros clínicos por deficiencia de otros elementos a los cuales antagoniza (Cu, Fe, Zn, Se), orientándose a la localización de las posibles fuentes de contaminación y al exceso de minerales en la dieta. La determinación del cadmio hepático y renal puede ser de utilidad

diagnóstica, pues es en estos tejidos en donde se almacena preponderantemente este elemento (2, 15).

Las concentraciones de cadmio (analizadas en base húmeda) en los órganos de ganado bovino sacrificado son las siguientes:

tejido muscular	0.005 ppm	
bazo	0.006 - 0.2 ppm	
hígado	0.005 - 0.3 ppm	
riñón	0.04 - 1.66 ppm	(2)

No existen aún, en la literatura actual, datos que correlacionen los niveles de cadmio en los órganos y en el pelo, y que pudiesen correlacionarse con los síntomas clínicos de intoxicación crónica en los animales (2).

Los niveles de cadmio en el pelo del ganado son de hasta 1.83 ppm, situándose la mayoría en 0.40 ppm. La creciente contaminación del medio ambiente por cadmio posiblemente aumentará más aún los niveles normales de este elemento en los órganos (2).

El envenenamiento por plomo, o saturnismo, ha formado parte de la historia desde el año 4,000 antes de Cristo. Aún así hoy en día, con una conciencia mayor de la toxicidad asociada a dicho metal, éste es uno de los tóxicos más comunes que afectan a los animales, tanto pequeños como grandes. El plomo es la causa más común de envenenamiento en el perro; es un tóxico común en el ganado bovino y, en el área de Chicago, es responsable del 80 por ciento de todas las muertes infantiles atribuibles a envenenamientos accidentales. Cuando se considera que se extraen cerca de 500,000 toneladas de plomo de las minas sólo en los Estados Unidos, y que otro 1,000,000 de toneladas son

reutilizadas, la posibilidad de una exposición -de los animales o del hombre- a este metal no resulta sorprendente (4). La toxicosis por plomo, principal causa individual de envenenamiento en animales en el Reino Unido, constituye asimismo un peligro importante en muchos otros países (8).

El plomo es un ejemplo de metal pesado tóxico que se ha distribuido en gran escala en el medio ambiente, debido principalmente al uso de la gasolina en las máquinas de combustión interna. Se encuentra en los océanos proveniente de tierras contaminadas que son drenadas al mar y principalmente de la atmósfera, debido al uso del tetraetilo de plomo como agente antidetonante en las gasolinas (1).

El plomo se absorbe generalmente a través de los tractos gastrointestinal y respiratorio, y ocasionalmente a través de la piel (1)

El plomo sanguíneo, después de haber cesado la exposición al mismo, es movilizado y se deposita en los tejidos, especialmente en los huesos. Cerca del 90% del plomo absorbido en los humanos y animales se liga a los eritrocitos (1).

En un estudio se encontró que la concentración de plomo, en el pelo de perros intoxicados, estaba dentro de los límites normales en el 75 por ciento de los animales analizados. El límite normal superior de plomo en el pelo del perro es de 88 $\mu\text{g/g}$ de muestra (1). Otros estudios realizados en humanos señalan que existe una correlación significativa entre el plomo sanguíneo y las concentraciones de plomo en el pelo (1, 14). Grandjean (1984) sugiere que una gran proporción del plomo en el pelo de los

animales expuestos a la inhalación de este metal puede ser de origen exógeno (8).

En el Japón se analizaron muestras de plumas de cuervo, para su uso como indicador biológico del grado de la contaminación ambiental por metales pesados. Los resultados mostraron que las concentraciones de plomo y magnesio son 3 a 10 veces más altas en las plumas de los cuervos que en el pelo de la población humana analizada (13).

El plomo atraviesa rápidamente la barrera placentaria y se acumula en los tejidos óseo y hepático fetales, y en menor cantidad en los riñones, intestino, corazón, pulmón, músculo esquelético y encéfalo del producto. (1)

Los niveles sanguíneos de plomo de 0.35 ppm o mayores se consideran, en general, evidencia de una exposición inusual a dicho metal. Los niveles normales se sitúan en el rango de 0 a 0.15 ppm, y los valores promedio son de aproximadamente 0.10 ppm (1).

Los valores reportados en una investigación realizada sobre la concentración de plomo en el pelo de perros en la Ciudad de México (1) son los siguientes:

edad	Media	Rangos
10 d. a 1.5 años	4.06 ppm	8.94 a 51.38 ppm
2 a 3.5 años	34.70 ppm	18.33 a 54.54 ppm
4 a 5 años	33.13 ppm	20.86 a 50.8 ppm
> 6 años	39.77 ppm	33.33 a 45.80 ppm

HIPÓTESIS:

Es posible que la concentración de plomo, cadmio, hierro y cobre, en el pelo del lobo marino de California, sea un reflejo proporcional de las concentraciones de los mismos metales en los tejidos óseo, renal y hepático.

