



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**



**DETERMINACION DE LOS NIVELES DE PLOMO EN  
SANGRE Y ORINA, EN CANIDOS DE LA  
CIUDAD DE MEXICO.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA  
P R E S E N T A  
CAROLINA SANDOVAL CESAR**

**ASESORES: OFB RAMON CENDEJAS RAMIREZ**

**MVZ CARLOS MANUEL APPENDINI TAZZER**



## **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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

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

AT'N: 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 la TESIS TITULADA:

Determinación de los Niveles de Plomo en Sangre y Orina, en Cándidos de la Ciudad de México.

que presenta la pasante: Carolina Sandoval César

con número de cuenta: 8241871-7 para obtener el TITULO de:  
Médica Veterinaria Zootecnista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU" 23 abril 4.  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 199\_\_

PRESIDENTE MVZ. Carlos E. Appendini Tazzer  
VOCAL MVZ. Rita del Castillo Rodríguez  
SECRETARIO QBP. Guillermo Valdivia Anda  
PRIMER SUPLENTE MVZ. Victor Quintero Ramirez  
SEGUNDO SUPLENTE MVZ. Blanca R. Moreno Gardenti

## DEDICATORIA:

+ A mi mamá (q.e.p.d.)

Porque ella me dió todo lo que soy, todo lo que ella fué y me enseñó a luchar por la vida. Ahora, ella nos ha dejado pero emprendió ese eterno camino con la certeza de que siempre vivirá en nuestros corazones y con la seguridad de que ninguno de sus hijos la defraudaríamos aún cuando ya no estuviera presente.

Gracias a ella; a su inmenso amor, a todos sus desvelos, sabios consejos, comprensión y sacrificio, a toda la enorme confianza que siempre depositó en mí: es ahora cuando finalmente he alcanzado esta meta.

Porque fuiste y seguirás siendo una mujer extraordinaria e incomparable, a la que debo todo cuanto tengo y cuanto soy y a la que siempre dedicaré con todo mi amor los logros que a lo largo de mi vida obtenga porque también serán tuyos; por esto y más, jamás te olvidaré.

Porque además de madre fuiste mi mejor amiga, por ser el mejor ejemplo a seguir, por todos los momentos que compartimos, por esa inquebrantable fortaleza que conservaste hasta el final, por seguir siendo la mejor de las madres y porque cada día latirá tu corazón en el mío: - GRACIAS !

+ A mi Padre (q.e.p.d.)

Porque me hubiera gustado conocerte más.

+ A mi madrina (q.e.p.d.)

Por los momentos agradables que compartimos.

Por haber estado siempre presente en los momentos difíciles.

A mi Hermano.

Con todo mi amor para quién ha sido siempre un motivo de orgullo y superación.

Por todos los momentos tan agradables que hemos pasado juntos y por tu apoyo en esos momentos amargos que compartimos; en los que me ayudaste a conservar la fé.

Por motivarme para terminar este trabajo, por estar siempre a mi lado y demostrarme tanto cariño.

Por todo lo maravilloso que significa tener un hermano como tú.

## AGRADECIMIENTOS:

A Dios.

Por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida.

Al Departamento de Patología y Análisis Clínicos, Sección de Diagnóstico de la FES-C (Campo 1).

En especial al Q.F.B. Ramón Cendejas Ramírez por todas las facilidades otorgadas en la realización de este trabajo.

A las compañeras de la Sección de Diagnóstico quienes directa o indirectamente me brindaron incondicionalmente su apoyo; en especial a la Q.F.B. Edith Hernández Vazquez y a la P.Q.F.B. Claudia Rojas Hernández.

A mis Asesores.

Q.F.B. Ramón Cendejas Ramírez

M.V.Z. Carlos Manuel Appendini Tazzer

Por su acertada dirección en la elaboración de esta tesis y por la enorme paciencia y ayuda que me demostraron; sin las cuales este trabajo no se hubiera concluido.

Al H. Jurado.

Por todas las sugerencias para complementar y enriquecer este trabajo.

Al GENID - Microbiología INIFAP - SARH.

En especial al Dr. Diódoro Batalla Campero, por haber otorgado el permiso para realizar la toma de muestras en este centro de investigaciones.

A la M.V.Z. Myrna Guadalupe Adriano Morán, por su valiosa ayuda en la toma de muestras, por su paciencia y tiempo dedicado.

A la Farmacia Veterinaria " El Cachorro ".

En especial a la M.V.Z. Georgina Almaguer Vargas y a su esposo el M.V.Z. Ramón Montejano Rodríguez, por su valiosa amistad y por la ayuda brindada en la obtención de muestras.

Al Departamento de Química Analítica de la FES- C (Campo 1).

En especial a la Q.M. Cecilia González, por el tiempo dedicado y la invaluable ayuda prestada con el Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Al M.V.Z. Benito López Baños.

Por la ayuda en la realización del Análisis Estadístico.

Al Ing. Fermín Colmenares César.

Por toda su ayuda con la computadora y la realización de gráficas y cuadros.

Por todo el tiempo dedicado y el apoyo que siempre me ha brindado.

Al M.V.Z. Fernando Viniegra Rodríguez.

Por su amistad y confianza. Por sus consejos y enorme apoyo en esos momentos difíciles.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán - UNAM.

Por haberme dado la oportunidad de cursar esta hermosa carrera. Porque fue aquí donde he vivido momentos muy agradables y en donde hice amigos sinceros.

A los Profesores.

Por sus enseñanzas.

A Patricia.

Porque todo el apoyo y ayuda que me ha brindado no tienen precio.

Por estar con nosotros en esos momentos tan difíciles.

A Martín y Silvia.

Por el cariño que siempre me han demostrado, por su comprensión, apoyo y valiosos consejos.

A todas aquellas personas que de una u otra forma me han brindado su apoyo, amistad y cariño.

A los Perros.

Por los que siento un profundo amor y respeto. En especial a los que colaboraron en la realización de esta tesis y sin los cuales no hubiera sido posible la realización de este trabajo. ☺

mientras más conozco a los hombres  
más quiero a mi perro.

(Anónimo)

## INDICE.

OBJETIVOS .....	1
RESUMEN .....	2
INTRODUCCION .....	3
Fuentes de Intoxicación con plomo .....	5
Metabolismo .....	7
Patogenia .....	11
Signología .....	16
Diagnóstico de Laboratorio .....	20
Diagnóstico Diferencial .....	22
Tratamiento .....	23
EDTA de Ca .....	25
Dimercaprol .....	26
Penicilamina .....	26
MATERIAL Y METODOS:	
Material Biológico .....	27
Pruebas a desarrollar .....	27
Biometría Hemática .....	28
Prueba para Porfirina Urinaria .....	37
Determinación de Plomo en sangre (plasma) y Orina Mediante el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica.....	39
Fórmulas utilizadas para el Analisis Estadístico .....	42
Resultados .....	44
Discusión .....	56
Conclusiones .....	62
Bibliografía .....	64

## OBJETIVOS.

Debido al problema de la creciente contaminación ambiental y a los altos índices que se registran en la actualidad en la Ciudad de México; se hace necesario determinar en qué grado, los animales (en este caso cánidos), están o no siendo afectados en su estado de salud general. (para tener una visión indirecta de como puede estar afectando al hombre): teniendo para este fin, tres objetivos primordiales.

Determinar las concentraciones de plomo existentes en sangre y en orina.

Determinar los cambios en la biometría hemática.

Determinación de porfirinas en orina.

## RESUMEN.

Se trabajaron muestras de 40 pacientes procedentes del Área metropolitana ( Guajimalpa, Constituyentes, Tacuba y del Centro de Investigaciones de Paio Alto ). La edad fué variable, quedando comprendida entre los 3 meses y los 14 años; se eligieron cánidos de raza indistinta y cuyo sexo fuera macho.

Se tomarón muestras de sangre y orina de cada animal. Se realizó a cada una de las muestras; la biometría hemática correspondiente, encontrando algunas alteraciones importantes como, disminución en los niveles de glóbulos rojos, hematócrito y hemoglobina; así como la presencia de reticulocitos que en algunos casos, se encontraron arriba de el valor considerado como normal (0-1.5%).

Por medio de espectrometría de absorción atómica, se encontró que casi todos los cánidos muestreados poseen niveles de plomo por encima de los considerados por la literatura (41,61). Ya que, se encontraron concentraciones en plasma desde 0.0 hasta 4.006 mg/dl de sangre y concentraciones en orina que van igualmente, desde 0.0 hasta 10.036 mg/dl.

Sin embargo, a pesar de las concentraciones elevadas ninguno de estos cánidos presentó signos de intoxicación plúmbica.

Se cuantificaron además, las concentraciones de porfirinas en orina encontrando niveles considerables, lo cual indica que existe un cierto grado de inhibición en la síntesis de hemoglobina.

Con lo que se concluye en este trabajo, que si existe plomo en las zonas muestreadas por lo que es conveniente, detectar las fuentes de exposición a las que están sujetos estos cánidos.

## INTRODUCCION.

El plomo, elemento siempre participe del desarrollo de la sociedad, se ha vuelto un contaminante ambiental cuya creciente densidad en los medios urbanos ha incitado a la estructuración de sistemas de vigilancia que determinen y reporten los grados de exposición para fines estratégicos de control. El recurrir al muestreo orgánico de perros puede ser una opción diagnóstica práctica y representativa de la exposición al plomo que tienen los habitantes de la ciudad de México (17).

Los dos millones y medio de vehículos que transitan en las calles del Distrito Federal, así como las 30 mil industrias instaladas en el área, emiten, en conjunto, 5.5 millones de toneladas métricas de contaminantes a la atmósfera. Actualmente, los automóviles, la industria y los fenómenos naturales como las tolvaneras son las principales fuentes de contaminación en el área metropolitana de la ciudad de México, según un informe de la Comisión de Ecología. En dicho documento se informa que el parque vehicular representa 82 por ciento; las 30 mil industrias, 13 por ciento, y las tolvaneras, 5 por ciento (6).

La amenaza ambiental proviene del plomo que se usa en los compuestos químicos (tetraetilo de plomo y tetrametilo de plomo) y que son empleados como aditivos antidetonantes en la gasolina (5,11,15,25,27,71).

Este plomo se distribuye en forma excesiva en el ambiente cuando se descarga a través de los tubos de escape de los automóviles. Gran parte de los compuestos de plomo que se emiten se dispersan en la atmósfera como sustancias gaseosas o pequeñas porciones de sólidos denominadas macropartículas. Este plomo

atmosférico tiende a depositarse en las plantas y el suelo o puede ser inhalado (5.25).

El plomo, como contaminante ambiental a menudo esta combinado con cadmio, elemento que tiene efectos semejantes, de modo que sus efectos son aditivos (16).

Tomando como base los estudios realizados en perros, se considera como cifra máxima de plomo en la sangre 0.080 mg de plomo/dl de sangre. Con concentraciones mayores de esta cifra, generalmente aparecen síntomas y signos de saturnismo (63). Se eligió a la especie canina, debido a que posee características fisiológicas semejantes a las del ser humano y también debido a que esta especie animal permanece de modo constante en las zonas urbanas y cohabita con el hombre (17).

Los niveles de plomo en sangre superiores a 0.3 ppm (0.030 mg/dl de sangre), se consideran indicadores de toxicidad cuando se encuentran junto a alteraciones digestivas o del SNC (sistema nervioso central) (42).

## FUENTES DE INTOXICACION CON PLOMO.

El conducto principal para el transporte y la distribución del plomo proveniente de fuentes estacionarias o móviles es el aire (5,62,71).

La minería, la fundición y la refinación, así como la producción de compuestos y artículos que contienen plomo, pueden dar lugar a emisiones de plomo (62).

El plomo que se descarga en la atmósfera sobre áreas de tránsito muy intenso se precipita principalmente dentro de la zona metropolitana inmediata. La fracción que permanece en el aire (aproximadamente el 20%, según datos muy limitados) se dispersa de manera muy amplia. El lapso de permanencia de estas pequeñas partículas es de días y depende de la lluvia (62).

No se ha comprobado que un tipo específico de alimentos tenga un contenido de plomo especialmente elevado, aparte del vino y los alimentos conservados en latas soldadas con este metal o recipientes de cerámica con barniz de plomo (62,71).

La leche elaborada contiene bastante más plomo que la leche fresca de vaca, la cual tiene una concentración similar a la de la leche humana. Se han señalado concentraciones de plomo que fluctúan entre menos de  $5 \mu\text{g}$  y  $12 \mu\text{g} / \text{l}$ . Si esta información es exacta, la leche podría ser una fuente importante de plomo en los lactantes (62,71).

