

Niveles de plomo en sangre de perros de la Cuenca Matanza-Riachuelo. Su función como centinelas de riesgo ambiental

Níveis de chumbo no sangue de cães na Bacia Matanza-Riachuelo. A sua função de sentinelas de risco ambiental

Lead levels in the blood of canines from the Matanza River Basin. Their role as early indicators of environmental risk

Verónica González Martínez¹, Néstor Fernández¹, Liliana Disalvo², Ana Varea², Juliana Finkelstein¹, Susana García¹

¹ Dirección de Salud y Educación Ambiental de la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo. Argentina.

² Instituto de Desarrollo e Investigaciones Pediátricas (IDIP). "Prof. Dr. Fernando Viteri" del Hospital de Niños de la Plata. Argentina.

Cita: González Martínez V, Fernández N, Disalvo L, Varea A, Finkelstein J, García S. Niveles de plomo en sangre de perros de la Cuenca Matanza-Riachuelo. Su función como centinelas de riesgo ambiental. Rev. salud ambient. 2019; 19(2):159-168.

Recibido: 14 de mayo de 2019. **Aceptado:** 5 de noviembre de 2019. **Publicado:** 15 de diciembre de 2019.

Autor para correspondencia: Verónica González Martínez.

Correo e: vgonzalez@acumar.gov.ar

Dirección de Salud y Educación Ambiental de la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo. Argentina.

Financiación: Esta investigación fue posible por el apoyo financiero del Programa de Becas Salud Investiga "Dr. Abraam Sonis", convocatoria 2017. Autoridad de la Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR). Instituto de Desarrollo e Investigaciones Pediátricas (IDIP).

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y la preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo todos los autores aprobaron la versión final.

Resumen

El plomo es un metal tóxico para todos los seres vivos. Diversos estudios han demostrado la similitud de las condiciones de exposición y de sensibilidad a la contaminación por plomo de perros y niños, siendo estos últimos el principal grupo de riesgo humano. En razón de ello, la medición de los niveles de plumbemia en perros puede servir como "indicador biológico precoz" o "indicador centinela" de posible exposición humana al plomo ambiental. Dado que en Argentina no existe un valor de referencia de plumbemia para perros no expuestos a fuentes de contaminación, este estudio pretende contribuir a establecer dichos valores en la Cuenca Matanza Riachuelo. Es un estudio exploratorio, de prevalencia y corte transversal, realizado a través del análisis de plumbemia de 365 perros. Las determinaciones se realizaron por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (límite de detección: 2 µg/dl; límite de cuantificación: 6 µg/dl). Las muestras de sangre se tomaron entre los meses de enero 2017 y enero 2018. La mayoría de las determinaciones mostró valores de plumbemia no detectable (96 %). La prevalencia de plumbemia superiores a 2 µg/dl y menores a 6 µg/dl fue del 3 %, y las mayores a 6 µg/dl del 1 %. Estos resultados constituyen un antecedente a fin de diseñar un sistema de evaluación y monitoreo de la contaminación con plomo ambiental de una manera ética, accesible, sensible, y a bajo costo, con impacto directo en poblaciones vulnerables y de riesgo ambiental.

Palabras clave: monitoreo; predicción; riesgo; ambiental; plomo; perros; centinelas.

Resumo

O chumbo é um metal muito tóxico para todos os seres vivos. Diversos estudos demonstraram a semelhança entre cães e crianças, das condições de exposição e sensibilidade à contaminação por chumbo, sendo as crianças o principal grupo de risco humano. Por esse motivo, a medição dos níveis de chumbo no sangue em cães pode servir como um "indicador biológico precoce" ou "indicador sentinela" de possível exposição humana ao chumbo ambiental. Como na Argentina não existe um valor de referência de níveis de chumbo no sangue para cães não expostos a fontes de contaminação, este estudo visa contribuir para o estabelecimento desses

valores na Bacia do Riachuelo Matanza. Realizou-se um estudo exploratório, transversal de prevalência, através da análise de níveis de chumbo no sangue de 365 cães. As determinações foram feitas por Espectrofotometria de Absorção Atômica com forno de grafite (limite de detecção: 2 µg/dl, limite de quantificação: 6 µg/dl). As amostras de sangue foram recolhidas entre janeiro de 2017 e janeiro de 2018. A maioria das determinações revelou valores de chumbo não detectável (96 %). A prevalência de chumbo no sangue superior a 2 µg/dl e inferior a 6 µg/dl, foi de 3 %, e a prevalência superior a 6 µg/dl, foi de 1 %. Estes resultados constituem um achado, para a concepção de um sistema de avaliação e monitorização, da contaminação ambiental por chumbo, de maneira ética, acessível, sensível e de baixo custo, com impacto direto nas populações vulneráveis e no risco ambiental.