OBJETIVO:

La finalidad de la presente investigación es evaluar la confiabilidad del uso de las muestras de pelo para evaluar la concentración orgánica de los metales mencionados -cobre, hierro, cadmio y plomo- en el lobo marino de California (*Zalophus californianus californianus*). Para esto se recurrirá a una comparación de la concentración hallada de dichos metales en las muestras de pelo, con las detectadas en otros tejidos (hueso, hígado, encéfalo, riñón y piel), en la población de dicha especie que habita la Isla Granito, en el Golfo de California.

Los análisis para la detección de dichos metales, en las investigaciones realizadas sobre lobos marinos, suelen llevarse a cabo en base a muestras de hueso y, ocasionalmente, en tejidos de otros órganos internos (*).

El uso del pelo como tejido para el análisis de las concentraciones de metales permitiría la toma de muestras en

(*) Rosiles, M.R., N.V.Z.: comunicación personal, F.N.V.Z., U.N.A.M., I 1995.

organismos vivos, sin necesidad de realizar el complicado proceso de realizar una biopsia, y sin la limitante de ver reducida la investigación a las muestras de esqueletos o de los ocasionales cadáveres hallados en las loberas.

PROCEDIMIENTO:

Area de estudio: La lobera de la Isla Granito se localiza en la isla del mismo nombre, en el Golfo de California. La situación geográfica de la isla es aproximadamente a un kilómetro de la punta norte de la isla Angel de la Guarda, frente a la Bahía del Refugio y al puerto del mismo nombre, en el Golfo de California.

El periodo de estudio abarcó del 16 al 18 de noviembre de 1994.

Material y método:

Se tomaron 16 muestras de pelo, huesos y otros tejidos (higado, riñón, encéfalo, piel), correspondientes a cinco especímenes de lobo marino de California (ver Cuadro 1). Las muestras frescas (números 1 a 7) se conservaron en formaldehído al 10% en envases plásticos (para evitar la contaminación metálica), mientras que las muestras secas (las restantes, de hueso, piel y pelo) se guardaron en bolsas de plástico para evitar una posible contaminación, identificándose cuidadosamente cada una de ellas.

Cuadro 1: Relación de las muestras tomadas en la Isla Granito:

Espécimen A	juvenil macho, edad aproximada 6 meses.
muestra 1	hígado
muestra 2	riñón
muestra 3	encéfalo
muestra 4	hueso (maxilar inferior)
muestra 5	hueso (frontal)
muestra 6	piel
muestra 7	pelo
Espécimen B	juvenil macho, edad aproximada 6 meses.
muestra 8	hueso (falange)
muestra 9	pelo
Espécimen C	adulto, edad indeterminada.
muestra 10	hueso (occipital)
muestra 11	pelo
Espécimen D	juvenil, edad aproximada 9 meses.
muestra 12	hueso (maxilar inferior)
muestra 13	pelo
Espécimen E	adulto, macho, edad indeterminada.
muestra 14	hueso (frontal)
muestra 15	hueso (vértebra lumbar)
muestra 16	pelo

Una vez en el laboratorio las muestras fueron lavadas con agua desionizada, para eliminar las partículas de arena. Se sometieron a deshidratación en un horno durante 24 horas, a una temperatura de 50°C, para ser posteriormente cortadas con una navaja (de acero inoxidable templado, con el fin de evitar la contaminación metálica), en trozos de aproximadamente 1 g de peso, registrándose luego el peso de cada muestra con una precisión de hasta 0.0001 g.

Dichas muestras fueron:

a) incineradas durante 24 horas en una mofla eléctrica a 450°C (para evitar la evaporación del Pb, que tiene lugar a 500°C). Las muestras adecuadamente incineradas fueron

b) suspendidas en 5 ml. de HCl 3N, y después aforadas hasta completar los 50 ml con agua desionizada.

A las muestras que no sufrieron una incineración adecuada se agregaron, tras ser trituradas con una varilla de cristal lavada con agua desionizada, 5 ml de HCl 3N, tras lo cual se sometieron a ebullición lenta hasta consumir el ácido. Posteriormente fueron a su vez suspendidas en 5 ml de HCl 3N y aforadas con agua desionizada a 50 ml. A las muestras que después de la ebullición no pudieron ser suspendidas, se agregaron 3 ml de ácido nítrico concentrado y, tras permitir su digestión durante 15 minutos, fueron sometidas a ebullición lenta (para evaporar el ácido), para ser al fin igualmente suspendidas en 5 ml de HCl 3N, y aforadas a 50 ml con agua desionizada. Unas cuantas de las muestras tuvieron que ser sometidas a un segundo periodo de incineración, en las mismas condiciones que la vez anterior.