El plomo es usado como metal de imprenta, en acumuladores, pinturas industriales, forros para cables eléctricos, juguetes, en esmaltado de alfarería, hule, gasolina (tetraetilo de plomo) y aleaciones de latón. Otras fuentes incluyen cuentas de plástico o joyería cubiertas de plomo para dar la apariencia de perla,

whisky desnaturalizado, periódicos, el plomo que se acumula en las galerías de tiro, al quemar madera vieja pintada, yeso, linóleo, grasa lubricante, aceite lubricante usado en motores contaminados con petróleo (gasolina), los escapes de los vehículos de motor, soldadura, balas, muñecos y pesticidas son algunas de las fuentes más comunes de intoxicación por plomo (3,26.42,52,70).

La fuente normal de intoxicación por plomo en perros, es la pintura (23,42). Se ha demostrado que algunas muestras de alimentos enlatados para perros contienen un promedio de 2.6 ppm de plomo. La absorción de plomo aumenta en los perros que reciben una dieta rica en grasa y pobre en calcio (34,42).

El envenenamiento oral por plomo no es frecuente que sea diagnosticado en perros, probablemente porque no es considerado común. Perros jóvenes resultan envenenados más frecuentemente, que los perros viejos principalmente porque tienden a mascar objetos extraños o ingieren materiales que no deben ser ingeridos (3).

## METABOLISMO.

En humanos, cerca del 37% del plomo inhalado es retenido en los pulmones y causa una irritación local. El restante pasa a la sangre para entonces concentrarse principalmente en los huesos, músculos y SNC (3,6,11). En los niños la presencia de plomo en la médula ósea reduce la utilización del hierro para la formación de hemoglobina y con ello la fijación normal de oxígeno produciendo anemia (10,17,71,75).

Como ocurre con todas las sustancias que entran en el organismo, una dosis única de plomo se distribuye inicialmente de acuerdo con la tasa de flujo sanguíneo a los distintos órganos y sistemas en proporción a sus respectivas afinidades por el plomo. En condiciones de ingestión continua, durante períodos prolongados se alcanza un estado casi estable en lo que respecta a la distribución entre los distintos compartimientos (62).

El plomo se acumula en el organismo, por decirlo así, en un compartimiento amplio de fijación lenta y en otro más pequeño donde la fijación es más rápida. Anatómicamente, el compartimiento más grande se localiza principalmente en los huesos y en él, la cantidad de plomo aumenta durante toda la vida. El compartimiento menor corresponde a los tejidos blandos e incluye la sangre. Los niveles de plomo en los tejidos blandos y en la sangre se elevan hasta comienzos de la edad adulta, y a partir de entonces se modifican muy poco (62). La concentración de plomo en sangre puede fluctuar grandemente dependiendo del tiempo de exposición (47).

Cerca del 90% del plomo circulante está en los glóbulos rojos (48,61). Una vez que el plomo se ha absorbido, es

transportado por los eritrocitos y distribuido en los tejidos blandos, especialmente en el riñón alrededor del 4% (42,48,58). El plomo produce fragilidad de los glóbulos rojos, de manera que estos se hemolizan con el más ligero traumatismo; a causa de este aumento de fragilidad, se destruyen más rápido que lo normal y se produce anemia. Esta estimula la producción de eritrocitos nuevos, los cuales entran en el torrente circulatorio, pero sobre ellos actúa el plomo circulante produciendo unas granulaciones basófilas (punteado basófilo) sobre su superficie, (8,13,35,61,72).

Aparte de los efectos sobre los eritrocitos, el plomo produce daño en los órganos con los que se pone en contacto, sin que las lesiones de éstos órganos sean específicas (63).

Las dosificaciones de plomo en la sangre pueden fluctuar mucho dependiendo del tiempo de exposición y no reflejan las concentraciones de plomo en los tejidos o el grado de toxicidad del plomo. Esta es probablemente la razón de la mala correlación entre el plomo de la sangre y la gravedad de los signos clínicos en los perros. Por lo tanto, el plomo en la sangre no debe ser el único criterio para revisar a los animales por intoxicación y exposición al plomo; ya que, después de su ingestión el plomo se puede descubrir en las heces, sangre, orina y leche de los animales. Por lo que de ser posible deberán de tomarse en cuenta estos factores al momento de recolectar las muestras para el análisis correspondiente (28,39,46,48).

La ruta más común de entrada del plomo es a través de las vías digestivas (proveniente de aparato respiratorio). Las partículas de plomo inhaladas son depuradas por acción ciliar y deglutidas. En los perros adultos y en el hombre, aproximadamente el 10% del plomo ingerido es absorbido (48,58). Sin embargo, en los animales jóvenes puede absorberse hasta el 90%. La

absorción de plomo que alcanzan los alveolos pulmonares es muy grande ( >50% ), mayor que el que penetra en el tracto gastrointestinal ( <10% ) (47). Se ha demostrado que cuando hay deficiencias dietéticas de calcio, zinc, hierro y proteínas estimulan la absorción del plomo (34,48). El plomo se disuelve mucho más rápidamente en un medio ácido como el del estómago y por lo tanto, favorece la absorción (12,48).

Cuando se ingiere plomo, la mayor parte de él pasa al organismo sin absorberse y es eliminado por las heces (3,28,32,39,58). Por otra parte, la mayor porción de plomo que llega a absorberse es colectada por el hígado y excretada en parte por la bilis (39,47,48,57,63). Por esta razón, para producir intoxicación por vía digestiva se necesita la ingestión de cantidades considerables de plomo y un período de exposición relativamente largo antes de que se observen síntomas. Por el contrario, cuando el plomo es inhalado, es absorbido fácilmente a través de los tejidos del sistema respiratorio y los síntomas tienden a desarrollarse rápidamente (63).

El plomo es eventualmente redistribuido a los huesos en donde es biológicamente inerte. Sin embargo, esta reserva almacenada de plomo puede movilizarse si se presenta la desmineralización del hueso ( por ejemplo, en deficiencia de calcio, insuficiencia renal o en acidosis ) y puede ocasionar toxicidad (15,48). También se distribuye aunque en menor proporción, a los dientes y el pelo. (15,48). Aunque en general, los huesos largos contienen más plomo, después de una exposición reciente puede encontrarse también en los huesos planos. El depósito de plomo en los huesos y su posterior movilización es semejante a la del calcio y está influenciada por los mismos factores; como ya se mencionó, ambos elementos actúan con la misma valencia pero el, plomo es más

reactivo que el calcio y lo sustituye más rápidamente fijándose de esta manera en los huesos (39,42,68).

El plomo se transfiere fácilmente a través de la placenta y su concentración en la sangre de los recién nacidos es similar a la de sus madres, lo que indica la presencia de procesos equilibradores entre la madre y el feto (8,62). El plomo atraviesa rápidamente la placenta y se acumula en mayor cantidad en los huesos y el hígado del feto (8,17,19).

Las vías principales para eliminación de plomo son la orina (alrededor del 76%) y el tracto gastrointestinal (alrededor del 16%). El 8% restante se excreta por distintas vías (sudor, exfoliación cutánea y pérdida del cabello), sobre las cuales poco se sabe (27,57,62). Los estudios de Vostal (1966) sobre el mecanismo de excreción en los perros en intoxicación crónica leve, contienen sólidas pruebas de que el proceso de eliminación renal del plomo es principalmente por filtración glomerular (62).

La cantidad de plomo que se excreta con la orina no tiene relación directa con la cantidad ingerida porque puede existir una exposición aguda y eliminar plomo por orina y no encontrarse niveles en sangre porque ya ha sido depurado o bien, puede suceder que no se esté eliminando por orina debido a que no ha alcanzado a depurarse y entonces se encuentran valores de plomo en sangre. También puede suceder que se trate de una exposición crónica y gran cantidad de plomo ya se encuentre fijado en los huesos por lo tanto, la cantidad que se está eliminando en orina no nos brinda un diagnóstico completamente confiable. La excreción del plomo es lenta y tras una exposición al mismo pueden tardarse de cuatro a seis meses para que los niveles sanguíneos vuelvan a la normalidad (42). La vida promedio del plomo en los huesos es de 32 años y en el riñón es de 7 años (26).

## PATOGENIA.

Los efectos tóxicos del plomo se manifiestan principalmente de tres formas; encefalopatía plúmbica, gastroenteritis, así como degeneración de los nervios periféricos (3,16,61).

### Sistema Nervioso Central.

El plomo produce una irritación en el SNC, siendo este el cambio más marcado y significativo en el cerebro. Esta irritación ocasiona hiperproducción (neoformación) de capilares, condición que se sabe produce encefalitis (61).

Las alteraciones que se presentan en el sistema nervioso son; edema difuso y perivascular, así como un aumento del líquido cerebroespinal, hay necrosis de células nerviosas, que puede ser desde ligera hasta considerable. La debilidad muscular y la parálisis parcial, puede explicarse por la degeneración de la mielina y la necrosis de los axones nerviosos motores (3,28,40). Con frecuencia hay inflamación de los vasos sanguíneos cerebrales (circunvoluciones de los hemisferios cerebrales). Son bastante frecuente la extravasación de glóbulos rojos y la hemorragia perivascular; la pérdida de neuronas en islotes, el exudado seroso y la proliferación glial, son características de la intoxicación plúmbica (62).

El relativo neurotropismo del plomo no está todavía claro. La encefalopatía saturnina se debe además a una acción neurotóxica directa, a procesos isquémicos - anóxicos como una consecuencia de parálisis espásticas de los vasos cerebrales y a un aumento de la presión intracraneal (68).

## Riñón.

En lo referente a riñón, la mayoría de los autores han reportado cambios vasculares (hemorragias, arteritis) y tubulares en el envenenamiento experimental por plomo, así como hemorragias dentro de la cápsula glomerular (3,18,61,69). Se observan cuerpos de inclusión intranuclear que probablemente constituyan un mecanismo de secuestro de plomo. Estos cuerpos se han aislado y se ha comprobado que están compuestos de un complejo plomo - proteína (47,62). Los pocos datos disponibles parecen indicar que tales cuerpos están asociados con la exposición plúmbica a corto plazo y no a la exposición prolongada (7,62,69).

El riñón contiene una proteína (metalotioneína) con gran afinidad por los metales. Esta proteína es la causa de la acumulación renal de plomo, cadmio y mercurio (23).

El plomo puede causar lesión renal intersticial así como hipertensión. En forma aguda, tal vez afecte el metabolismo del ácido úrico y sea la etiología tanto en gota aguda como nefropatía gotosa (en humanos). La nefropatía por plomo en sí se desarrolla solo años después de exposición prolongada al metal (15,30,61). Funcionalmente se reduce la capacidad de filtración del riñón. Estas alteraciones, de naturaleza progresiva, pueden culminar en insuficiencia renal (62).

## Sistema Cardiovascular.

Desde hace mucho se sabe que el plomo que circula en la sangre se encuentra principalmente en los eritrocitos. En estos, la concentración de plomo es unas 16 veces mayor que en el plasma (48,61).

Observaciones en humanos y en animales han mostrado que el plomo ejerce una acción directa sobre los vasos sanguíneos, causando espasmos, periarteritis, arteritis, endoarteritis y hemorragias múltiples. El corazón, puede mostrar los efectos de hipertensión, pero estos cambios no pueden ser atribuidos definitivamente a la acción directa del plomo (61).

Se dispone de abundantes datos indicativos de que el plomo inhibe varias enzimas que intervienen en la síntesis del hem. La inhibición de estas enzimas se aduce para explicar el incremento de productos intermedios del hem que se produce como resultado de la exposición plúmbica (10,13,22,32,45,62).

En la intoxicación por plomo en los perros, usualmente existe una anemia debida, en parte a una inhibición por el plomo de por lo menos dos pasos en la síntesis del hem; la primera, el ácido delta - aminolevulínico (AAL) no es convertido en porfobilinogeno y aparece en la orina en cantidades anormales y diagnósticamente útiles. La segunda, la protoporfirina no es convertida en hem y hemoglobina y su precursor inmediato protoporfirina IX, aparece en la orina en cantidades aumentadas; además se reduce el periodo de sobrevivencia de los eritrocitos (15,22,42,45,58,65,66).

Aunque por lo común se recurre a la inhibición específica de la enzima hem - sintetasa para explicar la acumulación de la porfirina, también es muy posible que el plomo inhiba la disponibilidad del hierro para enlazarse con la protoporfirina (15,45,56,62). Se ha observado que el plomo interfiere en la transferencia de hierro desde la transferrina a los eritoblastos humanos (15,22,45,62,65,67).

## Tracto Digestivo.

La gastroenteritis es producida por acción caústica de las sales de plomo sobre la mucosa del aparato gastrointestinal (3,16,40).

El plomo incrementa la tonicidad de los músculos e inhibe la contracción espontánea. Exámenes de rayos x, así como necropsias realizadas en el hombre y en los animales, muestran constricción del intestino grueso con peristaltismo aumentado (3,12,16).