Palavras-chave: monitorização; previsão; risco; ambiental; chumbo; cães; sentinelas.

Abstract

Lead is a metal that is toxic for all living beings. Various studies have shown there is a similarity of conditions of exposure and sensitivity to lead contamination between dogs and children, the latter being the main human group at risk. Because of this, the measurement of the blood lead level (BLL) in dogs can act as an "early biological indicator", or "early indicator", of potential human exposure to environmental lead. Since in Argentina there is no reference BLL value for dogs which have not been exposed to sources of contamination, this study aims to correct this situation by calculating this value for the Matanza River Basin. It is an exploratory, cross-sectional/prevalence study that was carried out by analyzing the BLL of 365 canines. Determinations were made by graphite furnace atomic absorption spectrophotometry (GFAAS) (detection limit: 2 µg/dl; limit of quantification: 6 µg/dl). Blood samples were taken between the months of January 2017 and January 2018. Most of the determinations showed non-detectable BLL values (96 %). The prevalence of BLLs higher than 2 µg/dl and lower than 6 µg/dl was 3 %, and of BLLs higher than 6 µg/dl, 1 %. These results provide a background for designing a system to assess and monitor environmental lead contamination in an ethical, accessible, sensitive and cheap way that will have direct, positive impact on vulnerable populations at environmental risk.

Keywords: monitoring; prediction; risk; environmental; lead; dogs; early indicator.

INTRODUCCIÓN

1. EL PLOMO COMO CONTAMINANTE TÓXICO

El plomo (Pb) es un metal tóxico para todos los seres vivos. Se puede encontrar distribuido en el ambiente debido a las actividades antropogénicas (minería, fundición, uso industrial, reciclaje, disposición final) y es un contaminante de alto riesgo de exposición en niños^{1,2}.

La exposición de los niños al Pb más frecuente y de mayor importancia en salud pública, ocurre en forma crónica y a bajos niveles, produciendo alteraciones subclínicas, principalmente en el área cognitiva y neuroconductual. Existe consenso científico respecto de la disminución del coeficiente intelectual (CI) de los niños expuestos al Pb³.

No existe un umbral mínimo para la neurotoxicidad del Pb (nivel de efectos adversos no observable–NOAEL por sus siglas en inglés), dado que este metal interfiere con múltiples sistemas enzimáticos y proteínas celulares, y sus efectos se han observado aún a mínimas dosis, por lo que no es posible proponer un límite de ingesta tolerable, ni un valor de plumbemia que se pueda considerar que no provoque efectos adversos para la salud. Aún cuando se ha establecido un valor de plumbemia como "nivel de alerta para intervenciones de salud pública"

de 5 µg/dl en los Estados Unidos y otros países, existen numerosas evidencias de que los índices de rendimiento académico decaen aún con plumbemias que están por debajo de esos valores². Un desafío científico de los últimos tiempos tiene que ver con hallar indicadores "precoces" o indicadores indirectos asociados al Pb, que puedan alertar sobre niveles de exposición bajos, pero relevantes⁵.

2. LOS PERROS COMO CENTINELAS

Numerosos estudios^{6,7,8,9,10,11}, entre los que destaca el realizado en Montevideo por Mañay y col. en 2010¹², concluyen que perros en situación de abandono o bajo responsabilidad de una familia, pueden ser utilizados como un "indicador biológico precoz" o como "centinelas" de la contaminación ambiental por Pb, y alertar a las autoridades pertinentes a fin de que se implementen acciones correctivas.

Se ha postulado que los perros domésticos pueden ser centinelas particularmente valiosos porque comparten el ambiente humano, por lo que las concentraciones de plumbemia de los perros pueden ser buenos predictores de la exposición ambiental a contaminantes en las personas que viven junto a sus mascotas, y particularmente de los niños^{6,13}, ya que, a diferencia de los equipos para el monitoreo ambiental, el perro

únicamente está expuesto al plomo biológicamente activo¹⁴. La estimación del nivel de Pb de la población canina podría ser indicador de la distribución del metal en el ambiente de las zonas estudiadas, y de la presunta exposición al Pb de la familia que contiene al animal, cumpliendo así la función de "centinela". Los animales de compañía pueden estar incluso más expuestos que sus dueños a algunos contaminantes presentes en el suelo o en el polvo de la casa⁷. Además, los perros responden a muchos tóxicos de manera análoga a los humanos, tienen una vida comprimida fisiológicamente, y están libres de algunos factores de riesgo de enfermar como consecuencia de hábitos y estilos de vida (aunque habrá que considerar la edad, altura, sexo, peso y raza del perro para evaluar la influencia de estos factores en la concentración de plumbemia)¹⁰.