Se analizaron a continuación las suspensiones de las muestras mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica, utilizando aire-acetileno como combustible y las lámparas de cátodo hueco correspondientes a cada elemento, siguiendo las especificaciones que para cada metal establece el fabricante. En las muestras con concentraciones excesivamente altas para realizar una lectura, se realizó una dilución 1:10 con agua desionizada. Finalmente se determinó la concentración de los elementos metálicos mencionados en cada muestra, tomando en consideración la lectura del espectrofotómetro, el peso registrado de la muestra y las diluciones realizadas. Los análisis fueron realizados en el Departamento de Toxicología de la F.M.V.Z., en la U.N.A.M.

RESULTADOS:

El cuadro 2 muestra los resultados de la detección de los metales objeto de este estudio (cobre, hierro, cadmio y plomo) obtenidos en las diferentes muestras. Las lecturas se dan en partes por millón (ppm), en base al peso de la muestra deshidratada. Las concentraciones inferiores a 0.01 ppm no son detectables por el equipo, y se consideran como negativas.

Cuadro 2. Concentración de metales en hígado, riñón, encéfalo huaso y palo de lobo marino de California (*Salophus californianus californianus*) (ppm)

No. Muestra	Animal	Cu	Fe	Cd	Pb
1. Hígado	A	50.5	593.2	<.01	2.1
2. Riñón	A	45.6	51.1	<.01	<.01
3. Encéfalo	A	17.2	234.2	<.01	3.3
4. Maxilar inferior	A	9.9	297.3	1.6	38.8
5. Frontal	A	8.3	130.9	1.7	40.5
6. Piel	A	8.72	60.57	<.01	<.01
7. Palo	A	4.5	63.1	<.01	<.01
8. Falange	B	8.5	123.8	1.9	40.0
9. Palo	B	2.4	77.1	<.01	<.01
10. Occipital	C	7.2	189.8	1.64	30.1
11. Palo	C	7.6	280.1	<.01	<.01
12. Maxilar inferior.	D	4.0	133.5	1.1	20.7
13. Palo	D	6.8	792.0	<.01	32.6
14. Frontal	E	5.2	167.6	1.9	27.1
15. Vértebra	E	6.2	1765.9	2.9	35.8
16. Palo	E	6.3	194.7	<.01	11.3

DISCUSIÓN

a) La concentración de **cobre** (Cu) detectada en el pelo del animal A corresponde al 8.91% de la concentración detectada en el hígado, al 26.16% de la detectada en el encéfalo, al 45.45% de la detectada en el maxilar inferior, al 51.61% de la detectada en la piel y al 54.22% de la detectada en el hueso frontal del mismo animal, lo cual corrobora la afirmación de que el Cu se almacena preponderantemente en el hígado, encéfalo, bazo, tejido óseo, piel y pelo (15). Los resultados parecen sugerir que dicha concentración puede tener relación con la edad: los animales A y B (crios de 6 meses de edad) contienen en el pelo una menor concentración de Cu que los animales adultos (C y E). La concentración de Cu en el ejemplar D no se ajusta a esta hipótesis, pues corresponde a un 170% de la concentración hallada en el tejido óseo del mismo. Es necesario considerar, por otra parte, que el pelo tiene un ciclo de crecimiento y caída y una edad corta, caso diferente al del tejido óseo. En consecuencia puede considerarse que la concentración de metales hallada en el pelo corresponde a un periodo reciente, mientras que la concentración hallada en los huesos se relaciona con un periodo mucho más amplio. Los resultados sugieren, sin embargo, que tal vez sea posible usar las muestras de pelo para determinar la concentración orgánica de Cu en el organismo, como un indicador indirecto del estado nutricional del mismo, por lo que se sugiere realizar investigaciones más amplias al respecto. Las concentraciones de Cu en los animales muestreados estuvieron dentro de los rangos

normales: el promedio en las muestras de tejido óseo fue de 7.04 ppm, con un rango de 3.96 a 9.91 ppm.

b) Se hallaron concentraciones de **hierro** (Fe) dentro de los rangos normales: el promedio en las muestras de tejido óseo fue de 401.25 ppm, con un rango de 123.76 a 1765.94 ppm. La concentración de Fe hallada en el pelo del animal A corresponde a un 10.64% de la hepática, a un 21.22% de la hallada en el hueso frontal, a un 26.95% de la hallada en el encéfalo, a un 48.2% de la presente en el hueso frontal, a un 104.18% de la concentración cutánea y a un 123.48% de la concentración renal.