Una pigmentación azul grisácea o azul negrusca puede ser encontrada en los intestinos, especialmente en el ileón y en el colon y muy particularmente en la región del ciego. Esta pigmentación resulta de la formación de sulfuro de plomo, como en el caso de la línea de plomo (16,61,68). Esta línea es clásica en el saturnismo y se trata de una coloración azulosa oscura del margen de la mucosa gingival. Se debe a la precipitación de partículas de sulfuro de plomo en las papilas epiteliales por la reacción del plomo traído por la sangre y el sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico) de las partículas en descomposición de los alimentos (12,39,40,41,68).

## Sistema Músculo Esquelético.

El plomo produce inclusiones ácido resistentes en hueso, enrojecimiento de la médula ósea, aumento en la misma de células mieloides, neutrófilos segmentados y de la relación mieloide eritroide (42).

#### Hígado.

En exposiciones agudas el hígado, aparece pálido con cambio graso, los hepatocitos pueden presentar inclusiones intranucleares acidófilas y acidorresistentes (18).

#### Otros.

Otras lesiones descubiertas (en menos del 10% de los casos) fueron: cistitis, nubes en la córnea, hemorragia ocular, edema e hiperemia en encéfalo, músculos pálidos y acuosos, petequias en tejido subcutáneo, timo y tráquea así como tumefacción de ganglios linfáticos mesentéricos (3,18).

## SIGNOLOGIA.

Existen dos formas de intoxicación por plomo, una de ellas es la intoxicación con plomo inorgánico la cual no es muy común ya que suele deberse a la inhalación industrial de óxido de plomo. La otra forma de intoxicación es por plomo orgánico y esta es producida por el tetraetil o tetrametil-plomo. El plomo orgánico causa relativamente escasas anomalías hematológicas. Al ser metabolizado en el hígado el tetraetil y el tetrametil-plomo, producen trialkil-plomo y plomo inorgánico. Se piensa que el trialkil-plomo es el que origina el síndrome de intoxicación aguda. Con exposición masiva al plomo orgánico, pueden presentarse convulsiones que pueden terminar en coma y muerte (15).

Los signos clínicos de la intoxicación por plomo en los perros se relacionan con los sistemas gastrointestinal y nervioso. Generalmente ambos sistemas se encuentran afectados clínicamente pero en algunas ocasiones solo lo está uno de ellos. Con mucha frecuencia los signos gastrointestinales ya están presentes varios días antes de que el animal sea examinado y estos preceden generalmente a los signos neurológicos (48).

### Cuadro Agudo.

Es producido por la inhalación industrial de grandes cantidades de óxido de plomo o por la ingestión oral de una gran dosis de plomo (juguetes, pinturas, yeso, municiones, etc.) (15).

Los signos agudos en los perros pueden consistir en anorexia, emesis, cólicos y diarrea o estreñimiento (3,31,52,55).

La diarrea y la constipación se observan con menor frecuencia (3,54). El excremento a veces se presenta con sangre y otras veces obscuro, el vómito y la diarrea pueden producir deshidratación (61). La presencia de dolor abdominal o el llamado "cólico por plomo" se manifiesta por gemidos, inquietud, tensión de los músculos abdominales y dolor a la palpación del vientre (31,52,54). Muchos padecimientos gastrointestinales presentan estos signos, pero se debe sospechar la intoxicación por plomo cuando persistan por más de tres días (54). Los padecimientos que se parecen a esta intoxicación son apendicitis, úlcera péptica y pancreatitis (15).

Los signos neurológicos más comunes en un cuadro agudo en orden de frecuencia son: las convulsiones (estas no responden a los anticonvulsivos habituales), la histeria (caracterizada por ladridos y llorar continuamente, morder indiscriminadamente a objetos animados o inanimados y correr en todas las direcciones (3,31,33,60). También se manifiesta salivación, shock, coma, temblor muscular, estados espásticos, pelo erizado (41,60). Los signos pueden presentarse varios días o semanas después de la exposición. A menudo suele presentarse parálisis de las mandíbulas así como salida de espuma por la boca (3,31,39).

La severidad de los signos nerviosos aumenta con exposiciones continuas al plomo. Mientras que inicialmente los signos pueden ser observados cuando el perro duerme (los pacientes pueden mostrar temblores) (31).

Un aumento en la presión sanguínea es frecuente en el envenenamiento agudo por plomo, pero esto no sucede regularmente, con excepción de la encefalopatía plúmbica, la cual es acompañada como regla por hipotensión (61).

## Cuadro Crónico.

Es originado por una ingestión paulatina de plomo en bajas concentraciones. Sus manifestaciones más comunes son debilidad, anorexia, temblor, disminución de peso, cefalea y síntomas gastrointestinales (15).

Como signo del saturnismo (intoxicación crónica), el cólico es un aviso precoz bastante frecuente de efectos potencialmente más graves que probablemente se producirán con periodos prolongados de exposición (12,62). Los pacientes adelgazan y presentan dermopatías (prúrito, exantema pustuloso) estas debido a que el plomo orgánico es sumamente volátil y liposoluble y por lo tanto, puede ser rápidamente absorbido a través de la piel y vías respiratorias (15).

Una gran variedad de disturbios visuales han sido observados en la intoxicación por plomo (33,52,60). Como resultado en parte a espasmos arteriales, convulsiones, encefalopatía y desórdenes de los músculos oculares (60). Existe además polineuritis crónica y alteraciones del cuadro hemático (eritropenia entre otras cosas) (41).

Una exposición al polvo de plomo predispone a una tuberculosis pulmonar. Se han reportado frecuentemente cuadros de faringitis, bronquitis, y otros efectos de irritación (61).

En casos de saturnismo se ha registrado deterioro de las funciones tiroidea y suprarrenal (61,62). Han sido reportados frecuentemente cambios en las glándulas adrenales. Generalmente, esto se refiere a que la absorción del plomo impide la fertilidad de la mujer o de la hembra animal e interfiere en el curso de la preñez y el desarrollo del feto con la generación de partos con

productos muertos (15,19,61). Poco se sabe acerca de los efectos del plomo sobre la función reproductora de el hombre o del macho animal, aunque se ha observado esterilidad y atrofia testicular en casos graves (15).

La bibliografía más antigua sobre el plomo menciona la aparición frecuente de parálisis saturnina en la exposición plúmbica ocupacional, cuya manifestación principal es la debilidad de los músculos extensores, en especial de los que se utilizan con más intensidad. El síntoma más común de neuropatía periférica es la debilidad indolora de músculos extensores de las manos (muñeca péndula). Las extremidades inferiores suelen ser menos afectadas (15,61,62). Casi siempre la neuropatía inducida por plomo se desarrolla meses después de la exposición prolongada al elemento, pero puede presentarse en forma subaguda en dos o tres semanas (4,15). También se han registrado hiperestesia, analgesia y anestesia de las zonas afectadas (62).

## DIAGNOSTICO DE LABORATORIO

Uno de los exámenes utilizados en el laboratorio para llevar a cabo el diagnóstico de envenenamiento por plomo en perros, pero no necesariamente de otros animales; es la examinación de un frotis sanguíneo en el cual la importancia radica en el hallazgo de gran número de células nucleadas (5 a 40 glóbulos rojos nucleados/100 glóbulos rojos) sin evidencia de anemia severa (el volumen del paquete celular es menor al 30%). Los glóbulos rojos nucleados (eritroblastos) son relativamente un tipo celular fácil de identificar. En la opinión de muchos expertos, la reticulocitosis presenta gran significancia y regularmente, cantidades aproximadas del 4% son frecuentemente asociadas con evidencias clínicas de envenenamiento por plomo (61). Sin embargo, otras enfermedades pueden producir este tipo de células en la circulación y la toxicidad del plomo no siempre produce glóbulos rojos nucleados (47,48).

La anemia que se presenta con mayor frecuencia es de tipo hipocrómico, la anisocitosis, poiquilocitosis células en tiro al blanco (también conocidas como en diana) y otros cambios podrán presentarse. En la intoxicación crónica los eritrocitos son microcíticos e hipocrómicos y pueden observarse además con una granulación azurófila y reticulocitosis (2,7,9,16,61).

Otros estudios que están indicados, son los radiológicos ya que un examen de abdomen puede revelar fragmentos de plomo u otros cuerpos radio opacos que pueden contener plomo, en el tracto digestivo (3,31,33,40,58). También animales con envenenamiento crónico pueden presentar líneas de plomo en las metafisis de los

huesos largos, (conocida como esclerosis metafisiaria). Estas bandas radio opacas se ven mejor cerca de las epifisis distales del radio, cúbito y de los metacarpianos. Lo anterior se debe a la incorporación del plomo al sitio de osificación endocóndrico, y éste estimula la formación activa del hueso, causando una zona opaca de cartilago mineralizado. Las líneas de plomo son principalmente el resultado de nueva formación ósea y no del depósito de plomo (31,44,48,58).

El descubrimiento de muchos eritrocitos nucleados sin anemia, la presencia de 60  $\mu\text{g}$  o más, de plomo/dl de sangre (0.6 ppm) o lo que equivale a 0.060 mg/dl de sangre, constituye virtualmente el diagnóstico de la intoxicación por plomo en los perros. Los valores de plomo de 30 a 50  $\mu\text{g}$ /dl de sangre (0.3 - 0.5 ppm) o su equivalente a 0.030 - 0.050 mg/dl de sangre, son anormalmente altos e indican intoxicación por plomo si se asocian con signos comunes y hallazgos hematológicos (48).

También la coproporfirinuria, que expresa la alteración de la síntesis del hem por inhibición por parte del plomo de las enzimas sulfidrilodependientes, en el hombre, constituye uno de los datos más importantes, mientras que en los animales parece ser un fenómeno tardío de escaso valor diagnóstico, o bien no existe (68). La mayor excreción de coproporfirina III en la orina parece indicar que el plomo inhibe la enzima coproporfirinógeno - oxidasa la cual convierte el coproporfirinógeno III en protoporfirina IX (45,56,62,65,71).

## DIAGNOSTICO DIFERENCIAL.

Debido a que existe similitud de signos clínicos con otros procesos patológicos, se debe establecer un diagnóstico diferencial con las siguientes enfermedades : leptospirosis, uremia, hepatitis, moquillo, encefalitis, histeria canina, rabia, intoxicación por talio, por mercurio, e insecticidas, entre las más comunes (3).

## TRATAMIENTO.

El tratamiento de la intoxicación por plomo es prolongado dependiendo de los signos clínicos (31). La acción terapéutica del EDTA de Ca se debe a su capacidad para formar quelatos con metales solubles (3,20,24,27,57).

El plomo debe extraerse del tracto digestivo antes de iniciar la terapia quelante, por medio de enemas y eméticos, puesto que los agentes quelantes pueden favorecer la absorción del plomo en el intestino. Los agentes quelantes remueven en forma efectiva los metales pesados como el plomo, formando complejos no tóxicos con los metales que son rápidamente excretados por las heces o la orina (20,39,48).

El EDTA de Ca se administra en una dosis de 100/mg/kg/día, durante 5 días. La dosis diaria se divide en 4 porciones iguales y se administra subcutáneamente después de diluir la concentración hasta cerca de 10 mg de EDTA de Ca/ml de una concentración al 5% en solución de dextrosa (33,48,54).

El uso de EDTA de Ca ha sido extremadamente efectivo con una mejoría clínica dentro de las 24-48 horas (48).

El EDTA de Ca se debe administrar en soluciones diluidas para evitar la tromboflebitis (58). En el perro se recomienda mejor el tratamiento con penicilamina que con EDTA de Ca. Debe tenerse en cuenta que el EDTA de Ca puede dar lugar a nefrosis tóxica temporal y que la movilización demasiado rápida del plomo puede ocasionar la muerte (42). Para algunos perros es necesario repetir el tratamiento completo después de 5 días de haber terminado el primero (33)

Puede administrarse penicilamina en dosis de 100 mg/kg/día, como otra posibilidad en vez de EDTA de Ca (33,48). Esta es administrada durante 1-2 semanas. Tiene algunos efectos perjudiciales como vómitos, indiferencia y anorexia parcial. Para disminuir los efectos colaterales, la penicilamina debe administrarse en dosis fraccionadas y con el estómago vacío. En la actualidad puede recomendarse la penicilamina para los perros que no se encuentran gravemente enfermos o no presentan marcadas alteraciones neurológicas (48).

Para eliminar el plomo que quede en el tracto digestivo, puede emplearse lavado intestinal o un catártico, tal como el sulfato de magnesio en una dosis de 5-40 g este actuará como purgante (3,55). Además convierte el plomo en sulfato de plomo que es inofensivo. son aconsejables además las inyecciones de glucosa (nefritis) y el complejo vitamínico B (polineuritis) (41,60).

Se recomienda el lavado gástrico con carbón activado y después EDTA de Ca. También están indicados los preparados glucocorticoides y el empleo de espasmolíticos contra los espasmos intestinales (3,24,42,57,60).

Los síntomas intestinales en un episodio agudo o crónico de envenenamiento por plomo responden rápidamente a la terapia de calcio. Este efecto inmediato es probablemente debido a la acción antiespasmódica del calcio y también a la inhibición de la absorción del plomo de intestino. La administración de citrato de sodio ha sido recomendada para disminuir la concentración de plomo en la sangre e incrementar su excreción urinaria. Espasmos resistentes o dolorosos pueden requerir del uso de atropina, pilocarpina o morfina. La dieta deberá ser amplia y contener un suplemento generoso de líquidos especialmente leche (61).

Si los signos neurológicos continúan, después de haber iniciado el tratamiento con EDTA de Ca, pueden administrarse esteroides para aliviar el edema cerebral. Si las convulsiones persisten debe tratarseles con un anticonvulsivo de acción rápida (por ejemplo, Valium por vía intravenosa) (33).

El pronóstico es bueno, si el estado se diagnostica oportunamente y se atiende en la forma adecuada (33).

#### EDTA de Ca.

El EDTA de Ca ( Edetato Disódico de Calcio). Es un polvo blanco cristalino, ligeramente soluble en agua (53). El EDTA y su sal, el edetato disódico, son poderosos agentes quelantes que forman un complejo muy estable con el calcio (58,74). El EDTA de Ca, se emplea en combinación con el dimercaprol para el tratamiento de la intoxicación por plomo asociado con encefalopatía (58).

Las sales del ácido, cuando se usan como medicamentos, se conocen con el nombre genérico de edetatos (53,58). Dados agudamente y en grandes cantidades, son tóxicos porque abaten el calcio sérico. Durante la administración crónica, el quelato de calcio formado puede ser dafino para los riñones. El edetato disódico cálcico, por otra parte, cambia calcio por plomo y otros metales pesados (58).

## DIMERCAPROL .

El uso del dimercaprol tiene dos objetivos principales. El primero consiste en activar al tóxico por formación de un quelato o complejo con él, y evitar que se combine con los grupos sulfhidrilo de sistemas enzimáticos esenciales (37,58). El segundo es favorecer la excreción de los complejos, ya que el fármaco es hidrosoluble a Ph 7.5 y se excreta con facilidad. Su uso está contraindicado en enfermedad hepática, nefropatía grave e intoxicación por hierro (37).

## PENICILAMINA.

Es un aminoácido que existe sólo como producto, de la hidrólisis de la penicilina. La penicilamina es bien absorbida después de la administración oral y muy poca es metabolizada en el cuerpo. Es útil como quelante del cobre, plomo y probablemente mercurio. Posee efectos adversos que se limitan a signos locales de irritación gastrointestinal y alteración en el gusto (58).

La D-penicilamina está contraindicada cuando hay antecedentes de sensibilidad a la penicilina; los agentes de quelación orales no deben administrarse cuando hay plomo en el intestino (54).

## MATERIAL Y METODOS.

### Material Biológico.

40 Muestras procedentes de cánidos aparentemente sanos, pertenecientes al Área metropolitana, de cualquier raza, edad, y cuyo sexo sea macho.

Se tomaron muestras de sangre de la vena cefálica y ocasionalmente de la vena safena, en un promedio de 10 ml; la cual contenía como anticoagulante EDTA al 10%.

También les fué tomada a los mismos cánidos, una muestra de orina por medio de sondeo uretral y a la cual se le agregó timol como conservador (38,70).

### Pruebas a desarrollar.

- 1) Biometría Hemática.
- 2) Cuantificación de porfirinas en orina.
- 3) Determinación de plomo en sangre
- 4) Determinación de plomo en orina.

## BIOMETRIA HEMATICA:

### A) Cuantificación de Hemoglobina (Hb).

Técnica de Cianometahemoglobina: El ferricianuro convierte el hierro de la hemoglobina del estado ferroso al férrico formando metahemoglobina. La metahemoglobina se combina con el cianuro de potasio para producir el pigmento estable cianometahemoglobina (14,21,51).

#### Material y Equipo.

Espectrofotómetro.

Cubeta de 1 cm cúbico a 3 cm cúbicos.

Pipeta de Sahli.

Tubo de ensaye

Pipeta graduada de 5 ml.

Reactivo de Drabkin.

Sangre con anticoagulante

#### Método.

- 1.- Colocar en un tubo de ensaye 5 ml de reactivo de Drabkin.
- 2.- Agregar 0.02 ml de sangre con anticoagulante por medio de la pipeta de Sahli (contiene la graduación exacta).
- 3.- Mezclar por inversión y dejar reposar 5-10 minutos.
- 4.- Leer contra blanco de reactivo a 540 nm de longitud de onda.

B) Hematócrito: El paquete celular y el plasma se separan al centrifugar la sangre a una velocidad constante y durante un periodo de tiempo constante. El resultado se reporta en relación de porcentaje (14,21,43,50,51).

#### Material y Equipo.

Tubo capilar sin anticoagulante.  
Centrifuga para microhematócrito.  
Lector de microhematócrito.  
Sellador de plastilina o mechero.  
Sangre con anticoagulante .

#### Método.

- 1.- Llenar con sangre las dos terceras partes de un tubo capilar.
- 2.- Sellar el extremo que no contiene sangre con plastilina o a fuego con mechero.
- 3.- Colocar el tubo en una centrifuga para microhematócrito y centrifugar a 3000 rpm durante 10 minutos.
- 4.- Al sacar el tubo ya centrifugado se coloca en el surco del lector de microhematócrito, de manera que la capa flogística (paquete intermedio) quede a la altura del indicador blanco y con el paquete celular dirigido hacia el indicador rojo, girar el disco a manera que el ángulo de 90 grados del disco abarque los extremos de la muestra total de sangre centrifugada. El resultado se lee en la escala central inferior, expresándolo en porcentaje.

C) -Conteo de glóbulos rojos y glóbulos blancos (14,21,43,50,51).

#### Material y Equipo.

Cámara de Neubauer.

Pipetas diluyentes para glóbulos rojos y blancos (pipetas de toma).

Líquidos diluyentes:

Glóbulos rojos.- Solución Salina Fisiológica al 0.85 % o diluyente de Hayem.

Glóbulos blancos.- Diluyente de Türk.

Microscopio.

algodón.

sangre con anticoagulante.

#### Método.

Conteo de glóbulos rojos.

- 1.- Con una pipeta para dilución de glóbulos rojos (presenta un agitador de color rojo dentro de la pipeta), extraer la cantidad de sangre exacta hasta llegar a la marca de 0.5, succionando suavemente.
- 2.- Secar la sangre que queda en la punta de la pipeta con un algodón e introducir la pipeta en el líquido diluyente y hacer succión uniforme hasta la marca de 101 por encima del bulbo de la pipeta.

- 3.- Agitar la pipeta durante 2-3 minutos, manteniendo la pipeta en una posición horizontal.
- 4.- Descartar las primeras 5-6 gotas de la pipeta.
- 5.- Colocar la punta de la pipeta en el espacio que se encuentra entre la cámara y el cubreobjetos, el líquido llenará el espacio por capilaridad.
- 6.- Esperar 3 minutos para que sedimenten las células y colocar la cámara en el microscopio.
- 7.- Con el objetivo 10 X, localizar el cuadro central de los 9 cuadros grandes; que corresponde al área finamente graduada de la cámara.
- 8.- Con el objetivo 40 X, contar todos los eritrocitos que se encuentran en los 4 cuadros de las esquinas y el cuadro central de los 25 totales.
- 9.- Contar las células siempre en un orden secuencial para evitar la duplicación al contar las células que tocan las líneas. Contar las células que toquen las líneas internas superior e izquierda, y no contar las que tocan las líneas inferior y derecha, esto se refiere a la línea triple inferior que rodea a los cuatro lados a cada uno de los cuadros por contar.

#### Conteo de glóbulos blancos.

- 1.- Para el llenado de la pipeta, seguir la técnica descrita para el conteo de eritrocitos excepto que la pipeta de dilución se llena con el diluyente de Türk hasta la marca 11 por arriba del bulbo (presenta un agitador blanco dentro del bulbo). También el llenado de la cámara es igual al descrito para los eritrocitos.

- 2.- Con el objetivo 10 X se cuentan todas las células que se encuentran en los cuatro cuadros de las esquinas de los 9 cuadros grandes.
- 3.- La regla para contar o excluir células que toquen las líneas es igual a la usada para glóbulos rojos.

#### Cálculos.

Los glóbulos rojos contados en los 5 cuadros se multiplican por 10,000 y es igual a eritrocitos totales por microlitro o milímetro cúbico.

Los glóbulos blancos contados en los 4 cuadros, se multiplican por 50 y es igual a leucocitos totales por microlitro o milímetro cúbico.

D) Velocidad de Sedimentación Globular (VSG): Es una prueba de laboratorio basada en la tendencia de los eritrocitos a sedimentar en la sangre (14,51).

#### Material y Equipo.

Tubo de Wintrobe.

Gradilla de sedimentación.

Cronómetro o reloj.

Pipeta Pasteur.

Sangre con anticoagulante.

#### Método.

- 1.- Mezclar la sangre con anticoagulante.
- 2.- Llenar el tubo de Wintrobe con la pipeta Pasteur hasta la marca de 0-10 (no deben quedar burbujas de sangre dentro de la columna).
- 3.- Colocar el tubo en la gradilla de sedimentación en posición vertical y dejarlo reposar durante 1 hora.
- 4.- Hacer lectura en la escala descendente en milímetros de sedimentación por tiempo.

E) Frotis Sanguíneo (14,21,43,50,51).

#### Material y Equipo.

Portaobjetos.

Pipeta Pasteur.

Algodón.

Microscopio.

Colorante de Wright.

Colorante Azul de Cresilo (para reticulocitos).

Solución amortiguadora de fosfatos.

Sangre con anticoagulante (si no se va a realizar el frotis de inmediato.)

#### Método.

- 1.- Colocar con la pipeta Pasteur una pequeña gota de sangre sobre un portaobjetos limpio y libre de grasa.
- 2.- Colocar el extremo de un segundo portaobjetos sobre el primero, sosteniéndolo por delante de la gota de sangre y formando un ángulo agudo entre ambos.
- 3.- Deslizar el segundo portaobjetos para que entre en contacto con la sangre y ésta se extienda por capilaridad en el borde del portaobjetos.
- 4.- Cuando se haya extendido la sangre, mover hacia adelante el segundo portaobjetos con un movimiento firme y uniforme. Los frotis deben ser delgados y uniformes.
- 5.- Dejar secar al aire.

- 6.- Proceder a la tinción. Para realizar el conteo diferencial, utilizar colorante de Wright; cubriendo totalmente la laminilla y esperar aproximadamente 5 minutos.
- 7.- Posteriormente, agregar una cantidad igual de solución amortiguadora (buffer) y esperar 3 minutos hasta que aparezca la capa metálica.
- 8.- Lavar con agua corriente y dejar secar al aire.
- 9.- Observar al microscopio, utilizando los objetivos 10 X, 40 X y 100 X.

#### Conteo Diferencial Leucocitario.

Se hace contando y clasificando 100 leucocitos como mínimo y los resultados de cada tipo de leucocito se expresa en porcentaje.

#### Glóbulos Rojos.

Se les estudia tamaño, forma y color, así como, estados y formas anormales e inclusiones (para estas en ocasiones se requiere de tinciones especiales).

## Cuenta de Reticulocitos

Son las formas más jóvenes de los eritrocitos que se ven comúnmente en la sangre circulante. Su número es directamente proporcional a la actividad hematopoyética, por lo tanto, es un índice valioso de la presencia de anemia (21).

### Método.

- 1.- Colocar 5 gotas de azul de cresilo brillante en un tubo de ensaye pequeño.
- 2.- Agregar una cantidad equivalente de sangre y mezclar.
- 3.- Esperar 15 minutos.
- 4.- Colocar una gota pequeña de la mezcla sobre un portaobjetos y con un segundo portaobjetos, deslizar para formar una capa delgada y uniforme.
- 5.- Examinar, utilizando el objetivo de inmersión en aceite.
- 6.- Se observan más o menos similares en tamaño y color a los glóbulos rojos pero, contienen gránulos violetas.
- 7.- Seleccionar el campo, y anotar el número total. Cuando se han contado 500 glóbulos rojos, expresar el número de reticulocitos en porcentaje.

## PRUEBA PARA PORFIRINA URINARIA.

### Material y equipo.

tubos de ensaye.  
centrifuga.  
lámpara de wood.  
pipetas de 1 y 5 ml.  
HCl 3N.  
Ácido acéticoacetato de etilo  
orina.

### Método.

- 1.- Tomar 5 ml de orina en un tubo de ensayo de centrifuga.
- 2.- Agregar 3 ml de ácido acéticoacetato de etilo.
- 3.- Tapar el tubo y agitar bien.
- 4.- Dejar que se separen las capas o centrifugar.
- 5.- La capa superior se pasa a otro tubo y agregar HCl 3N, 0.5 ml a cada tubo.
- 6.- Agitar y leer en la lámpara de Wood.  
Fluorescencia azul; normal o ausencia.  
Color naranja o rojo; se da como positivo (38). En forma cualitativa y expresado en cruces.