En cuanto a los otros ejemplares muestreados se tiene que:

- * en el animal B, la concentración de Fe en la muestra de pelo corresponde al 28.24% de la concentración hallada en el tejido óseo (falange);
- * en el animal C, la concentración de Fe en la muestra de pelo corresponde al 89.41% de la hallada en el hueso occipital;
- * en el caso de D, la concentración de Fe en la muestra de pelo corresponde al 170% de la detectada en el maxilar inferior, y
- * en el caso de E, la concentración en la muestra de pelo equivale al 116.2% y el 11.0% de la detectada en el hueso frontal y en una vértebra, respectivamente.

Estos datos sugieren que tal vez sea posible usar la medición del Fe en el pelo como un índice para determinar la concentración de Fe en el organismo del lobo marino, e indirectamente el estado nutricional del mismo. Fue imposible, sin embargo, establecer una relación cuantitativa precisa entre la concentración hallada de este elemento en el pelo, y la encontrada en los tejidos muestreados, por lo cual se sugiere realizar mayores estudios al

respecto. Este hecho puede deberse a lo mencionado anteriormente sobre la edad del pelo como tejido orgánico.

c) En lo referente a las concentraciones de cadmio (Cd), los resultados sugieren que el análisis del pelo carece de utilidad para determinar la acumulación de este elemento en el organismo, al menos en lo referente al lobo marino. Algunas fuentes señalan que el Cd se retiene preponderantemente en los tejidos renal y hepático (15, 2). Bartik (1981) señala que los niveles de Cd en el pelo del ganado bovino llegan hasta las 1.83 ppm, situándose la mayoría de las muestras en 0.40 ppm (2). Mientras que las concentraciones normales halladas en el hígado del ganado bovino van de 0.005 a 0.3 ppm, y de 0.4 a 1.66 ppm en el caso de los riñones de la misma especie (2), el análisis realizado en los lobos marinos en muestras de tejido óseo -cuya concentración se supone significativamente menor que la susceptible de hallarse en los tejidos hepático y renal- arrojó resultados que oscilan desde 1.13 hasta 2.86 ppm, a pesar de lo cual ninguna de las muestras de pelo produjo lecturas mensurables (es decir, una concentración mayor de 0.01 ppm). Cabe mencionar que todas las muestras de tejido óseo dieron resultados positivos en el análisis a Cd, y que en el único ejemplar en que fue posible tomar muestras de hígado y riñón (animal A, edad 6 meses) las concentraciones en estos órganos fueron insignificantes o ausentes (< 0.01 ppm). Posiblemente sea recomendable realizar estudios más amplios en lo relativo a las concentraciones de dicho metal en el lobo marino, tanto en los tejidos hepático y renal como óseo.

d) En cuanto al plomo (Pb), se observa en las muestras analizadas una clara relación entre la concentración hallada en el

pelo y la edad de los animales. En las muestras de pelo de dos ejemplares jóvenes -A y B, de aproximadamente 6 meses de edad- y del adulto C, no existe una concentración mensurable de Pb. Sin embargo se encuentran concentraciones relativamente altas de este elemento -pero dentro de los límites aceptados como normales- en las muestras de pelo de dos animales, D y E, el primero de aproximadamente 9 meses de edad y el segundo adulto. La concentración de Pb en el pelo de D es de 32.55 ppm, mientras que la de E es de 11.31 ppm. Alcazar (1985) menciona un límite superior normal en el pelo del perro de 88 $\mu\text{g/g}$ de muestra de pelo (1). Los niveles de Pb hallados en las muestras óseas de D y E son congruentes con esta concentración, y se encuentran también dentro de los valores de referencia (límites normales). La relación entre la concentración de Pb hallada en las muestras de pelo y de tejido óseo en los casos mencionados (D y E) es de 157.63% en el caso del animal D, y de 41.69 % (en relación con la muestra de hueso frontal) y 31.59% (en relación con la muestra de vértebra), en lo que respecta al animal E.

En el caso de los restantes animales (A, B y C) las concentraciones de Pb detectadas en el tejido óseo se encuentran en la parte superior del rango considerado como normal, pues promedian 37.36 ppm, con un rango de 30.11 a 40.50 ppm. Considerando a los cinco animales en conjunto, la concentración de Pb hallada en el tejido óseo promedia 33.29 ppm, con un rango que varía de 20.65 a 40.50 ppm. Dichas variaciones pueden asimismo relacionarse con la concentración variable del elemento debido a la diferencia de edad entre el pelo y otros tejidos en el organismo.