La lectura se expresa :

- A) -
- B) +
- C) ++
- D) +++

**Interpretación.**

Se obtendrán lecturas negativas, si el nivel de porfirinas es inferior a 15 microgramos/ 100 ml, las lecturas 1+, 2+ y 3+ reflejarán concentraciones de 15 a 25, 25 a 40 y de más de 50 microgramos/dl. (70).

DETERMINACION DE PLOMO EN SANGRE (PLASMA) Y ORINA MEDIANTE EL  
METODO DE ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA.

Material y Equipo .

Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Tubos para centrifuga de 5 ml.

Material biológico: 5 ml de orina centrifugada y libre de  
sedimentos.

5 ml de sangre o plasma.

Principio .

En la emisión atómica, la muestra es sometida a una alta energía y temperatura, con el objeto de producir átomos al estado excitado, capaces de emitir luz. La fuente de energía puede ser un arco eléctrico, una llama, o más recientemente un plasma (solución gaseosa que se forma en la llama) (36).

Las técnicas de emisión también pueden utilizarse para determinar "cuanto" de un elemento está presente en una muestra. Para un análisis cuantitativo se mide la intensidad de la luz emitida a la longitud de onda del elemento por determinarse. La intensidad de la emisión a esta longitud de onda será cada vez más alta conforme se incrementa el número de átomos del analito (solución que se está analizando) (36).

Si luz de una determinada longitud de onda incide sobre un átomo libre en estado fundamental, el átomo puede absorber energía y pasa al estado excitado, en un proceso conocido como absorción atómica (36).

La propiedad de un átomo de absorber luz de longitud de onda específica, es utilizada en la espectrofotometría de absorción atómica (36).

La facilidad y la velocidad a la cual se pueden hacer determinaciones exactas y precisas utilizando esta técnica, han hecho que la absorción atómica sea uno de los métodos más populares para la determinación de metales (36).

#### Método.

- 1.- Colocar en un tubo de ensaye 5 ml de orina y en otro tubo, 5 ml de sangre (con anticoagulante).
- 2.- Colocar los tubos en la centrifuga y proceder a centrifugar por 10 - 15 min. a 3000 rpm.
- 3.- Proceder a colocar la orina ya centrifugada (sin sedimento) en otro tubo de ensaye.
- 4.- Se separa el plasma de la sangre ya centrifugada y este es colocado en otro tubo de ensaye.
- 5.- Una vez que se ha realizado lo anterior, las muestras están listas para llevar a cabo la lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica.

#### Calibración del Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

El espectrofotómetro que se utilizó, fué un Varian A-A-6. Para la calibración del espectrofotómetro de absorción atómica, se preparó una curva de calibración con una solución de plomo Q.P.

conteniendo 0.5, 1 y 5 ppm de plomo y utilizando agua como blanco. Con esta curva se trabajaron 24 muestras de orina.

Con una segunda curva de calibración que se preparó con 0.025, 0.05, 0.1, 0.5 y 1.0 ppm de una solución de plomo Q.P. y también utilizando agua como blanco, se trabajaron las 16 muestras de orina restantes así como las 40 muestras de sangre.

Es conveniente aclarar que fué necesario trabajar con dos curvas de calibración ya que, no se realizó la lectura de todas las muestras el mismo día.

Para la realización del análisis bioestadístico se emplearon: media, desviación estándar, regresión y correlación lineales. Las fórmulas para calcular cada una de ellas son las siguientes (73).

Media.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Desviación Estándar.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Correlación.

$$r = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \sqrt{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}}$$

Regresión Lineal.

$$y = mx + b$$

$$m = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{\sum Y_i - m(\sum X_i)}{n}$$

## RESULTADOS.

Los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo, se proporcionan tomando en cuenta y de acuerdo a la práctica clínica dos desviaciones estándar hacia arriba y dos desviaciones estándar hacia abajo de la media aritmética obtenida (gráficas 1-3).

De acuerdo a las zonas donde se realizó el muestreo, fué en Cuajimalpa y en Constituyentes donde se encontraron los niveles de plomo más elevados correspondiendo estos valores a los casos; 1, 2, 3, 4 y 5. Siendo las concentraciones de plomo menores en los animales pertenecientes al Centro de Investigaciones de Palo Alto y a la zona de Tacuba, salvo algunos casos particulares que corresponden a los cánidos; 6, 7 y 8 (Centro de Investigaciones de Palo Alto), que también mostraron niveles muy elevados de plomo (cuadro 1).

Para la determinación de porfirinas urinarias, la lectura se realizó mediante un método cualitativo en el cual el resultado se expresa de la siguiente manera; se obtienen lecturas negativas si el resultado es inferior a 15 microgramos por dl. las lecturas 1+, 2+ y 3+ reflejan concentraciones de 15 a 25, 25 a 40 y de más de 50 microgramos/dl (70). (cuadro 3)

Al realizarse la biometría hemática (BH), se obtuvieron los siguientes resultados; un promedio de glóbulos rojos de 6,119,250/ $\mu$ l, con una desviación estándar de 1,236,684/ $\mu$ l; hemoglobina con un promedio de 14.36 g/dl y una desviación estándar de 2.73 g/dl; hematócrito con promedio de 43.10% y una

desviación estandar de 7.26% (cuadro 4). Los datos de las variables hemáticas que restan así como los valores máximos y mínimos correspondientes para cada una de ellas pueden consultarse en el cuadro 4.

Con respecto a la determinación de plomo en sangre (plasma) se obtuvo un promedio de 0.712 mg/dl y una desviación estándar de 0.930 mg/dl; así como un promedio de 1.778 mg/dl obtenidos en la determinación de plomo en orina con una desviación estándar de 2.967 mg/dl (cuadro 4).

Los valores de plomo considerados como normales son, de 0.030 a 0.080 mg/dl de sangre (42,63); en el trabajo realizado se encontraron concentraciones hasta de 4.006 mg/dl de plasma dando como promedio de variación entre 50 y 133 veces más que los reportados por la literatura.

Se determinó también la concentración de plomo en la orina encontrando valores hasta de 10.036 mg/dl lo cual indica valores 125 veces mayores a los proporcionados por la literatura (42,63). Sin que ningún animal mostrara signos de intoxicación.

Finalmente, con respecto al grado de correlación encontrado entre la concentración de plomo (en orina) con respecto a las variables hemáticas se encontró que existe un grado de correlación de 0.613 (moderado) con respecto a la velocidad de sedimentación globular, con respecto a la concentración de plomo en plasma (sangre) existe una correlación de 0.590 (moderada) también con respecto a la velocidad de sedimentación globular; finalmente se obtuvo una correlación también moderada de 0.631 entre los niveles de plomo en orina y plomo en plasma (cuadro 5).

**CUADRO 1:**

**CARACTERISTICAS DE LOS CANIDOS MUESTREADOS**

CANIDO	RAZA	SEXO	EDAD	ZONA	Pb Orina mg/dl	Pb Sangre mg/dl
1	Cocker Spaniel	Macho	12 años	Cuajimalpa	7.841	3.561
2	Cocker Spaniel	Macho	12 años	Cuajimalpa	4.390	2.893
3	Mestizo	Macho	5 años	Cuajimalpa	7.213	1.558
4	Cocker Spaniel	Macho	12 años	Cuajimalpa	4.077	0.890
5	Mestizo	Macho	1.5 años	Constituyentes	10.036	4.006
6	Beagle	Macho	4 años	Palo Alto	10.036	1.335
7	Beagle	Macho	1.5 años	Palo Alto	5.959	0.667
8	Beagle	Macho	2 años	Palo Alto	9.095	0.222
9	Beagle	Macho	3 años	Palo Alto	0.000	0.445
10	Beagle	Macho	8 meses	Palo Alto	0.667	0.111
11	Beagle	Macho	8 meses	Palo Alto	0.222	0.000
12	Beagle	Macho	5 años	Palo Alto	0.667	0.000
13	Beagle	Macho	4 años	Palo Alto	0.445	0.445
14	Beagle	Macho	5 años	Palo Alto	0.333	1.558
15	Beagle	Macho	5 años	Palo Alto	0.000	0.556
16	Beagle	Macho	4 años	Palo Alto	0.000	0.000
17	Beagle	Macho	5 años	Palo Alto	0.000	0.890
18	Beagle	Macho	5 años	Palo Alto	0.000	0.111
19	Beagle	Macho	6 años	Palo Alto	0.000	0.000
20	Beagle	Macho	6 años	Palo Alto	0.000	0.000
21	Beagle	Macho	7 años	Palo Alto	0.000	1.780
22	Beagle	Macho	7 años	Palo Alto	0.111	0.445
23	Beagle	Macho	8 años	Palo Alto	1.112	0.667
24	Beagle	Macho	8 años	Palo Alto	0.111	0.445
25	Samoyedo	Macho	4 meses	Tacuba	0.667	0.667
26	Mestizo	Macho	8 años	Tacuba	0.445	0.333
27	Pastor Alemán	Macho	6 meses	Tacuba	0.667	0.445
28	Mestizo	Macho	8 meses	Tacuba	1.224	0.222
29	Viejo Pastor	Macho	4 años	Tacuba	0.222	0.000
30	Mestizo	Macho	10 años	Tacuba	0.222	0.222
31	Mestizo	Macho	3 meses	Tacuba	1.001	0.000
32	Mestizo	Macho	8 meses	Tacuba	0.111	0.445
33	Mestizo	Macho	14 años	Tacuba	0.667	0.445
34	Cocker Spaniel	Macho	14 años	Tacuba	0.779	0.000
35	Mestizo	Macho	8 meses	Tacuba	1.112	1.001
36	Mestizo	Macho	8 meses	Tacuba	0.000	0.445
37	Mestizo	Macho	4 años	Tacuba	0.000	0.000
38	Rotwailer	Macho	3 años	Tacuba	0.556	0.000
39	Bull Terrier	Macho	4 meses	Tacuba	0.556	1.335
40	Mestizo	Macho	4 años	Tacuba	0.556	0.333

**Cuadro 2: RESULTADOS DE ANALISIS DE SANGRE , PRACTICADOS  
A CANIDOS DE LA CIUDAD DE MEXICO.**

Cáido	G. R. 5.5-8.5	G. B. 6-17	Ht 37-55	VSG 0-1	Hb 12-18	VGM 76-96	CMHG 32-36	
1	6,260,000	10,700	44.5	7	7.72	71	17.35	
2	6,060,000	8,650	44.0	1	15.45	72	35.11	
3	6,780,000	6,800	56.0	1	22.68	82	39.43	
4	6,280,000	11,150	45.5	3	17.66	72	38.81	
5	5,690,000	18,700	34.5	23	14.72	60	42.67	
6	5,040,000	20,750	44.0	14	14.52	87	33.00	G. R. : Glóbulos Rojos [ millones / microlitro ] ..
7	6,430,000	17,700	46.5	1	15.34	72	32.99	
8	7,060,000	10,000	45.5	1	15.90	64	32.97	
9	6,020,000	17,000	42.0	5	13.86	69	33.00	G. B. : Glóbulos Blancos [ miles / microlitro ]
10	5,500,000	8,850	44.0	1	14.52	80	33.00	
11	6,070,000	12,200	45.0	1	14.85	74	33.00	
12	2,680,000	20,700	30.0	5	9.90	11	33.00	Ht. : Hematocrito [ % ]
13	3,930,000	7,800	33.0	3	18.89	84	33.00	
14	7,810,000	15,350	40.5	1	13.36	51	32.99	
15	7,180,000	15,500	44.0	2	14.52	61	33.00	VSG. : Volumen de Sedimentación Globalar [ milímetro / hora ]
16	6,250,000	8,550	45.5	1	15.90	72	32.97	
17	6,020,000	8,500	45.0	1	14.85	74	33.00	
18	7,170,000	12,900	55.0	1	18.15	76	33.00	Hb. : Hemoglobinas [ gramo / decilitro ]
19	5,660,000	9,200	52.0	1	17.16	91	33.00	
20	5,780,000	13,550	46.0	2	15.18	79	33.00	
21	8,070,000	12,000	52.0	2	17.16	64	33.00	VGM : Volumen Globalar Medio [ gramo / litro ]
22	6,450,000	9,000	52.5	2	17.32	81	33.00	
23	5,740,000	10,500	38.0	1	12.54	66	33.00	
24	8,020,000	8,550	53.0	4	17.49	66	33.00	CMHG : Concentración Media de Hemoglobinas Globalar
25	3,960,000	13,600	29.0	1	11.77	73	40.59	[ gramo / decilitro ]
26	8,090,000	7,200	53.0	1	17.40	65	32.83	
27	6,930,000	17,150	45.0	1	14.85	64	33.00	
28	5,740,000	16,050	37.0	3	12.21	64	33.00	
29	6,440,000	4,900	43.0	5	14.19	66	33.00	
30	5,010,000	14,800	37.0	1	12.21	73	33.00	
31	6,140,000	17,950	36.5	1	12.04	59	32.99	
32	5,820,000	18,050	34.0	1	11.22	58	33.00	
33	3,440,000	16,550	36.0	2	11.88	10	33.00	
34	5,080,000	32,350	34.0	3	11.22	66	33.00	
35	5,960,000	11,500	35.0	2	11.55	58	33.00	
36	6,000,000	21,750	37.0	1	12.21	61	33.00	
37	6,150,000	8,550	50.5	1	16.66	82	33.00	
38	8,880,000	12,350	56.0	1	18.48	63	33.00	
39	5,850,000	10,000	39.0	2	12.87	66	33.00	
40	7,330,000	11,150	44.0	1	14.52	60	33.00	

**Cuadro 3: RESULTADOS DE LOS ANALISIS DIFERENCIAL Y PORFIRINAS PRACTICADOS A CANIDOS DE LA CIUDAD DE MEXICO.**

Cárido	N s 60-77	V. A. 12-30	Linf. 12-30	V. A. 0-3	N b 0-3	V. A. 2-10	EOS 2-10	V. A. 0-1.5 %	Retic. 0-1.5 %	Porfirinas
1	78	7490.0	13	1391.0	2	214.0	4	428	0.6%	-
2	77	6660.0	19	1643.0	1	86.5	3	259.5	0.3%	-
3	68	4624.0	31	2108.0	1	68.0	0	0	0.0%	+++
4	82	9143.0	13	1449.5	3	334.5	2	223	0.6%	++
5	33	6171.0	52	9724.0	0	0.0	15	2895	0.4%	-
6	61	12657.5	31	6432.5	1	207.5	6	1245	0.8%	-
7	64	11328.0	30	5310.0	1	177.0	5	885	0.2%	-
8	69	6900.0	30	3000.0	0	0.0	1	100	1.0%	-
9	78	13260.0	17	2890.0	1	170.0	3	510	0.0%	-
10	54	4779.0	14	1239.0	0	0.0	32	2832	0.0%	-
11	52	6344.0	17	3294.0	0	0.0	21	2562	0.4%	+
12	70	14490.0	23	2691.0	0	0.0	17	3519	0.2%	-
13	45	3510.0	35	2730.0	0	0.0	20	1560	0.0%	-
14	53	2833.5	28	1498.0	0	0.0	18	963	0.4%	+
15	53	8215.0	30	4650.0	0	0.0	17	2635	0.2%	-
16	53	4531.5	15	1282.5	0	0.0	32	2736	0.8%	-
17	66	5610.0	22	1870.0	0	0.0	12	1020	1.4%	-
18	65	8385.0	20	258.0	0	0.0	15	1935	0.8%	-
19	62	5704.0	19	1748.0	0	0.0	19	1748	1.8%	-
20	69	9349.5	19	2574.5	0	0.0	12	1626	2.0%	-
21	56	6729.0	26	3120.0	0	0.0	18	2160	0.8%	++
22	76	6840.0	16	1440.0	0	0.0	8	720	0.2%	-
23	76	7980.0	12	1260.0	0	0.0	12	1260	1.2%	+
24	75	6412.5	16	1368.0	0	0.0	9	769.5	1.0%	-
25	61	8296.0	35	4760.0	0	0.0	4	544	2.2%	-
26	75	5400.0	21	1512.0	0	0.0	4	288	0.0%	+
27	50	8575.0	31	5316.5	0	0.0	19	3258.5	0.2%	+
28	72	11556.0	19	3049.5	0	0.0	7	1123.5	0.2%	+
29	25	1225.0	22	1078.0	0	0.0	10	490	1.0%	-
30	71	10508.0	14	2072.0	0	0.0	14	2072	0.6%	-
31	40	7980.0	46	9177.0	1	199.5	10	1995	0.6%	+
32	65	11732.5	21	3790.5	0	0.0	13	2346.5	0.6%	-
33	68	11254.0	21	3475.5	0	0.0	8	1324	2.4%	-
34	37	11969.5	58	18763.0	0	0.0	4	1294	0.8%	-
35	57	6555.0	42	4830.0	0	0.0	1	115	1.4%	-
36	90	19575.0	8	1740.0	0	0.0	0	0	0.8%	++
37	57	4873.5	31	2650.5	0	0.0	12	1026	1.6%	-
38	53	6545.5	42	5187.0	0	0.0	5	617.5	0.6%	+
39	41	4100.0	50	5000.0	1	100.0	8	800	1.8%	-
40	75	8362.5	18	2007.0	1	111.5	6	669	0.8%	-

Ns : Neutrófilos Segmentados [ % ]

Linf. : Linfocitos [ % ]

Nb : Neutrófilos en Banda [ % ]

EOS : Eosinófilos [ % ]

Retic. : Reticulocitos [ % ]

V. A. : Valor Absoluto [ ml ]

Porfirinas:

( - ) < 15 microgramos / decilitro

( + ) de 15 a 25 microgramos / decilitro

( ++ ) de 25 a 40 microgramos / decilitro

( +++ ) > 50 microgramos / decilitro

**CUADRO 4:****VALORES ESTADISTICOS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

VARIABLE	UNIDADES	MINIMO	MAXIMO	MEDIA	DESVIACION. ESTANDAR
Glóbulos Rojos	millones/microlitro	2,680,000	8,880,000	6,119,250	1,236,684
Glóbulos Blancos	miles/microlitro	4,900	32,350	13,213	5,234
Hematocrito	%	29.0	56.0	43.1	7.2
Hemoglobina	g/dl	7.72	22.08	14.36	2.73
Velocidad de Sedimentación Globular	mm/h	1	23	3	4
Neutrófilos Segmentados	%	25	90	62	14
Valor Absoluto de Neutrófilos Segmentados	ml	1,225.0	19,575.0	7,997.4	3,529.5
Linfocitos	%	8	58	26	12
Valor Absoluto de Linfocitos	ml	258.0	18,763.0	3,484.5	3,194.1
Eosinófilos	%	0	32	11	8
Valor Absoluto de Eosinófilos	ml	0	3,519	1,312	959
Reticulocitos	%	0.0	2.4	0.8	0.6
Volumen Globular Medio	g/l	10	91	67	16
Concentración Media de Hemoglobina Globular	g/dl	17.35	41.67	33.39	3.43
Plomo en Sangre	mg/dl	0.000	4.006	0.712	0.930
Plomo en Orina	mg/dl	0.000	10.036	1.778	2.967

**Cuadro 5:**  
**Grado de Correlación**  
(59)

Valor Hemático	Débil 0.2 a 0.5	Variable de Correlación	Moderado 0.5 a 0.8	Variable de Correlación	Fuerte 0.8 a 1.0	Variable de Correlación
Glóbulos Rojos	-0.319	Glóbulos Blancos	0.729	Hematocrito		
	-0.348	NVA	0.598	Hemoglobina		
	-0.264	EVA				
	-0.273	VGM				
Hematocrito	-0.504	Glóbulos Blancos	0.729	Glóbulos Rojos	0.847	Hemoglobina
	-0.357	NVA				
	-0.372	LVA				
	0.297	Porfirinas				
	0.446	VGM				
Vel. Sed. Glob.	0.269	Glóbulos Blancos	0.613	Pb. Orina		
	0.269	Linfocitos	0.590	Pb. Sangre		
	0.325	LVA				
Hemoglobina	0.340	NVA	0.598	Glóbulos Rojos	0.847	Hematocrito
	0.470	Porfirinas				
	0.408	VGM				
	0.423	CMHG				
	-0.429	Glóbulos Blancos				
Porfirinas	0.297	Hematocrito				
	0.470	Hemoglobina				
	0.302	CMHG				
Pb. Orina	-0.352	EOS	0.613	VSG		
			0.631	Pb. Sangre		
Pb. Sangre			0.590	VSG		
			0.631	Pb. Orina		

VGM Volumen Globular Medio  
 CMHG Concentración Media de Hemoglobina Globular  
 VSG Velocidad de Sedimentación Globular  
 NVA Valor Absoluto de Neutrófilos Segmentados  
 LVA Valor Absoluto de Linfocitos  
 EOS Eosinófilos  
 EVA Valor Absoluto de Eosinófilos

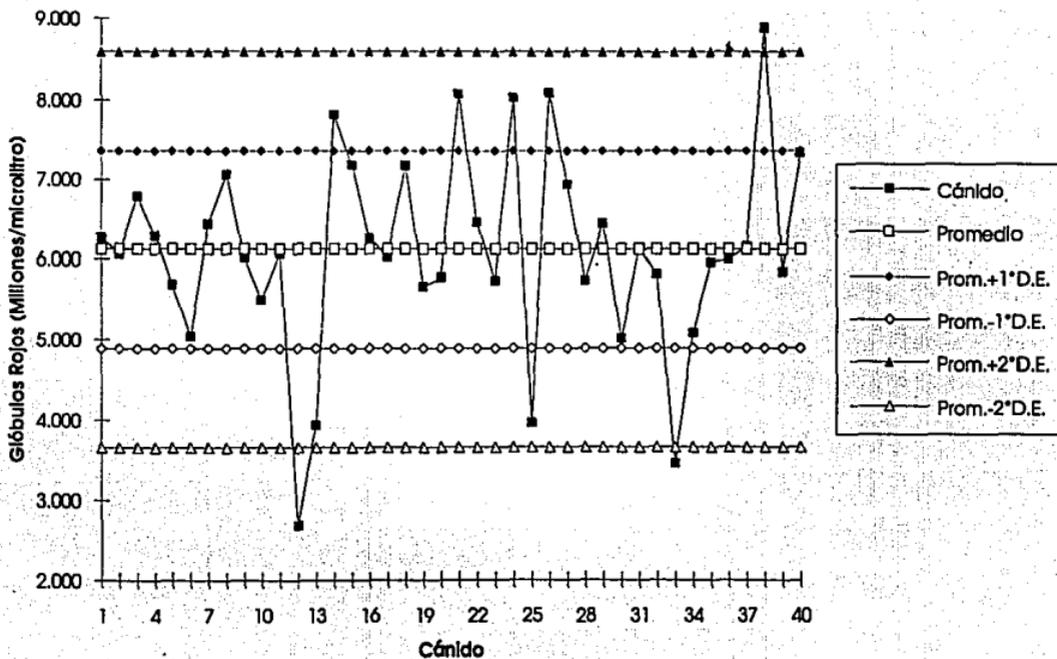
**Cuadro 6:**  
**Coefficiente de Regresión**

<b>Variable 1</b>	<b>vs</b>	<b>Variable 2</b>	<b>Coefficiente de Regresión</b>
Plomo Sangre		Glóbulos Rojos	0.0548
Plomo Sangre		Glóbulos Blancos	-0.0405
Plomo Sangre		Hematocrito	-0.0917
Plomo Sangre		Hemoglobina	-0.0971
Plomo Sangre		Porfirinas	0.1457
Plomo Sangre		Plomo Orina	0.6312
Plomo Sangre		VGM (*)	0.0237
Plomo Sangre		CMHG (**)	-0.0082