Los hechos mencionados sugieren la conveniencia de realizar investigaciones más extensas respecto al uso del pelo como muestra para determinar la concentración de Pb en el organismo del lobo marino.

LITERATURA CITADA:

1. Alcazar Castillo, P. A.: Concentraciones de plomo en encéfalo, riñón y pelo de un grupo de perros clínicamente sanos, del Distrito Federal. Tesis de licenciatura, F.M.V.Z., U.N.A.M., (1985).
2. Bartik, Michal, *Veterinary Toxicology, Developments in Animal and Veterinary Sciences*, 7, University of Veterinary Medicine, Kosice, Czechoslovakia, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1981.
3. Bourillón, M.L., Cantú, D.A., Eccardi, A.F., Lira, F.E., Ramirez, R.J., Velarde, G.E., Zavala, G.A.: *Islas del Golfo de California*, 1ª ed., Secretaría de Gobernación/U.N.A.M., México, (1988).
4. Buck, W.B., Osweiler G.D. y Van Gelder, G.A.: *Clinical and Diagnostic Veterinary Toxicology*, 1ª ed., Kendall/Hunt Publishing Co., E.U.A., (1973).
5. Dierauf, L. A.: *CRC Handbook of Marine Mammal Medicine: Health, Disease and Rehabilitation*, CRC Press, Washington, (1990).
6. García, R. M.: *Protección y Aprovechamiento del Lobo Marino de California*, *Naturalia*, 2: 6-8, (1993).

7. Georgievskii, K.I.: Mineral Nutrition of Animals, Professor, Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, USSR, Butterworks, London, 1982.

8. Grandjean, P.: Lead poisoning: hair analysis shows the calendar of events, *Human Toxicology*, 3, 223-228, (1984).

9. Humpreys, D.J.: Veterinary Toxicology, 3rd ed., Bailliere Tindall, London, (1981).

10. Lawrol, T. E.: Islands Biogeography in the Sea of Cortés, University of California Press, Berkeley, (1983).

11. Lewy, S.A.: Manual de manejo del lobo marino de California (*Zalophus californianus*) en cautiverio. Tesis de licenciatura, F.M.V.Z., U.N.A.M., (1994).

12. Martin, M.: Mammals of the seas, 2nd ed., U. Press, London, (1977).

13. Morita, K. and Ogata, M.: Levels and distribution of toxic and essential metals in biological samples collected in Okayama Prefecture, Japan. *Okayama Igakkai Zasshi*, 96, 359-376 (1984).

14. Nicolescu, T., Dumitru, R., Bolha, V., Alexandrescu, R. and Manolescu, N.: Relationship between the lead concentration in hair occupational exposure. *Br. J. Ind. Med.*, 40-67-70 (1983).

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

15. Rosiles, M.R., M.V.Z., Notas inéditas, Departamento de Toxicología, F.M.V.Z., U.N.A.M., enero 1995.

16. Ruivo, M., Akyuz, E. F., Andren, L. E., Becken, W. C., Kelly, D. W., Pillay, T. V. R., Regier, H., Thorslund, A. E., Tomczak, G., Moore, G., Ketchum, B. H.: La contaminación: un problema internacional para la pesca. El mundo y su alimentación (No. 14) F.A.O., Italia, (1971).

17. Zavala, G.A.: La población del lobo marino común (*Zolaphus californianus californianus*) en las islas del Golfo de California, México. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., (1990).

18. Zavala, G.A.: Biología poblacional del lobo marino de California, *Zolaphus californianus californianus*, en la región de las grandes islas del Golfo de California, México, Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., (1993).

Fé de erratas

Página 8 (figura 2) dice: 130°30'W 130°15'W
 debe decir: 113°30'W 113°15'W

Página 13 (lista):
 dice: mg...
 debe decir: mg % = mg/100g

Página 23:
 dice: "al 26.16% de la detectada en el encéfalo,"
 debe decir: "al 9.86% de la hallada en el riñón, al 26.16% de la detectada en el encéfalo..."

Página 24:
 dice: "a un 21.22% de la hallada en el hueso frontal..."
 debe decir: "a un 21.22% de la hallada en el hueso maxilar inferior."
 dice: "en el animal B,... al 28.24%"
 debe decir: "en el animal B,... al 62.27%"
 dice: "en el animal C,... al 89.41%"
 dice: "en el animal C,... al 147.58%"
 dice: en el caso de D,... al 170%"
 debe decir: en el caso de D,... al 593.25%"