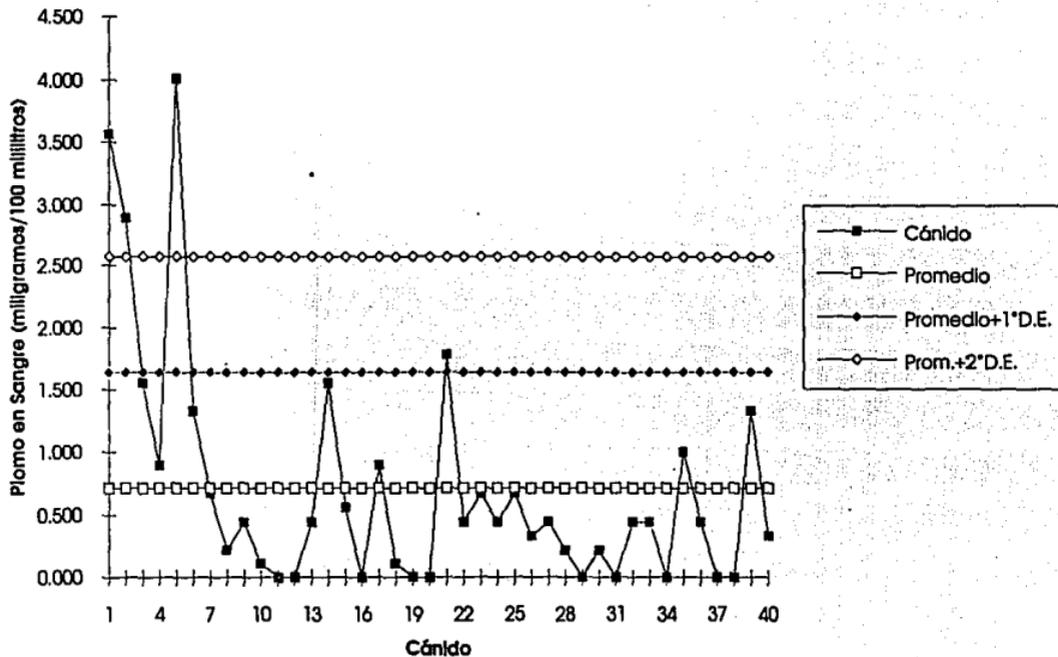
\* Volumen Globular Medio

\*\* Concentración Media de Hemoglobina Globular

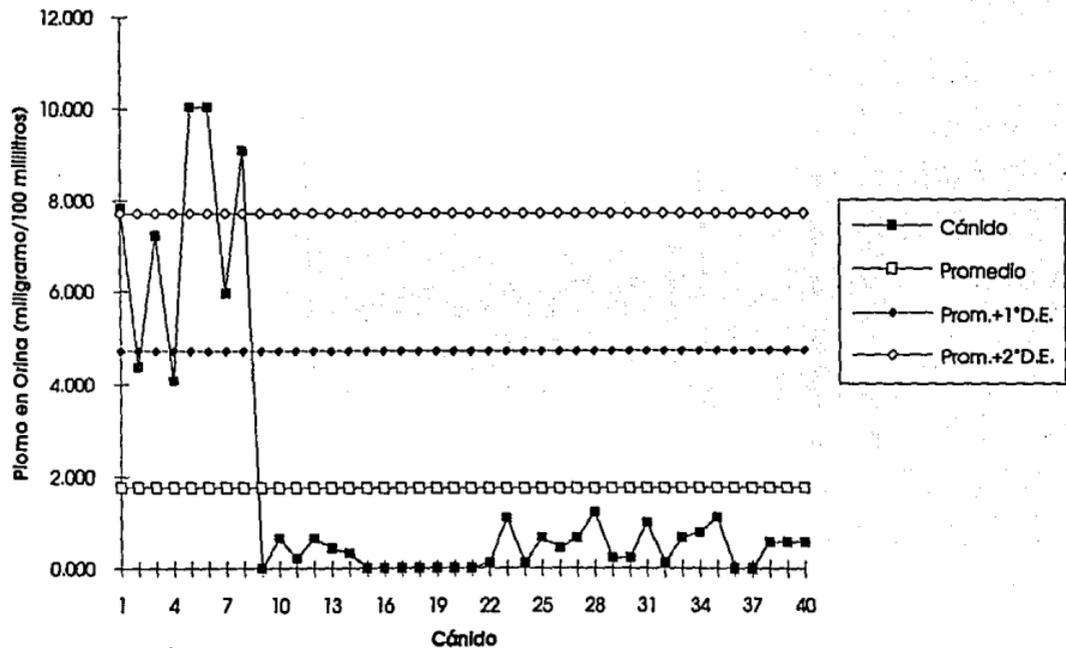
Gráfica 1: Glóbulos Rojos



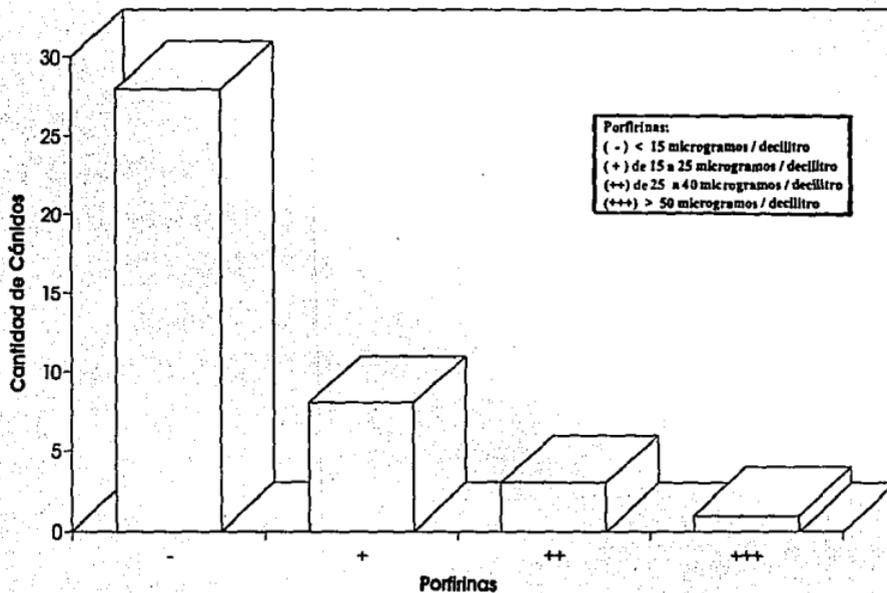
Gráfica 2: Plomo en Sangre



Gráfica 3: Plomo en Orina



Gráfica 4: Porfirinas



## DISCUSION.

En el presente trabajo se realizaron los estudios de hematología, determinación de las concentraciones de plomo, en sangre y en orina así como la cuantificación de porfirinas urinarias.

Lo anterior se realizó con el objetivo principal de detectar si los cáncidos presentaban o no, en su organismo niveles de plomo. Lo cual conlleva a detectar los efectos del plomo sobre las células hemáticas y los problemas que se producen como consecuencia de la inhibición de la síntesis de hemoglobina por el plomo. La literatura considera como valores "normales", concentraciones entre 0.030 y 0.080 mg/dl de sangre (42,63), los cuales nos indican situaciones en las que los pacientes no presentan alteraciones clínicas sin embargo, en el trabajo realizado los valores en plasma fueron mucho más elevados ya que se encontraron valores hasta de 4.006 mg/dl de plasma, dando como promedio de variación entre 50 y 133 veces más que los valores reportados en la literatura ya arriba citada; sin que los cáncidos presenten signos clínicos de un probable envenenamiento por plomo y quizás esto se deba a que no se ha llegado a un equilibrio entre hueso, plasma y orina además, de aparentemente no presentarse problemas renales; ya que las muestras de orina no presentaron indicios sedimentación o turbidez que indicarían algún efecto sobre ríñon.

Si bien, para presentar un equilibrio plomo - hueso se da aproximadamente un promedio de 5 meses para alcanzarlo y de ahí presentar los signos clínicos (49); es a partir de este equilibrio cuando las concentraciones presentes tanto en orina como en sangre,

se mantienen equilibradas variando solamente en procesos de reingestión donde se puede eliminar mayor concentración de plomo, cosa que sucede cuando se da el EDTA de Ca (versenato de calcio), con lo cual se excretan grandes concentraciones que pueden dar como consecuencia una intoxicación aguda.

Cuando se revisan las concentraciones de plomo en orina (cuadro 1) encontramos que los valores se vuelven mucho más altos, siendo 125 y 334 veces más de la concentración normal reportada (42,63); esto se obtiene dividiendo la concentración máxima encontrada en orina (10.036 mg/dl) entre (0.030 y 0.080 mg/dl) que corresponden a los valores que maneja la literatura (42,63); y de acuerdo a los resultados hay una variación aproximada de 2.5 veces más que en plasma (10.036 mg entre 4.006 mg) (cuadro 1). Teniendo presente que el riñón puede eliminar más fácilmente el plomo existente en plasma pero no el encontrado en el eritrocito que de acuerdo a la literatura es más elevado que en plasma (61).

Dentro de las pruebas hematológicas realizadas no existe una afectación severa sobre la hemoglobina, número de glóbulos rojos y hematócrito; (cuadro 2) si las comparamos con los valores normales de la biometría hemática (cuadro 7). Con respecto a los resultados obtenidos en este estudio sobre la biometría hemática, se encontraron algunos casos de leucocitosis (cuadro 2) sin que esta tenga relación alguna con las concentraciones de plomo pudiendo tener su origen en otra patología, como la presencia de un absceso en cualquier parte del cuerpo por citar algún ejemplo. En cuanto a los casos en los que se diagnosticó leucopenia (cuadro 2), esta pudo deberse a procesos vacunales u otras causas que hubieran tenido lugar recientemente. En los casos particulares donde se

diagnosticó la presencia de anemia (cuadro 2) esta no se encontró que estuviera relacionada con las concentraciones de plomo ya que la presencia de reticulocitosis no fué significativa como para pensar en un problema por plomo (cuadros 3 y 7); por el contrario, esta producción de nuevos eritrocitos pudiera estar relacionada con una anemia que tiene su origen en otras causas, por ejemplo, una mala alimentación.

En lo que se refiere a los reticulocitos, se puede observar que solamente existe una ligera reticulocitosis (cuadro 3 y 7); lo que indica que existe una mayor actividad dentro de la médula ósea; que se manifiesta por la producción de nuevos eritrocitos como resultado de un proceso que da una anemia.

La eosinofilia (cuadro 3) pudo presentarse por problemas de alergia o procesos patológicos en los tejidos ricos en células cebadas (piel, tracto gastrointestinal y pulmones por citar algunos).

Para la determinación de porfirinas es necesario tomar en cuenta que si está presente una adecuada síntesis de hemoglobina, no deben encontrarse concentraciones de porfirinas. En el presente trabajo se diagnosticaron niveles que aunque no son muy exagerados de acuerdo con la interpretación manejada por Tietz (70), si nos indican el efecto del plomo sobre la síntesis de hemoglobina en la que al inhibirse la ferroquelatasa del ácido delta aminolevulínico (AAL), se inhibe la síntesis de hemoglobina produciéndose hem sin hierro que es característico y particular de las porfirinas y que es consecuencia de una anomalía en esta síntesis. De acuerdo a las concentraciones normales manejadas en orina por Kaneko (45), él reporta 50  $\mu\text{g}/\text{dl}/\text{día}$  de porfirinas (uroporfirinas); estos niveles no corresponden ya que, como se mencionó anteriormente, en

forma normal no deberían de excretarse porfirinas.

Las porfirinas se eliminan por heces, los valores en orina deben de ser menores a los encontrados en las heces ya que las porfirinas siempre se degradarán a nivel intestinal.

En un estudio realizado por Alonso y Rosiles (1), en el cual se determinaron los niveles de plomo sanguíneo en perros clínicamente sanos, se encontraron valores muy elevados que fueron de 0.092 a 0.8 ppm (en sangre). También se comparó con otro estudio realizado en la Ciudad de México, y en el que se determinaron niveles de plomo sanguíneo en gatos (64), encontrando valores de 0.25 ppm a 6.0 ppm. En ambos trabajos los niveles encontrados fueron elevados al igual que en el estudio aquí realizado y teniendo también en común que ninguno de los pacientes presentaron signos clínicos a pesar de poseer concentraciones de plomo muy elevadas en su organismo.

La causa por la que no se encontró una correlación elevada entre los niveles de plomo en sangre y los niveles de plomo en orina, puede ser porque la cantidad de plomo en orina se depura más rápidamente por riñón; que la cantidad que es depurada en sangre (cuadro 5).

De acuerdo a la edad de los animales no se encontró relación con la concentración de plomo ya que esta fue variable con respecto a los animales jóvenes y los adultos (cuadro 1); por lo que se pudiera pensar que la concentración de plomo en sangre está en relación directa con el tiempo y grado de exposición a que estuvieron sometidos estos animales; pudiendo utilizarlos como monitores biológicos ya que podría existir una relación entre el

índice de contaminación que existe en la ciudad de México y los valores diagnósticados en los perros y que por lo tanto pudieran extrapolarse al ser humano.

Finalmente, la falta de signos clínicos puede explicarse como una fijación de los niveles de plomo en el organismo que se ha vuelto crónica y por lo que estos cánidos han desarrollado cierta tolerancia al plomo. Aunque cabe señalar que no se cuestionó a los propietarios ni al personal encargado de estos animales sobre un posible cambio en el comportamiento; ni se realizó un seguimiento sobre la conducta del animal que pudiera demostrar este cambio lo que de ser positivo pudiera relacionarse con un problema por plomo ya que esto forma parte de la signología.

**CUADRO 7:****VALORES HEMATICOS NORMALES EN CANIDOS. (29,65)**

Globulos Rojos:	5.5 - 8.5 millones/microlitro
Globulos Blancos:	6 - 17 ml/microlitro
Hematocrito:	37 - 55 %
Hemoglobina:	12 - 18 g/dl
Velocidad de Sedimentación Globular:	0 - 1 mm/hr
Concentración Media de Hemoglobina Globular:	32 - 36 g/dl
Volumen Globular Medio:	60 - 77 g/l
Linfocitos:	12 - 30 %
Neutrófilos Segmentados:	60 - 77 %
Neutrófilos en Banda:	0 - 3 %
Eosinófilos:	2 - 10 %
Basófilos:	Raros
Monocitos:	2 - 12 %
Reticulocitos:	0 - 1.5 %

**Nota:** Valores reportados para cánidos adultos.

## CONCLUSIONES.

Se encontraron concentraciones elevadas de plomo en el organismo de los cánidos muestreados. Siendo más elevadas en los animales que pertenecen a las zonas de Guajimalpa y al Centro de Investigaciones de Palo Alto.

Con respecto a la edad de los cánidos muestreados, no se evaluó estadísticamente debido a la gran diversidad de edades y a los pocos animales estudiados. Sin embargo se encontraron tanto animales jóvenes como animales viejos con concentraciones elevadas y visceversa; lo cual sugiere que los niveles de plomo están relacionados con el grado y tiempo de exposición a que han estado sometidos estos cánidos.

Se encontró una correlación moderada entre los niveles de plomo sanguíneo (plasma) y los niveles diagnosticados en orina, pero no hubo correlación con la biometría hemática. Por lo que se sugiere realizar un seguimiento en la orina de 24 horas o de ser posible, durante un mes para determinar la concentración de plomo existente en el organismo.

Los valores indican que existen concentraciones elevadas que no se manifiestan clínicamente y por lo tanto, este seguimiento mostraría si realmente, el organismo está siendo dañado y en qué grado.

Por otro lado, ninguno de los animales muestrados mostraron signos clínicos de intoxicación a pesar de las concentraciones elevadas de plomo presentes en su organismo, lo cual sugiere que

han desarrollado un nivel de tolerancia hacia el plomo, como consecuencia de la gran cantidad de elementos contaminantes que existen en la ciudad de México.

Otra sugerencia que se hace es que se debe considerar el análisis de estos animales tomando en cuenta la edad y su comportamiento para determinar como es la dinámica del plomo en estos grupos.

Los cánidos pueden ser utilizados como monitores biológicos ambientales, ya que los estudios realizados nos indican que si existe la presencia de plomo en el ambiente; lo que sugiere, la existencia de fuentes de intoxicación por plomo, por lo que se recomienda buscar cuáles son esas fuentes. Así como también nos demuestran en que zonas es más importante este problema.

Se concluye con todo lo anterior, que en la ciudad de México existe plomo que se manifiesta en forma constante en los cánidos, y que aún cuando no hay una manifestación clínica, las pruebas de laboratorio indican la presencia de ciertas alteraciones que se relacionan con este metal.

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Alonso, G. y Rosiles, M. : Concentraciones de Plomo sanguíneo en Perros Clínicamente Sanos. Rev. Vet. Mex. 9, pp. 3-7 (1978)
- 2.- Andrade, J. : Patología General de los Animales Domésticos, 2a ed. Interamericana, México, 1981.
- 3.- Appel, M. - Archibald, J. y coautores. : Canine Medicine, Vol. I, 4th ed. American Veterinary Publications Inc., USA, 1979.
4. - Araki, S. y Honma, T. : Relationships Between Lead Absorption and Peripheral Nerve Conduction Velocities in Lead Workers. Scand J. Work. Environ. Health. 4, pp. 225-231. (1976).
- 5.- Asociación de Fomento del Plomo. : Lead in Gasoline Bulletin. pp. 12-34, (1976).
- 6.- Ayala, G. : La Contaminación, Pan de Todos los Días en el Valle de México. Sin Gafete. pp. 8, (1992).
- 7.- Baloh, R. : Laboratory Diagnosis of Increased Lead Absorption. Arch. Environ. Health. 28, pp. 198-208, (1974).
- 8.- Bartrop, D. : Transfer of Lead to the Human Foetus. Mineral Metabolism in Pediatrics. pp. 135-151, (1969).
- 9.- Bartrop, D. y Smith, A. : Interaction of Lead With Erythrocytes. Experimentia. 27, pp. 92-95, (1971).
- 10.- Bartrop, D. y Smith, A. : Lead Blinding to Haemoglobin. Experimentia. 28, pp. 76-77, (1972).
- 11.- Beattie, A. - Moore, R. y Goldberg, A. : Tetraethyl - Lead Poisoning. Lancet. 2, pp. 12 - 15, (1972).
- 12.- Beritic, T. : Lead Concentration Found in Human Blood in Association With Lead Colic. Arch. Environ. Health. 23, pp. 289-291, (1971).

- 13.- Berk, P. - Tschundy, D. y Coautores. : Hematologic and Biochemical Studies in a Case of Lead Poisoning. Am. J. Med. 48, pp. 137-144, (1970).
- 14.- Bernard, J. : Diagnóstico y Tratamiento Clínicos por el Laboratorio, Vol. I, 7a ed. SALVAT, España, 1984.
- 15.- Bertram, G. : Farmacología Básica y Clínica, 4a ed. Manual Moderno, México, 1991.
- 16.- Blood, D. - Henderson, J. : Medicina Veterinaria, 5a ed. Interamericana, México, 1986.
- 17.- Bravo, E. : Vigilancia de Contaminación por Plomo. Gaceta UNAM, pp. 11, (1987).
- 18.- Buck, W. - Osweiler, G. : Toxicología Veterinaria Clínica y Diagnóstica, 1a ed. Acribia, España.
- 19.- Carpenter, S. : Placental Permeability of Lead. Environ. Health. Perspect. Exp. Issue, 7, pp. 129-133, (1974).
- 20.- Chisolm, J. : The Use of Chelating Agents in the Treatment of Acute and Chronic Lead Intoxication in Childhood. J. Pediatr. 73, pp. 1-38, (1968).
- 21.- Coffin, D. : Laboratorio Clínico en Medicina Veterinaria, 1a ed. La Prensa Médica Mexicana, México, 1981.
- 22.- Collier, H. : A Study of The Determination of Delta -Aminolevulinatase Hydrolyase, Activity in Hemoysates for Human Eritthrocytes. Clin. Biochem. 4, pp. 222-232, (1971).
- 23.- Craig, Ch.- Stitzel, R. : Farmacología Médica, 1a ed. Interamericana, México, 1984.
- 24.- Daykin, P. : Farmacología y Terapéutica Veterinarias, 4a ed. Continental, México, 1981.
- 25.- Dickson, T. : Química Enfoque Ecológico, 1a ed. Linusa, México, 1980.

- 26.- Dreisbach, R. : Manual de Toxicología Clínica, 5a ed. Manual Moderno, México, 1984.
- 27.- Drill, : Farmacología Médica, 2a ed. La Prensa Médica Mexicana, México, 1978.
- 28.- Doxey, D. : Patología Clínica y Procedimientos de Diagnóstico en Veterinaria, 2a ed. El Manual Moderno, México, 1987.
- 29.-Duncan, J. y Prasse, K. : Veterinary Laboratory Medicine, 1st ed. The Iowa State University Press, USA, 1977.
- 30.- Emmerson, B. : Chronic Lead Nephropathy : The Diagnostic Use of Calcium EDTA and the Association With Gout. Aust. Am. Med. 12, pp. 310-324, (1963).
- 31.- Ettinger, S. : Textbook of Veterinary Internal Medicine Diseases of the Dog and Cat, Vol. I, 2nd ed. W. B. Saunders Company, USA, 1983.
- 32.- Ettinger, S. : Textbook of Veterinary Internal Medicine Diseases of the Dog and Cat, Vol. II, 2nd ed. W. B. Saunders Company, USA, 1983.
- 33.- Fenner, W. : Medicina Veterinaria De Perros y Gatos, 1a ed. Limusa, México, 1989.
- 34.- Garber, B. y Wei, E. : Influence of Dietary Factors on the Gastrointestinal Absorption of Lead. Toxicol. Appl. Pharmacol. 27, pp. 329-331, (1974).
- 35.- Garner, R. : Toxicología Veterinaria, 3a ed. Acribia, España, 1970.
- 36.- González, C. : Espectrofotometría de Absorción Atómica. Folleto, F. E. S. C., U. N. A. M.
- 37.- Goth, A. : Farmacología Médica, 11a ed. DOYMA, España, 1981.
- 38.- Graff, S. : Análisis de Orina ( Atlas Color ), 1a ed. Panamericana, Buenos Aires, 1987.

- 39.- Grimaldi, J. - Márquez, A. : Apuntes de Toxicología Veterinaria, la ed. Hemisferio Sur, Argentina, 1978.
- 40.- Hilton, A. - Smith, T. y Jones, C. : Patología Veterinaria, la ed. Hispano Americana, México, 1980.
- 41.- Horst, J. : Clínica de las Enfermedades del Perro, Vol. II, la ed. Acribia, España, 1972.
- 42.- Humphreys, D. : Toxicología Veterinaria, 3a ed. Interamericana, España, 1990.
- 43.- Jaulmes, Ch. - Jude, A. y Querangal, J. : Práctica de Laboratorio, 2a ed. TORAY - MASSON, España, 1972.
- 44.- Jubb, P. - Kennedy, P. : Pathology of Domestic Animals, Vol. I, 2nd ed. Academic Press, U. S. A. , 1970.
- 45.- Kaneko, J. : Clinical Biochemistry of Domestic Animals, 4th ed. Academic Press, USA., 1989.
- 46.- Kelly, W. : Diagnóstico Clínico Veterinario, 7a ed. Continental, México, 1988.
- 47.- Kirk, R. : Current Veterinary Therapy, W. B. Saunders Company, Canadá, 1989.
- 48.- Kirk, R. : Terapéutica Veterinaria, Vol. I, 2a ed. CECSA, México, 1985.
- 49.- Leavell, B. - Thorup, O. : Hematología Clínica, 4a ed. Interamericana, México, 1978.
- 50.- Lynch, M. - Stanley, R. y Mellor, L. : Métodos de Laboratorio, Vol. I, 2a ed. Interamericana, México, 1977.
- 51.- Manual de Laboratorio Clínico, Depto. Análisis Clínicos, F.E.S.C. , UNAM.
- 52.- Marek, J. : Tratado de Diagnóstico Clínico Veterinario de las Enfermedades de los Animales Domésticos, 4a ed. Labor, España, 1973.

- 53.- Martindale, W. : The Extra Pharmacopoeia, 26th ed. The Pharmaceutical Pros. London, 1973.
- 54.- Merck, S. : El Manual Merck de Diagnóstico y Terapéutica, 6a ed. Merck Sharp & Inc. Rahway, EUA, 1978
- 55.- Merck, S. : El Manual Merck de Veterinaria, 2a ed. Merck & Co. Inc. Rahway, USA, 1981.
- 56.- Medway, W. - Prier, J. y Wilkinson, J. : Patología Clínica Veterinaria, 1a ed. Hispano Americana, México, 1980.
- 57.- Meyers, J. : Farmacología y Terapéutica Veterinarias, 1a ed. Hispano Americana, México, 1982.
- 58.- Meyers, F.- Jawetz, E. y Goldfien, A. : Manual de Farmacología Clínica, 5a ed. Manual Moderno, México 1977.
- 59.- Morton, R. - Hebel, J. : Bioestadística y Epidemiología, 2a ed. Interamericana, México, 1986.
- 60.- Nieman, H. : Prácticas de Clínica Canina, 1a ed. CEGSA, México, 1981.
- 61.- Ochsner, A.- Falls, F. y Coautores. : The Cyclopedia of Medicine Surgery Specialties, Volume 8. F. A. Davis Company, Philadelphia, 1986.
- 62.- OMS. : Criterios de Contaminación Ambiental ( Plomo ), OPS., 1969.
- 63.- San Martín, H. : Salud y Enfermedad, 4a ed. La Prensa Médica Mexicana, México, 1984.
- 64.- Santos, B. , 1991. Determinación de Niveles de Plomo en Sangre de 50 Gatos de la Ciudad de México de Diferentes Zonas Urbanas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM, México D. F.
- 65.- Schalm, O. - Jain, N. y Carroll, E. : Hematología Veterinaria, 3a ed. Hermisferio Sur, Argentina, 1975.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- 66.- Selander, S. y Cramer, K. : Interrelationship Between Lead in Blood, lead in Urine and ALA in Urine During Lead Work. Ind. Med. 27, pp.28-39, 1970.
- 67.- Spörri, H. - Stünzi, H. : Fisiopatología Veterinaria. 1a ed. Acribia, España, 1977.
- 68.- Stefano, P. : Anatomía e Histología Patológica Especial de los Mamíferos Domésticos, 2a ed. Interamericana, España, 1990
- 69.- Stowe, H. - Goyer, R. y Krigman, M. : Experimental Oral Lead Toxicity in Young Dogs. Arch. Pathol. 95, pp. 106-116, (1973).
- 70.- Tietz, N. : Química Clínica Moderna, 1a ed. Interamericana, México, 1972.
- 71.- Vega, S. : Evaluación Epidemiológica de Riesgos Causados por Agentes Químicos Ambientales. Toxicología III. Aspectos Específicos de la Toxicología de Algunos Contaminantes. OMS, 1985.
- 72.- Waldron, H. : The Anemia of Lead Poisoning. A Review, J. Ind. Med. 23, pp. 82-100, 1966.
- 73.- Wayne, D. : Bioestadística, 3a ed. Limusa, México, 1987.
- 74.- Wesley, C.- Brater, C. y Johnson, A. : Farmacología Clínica, 12a ed. Panamericana, México, 1990.
- 75.- Williams, U. : Blood Lead and Haemoglobin in Lead Absorption. J. Ind. Med. 23, pp. 105-111, 1966.