3. LA CUENCA MATANZA RIACHUELO (CMR)

La CMR ubicada en Argentina, en sus 2200 km² integra territorios de 14 municipios de la provincia de Buenos Aires y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, con una alta densidad poblacional de (3600 hab/km²) y un alto índice de industrialización. A comienzos del siglo XIX se instalaron los primeros saladeros en las márgenes del río, y luego las curtiembres o tenerías, mataderos y graserías que siguieron arrojando sus residuos sin tratar al riachuelo. Así, las necesidades habitacionales, y las aspiraciones productivas y comerciales de la sociedad, en un contexto deficitario de planificación urbanística, fueron configurando una región con altos índices de contaminación y vulnerabilidad social¹⁵.

4. ANTECEDENTES

Actualmente en Argentina existen pocos estudios epidemiológicos que anticipen el riesgo potencial o futuro para la salud humana a través de la evaluación del estado de salud de los animales que comparten el

ambiente con población humana. Específicamente para la exposición a Pb, no existen en el país estudios que permitan conocer las concentraciones de plumbemia en perros, y que contribuyan a definir valores de referencia.

OBJETIVOS

Objetivo general: Obtener valores de concentración de plumbemia en perros de la CMR para establecer valores de referencia y evaluar si constituyen una herramienta útil para la vigilancia de la exposición a Pb de la población, de una manera ética, accesible, sensible y de bajo costo.

Objetivos específicos: 1) Determinar los niveles de plumbemia en perros de la CMR; 2) Geolocalizar las viviendas donde residen los perros con su respectivo valor de plumbemia, según distribución y densidad geográfica; 3) Evaluar la factibilidad del modelo para la vigilancia de exposición a Pb.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. DISEÑO DEL ESTUDIO

Se realizó un estudio exploratorio, descriptivo, de prevalencia y corte transversal, que evaluó la distribución de plumbemia en una muestra de perros, presuntamente expuestos a contaminación por metales pesados, que habitaban en determinadas zonas de la CMR en un momento específico, su relación con el comportamiento animal relevado, con el medio que frecuentaba, con el tiempo de permanencia en ese medio, y con sus hábitos.

2. VARIABLES Y CATEGORÍAS CONSIDERADAS EN EL MODELO PROPUESTO

A partir de la experiencia de otros autores se consideraron las variables que se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Variables y categorías tomadas en cuenta para el estudio

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	CATEGORÍAS
Edad del perro	Es el intervalo de tiempo estimado o calculado entre el mes y año del nacimiento y el mes y año en que se realiza la extracción de la muestra sanguínea.	Ordinal	Joven de 1 a 3 años. Adulto de 3 a 6 años.
Tiempo de residencia del perro	Es el intervalo de tiempo estimado entre la llegada o nacimiento del perro a la Cuenca y la fecha de extracción de sangre.	Numérica	En años: 0 a 3 años - 3 a 6 años.
Lugar de residencia del perro	Localización geográfica de residencia al momento de la extracción de la muestra sanguínea.	Nominal	Provincia, municipio y localidad.
Agua de consumo del perro	Descripción de la calidad del agua de consumo del perro.	Nominal	Agua potable, de red, de pozo, estancada.

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	CATEGORÍAS
Hábitat general del perro	Lugares que frecuenta el animal.	Nominal	Dentro de la vivienda, en la calle.
Tamaño	Refiere a la dimensión del perro en relación a su masa corporal.	Ordinal	Animales grandes (más de 20 kg) Animales medianos (de 11 a 20 kg) Animales pequeños (10 kg o menos)

8. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Al finalizar los cálculos estadísticos, a los resultados de plombemias con valores no detectables se les asignó un valor igual a la mitad del LD de 2 µg/dl, (o sea 1 µg/d)¹⁸. Los resultados se expresaron como media ± desviación estándar de la media (SEM) o como mediana. La comparación entre los grupos se evaluó mediante el análisis de varianza no paramétrico (test de Kruskal-Wallis, Non parametric ANOVA). El test de Kruskal-Wallis es un procedimiento de suma de rangos de Wilcoxon para comparar medianas de más de 2 muestras sin ningún tipo de emparejamiento. Cuando se obtuvo un $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativa. Se consideraron perros grandes aquellos con peso superior a 20 kg, medianos entre 11 y 20 kg y pequeños, los menores de 10 kg¹⁴. En cuanto a las edades se consideraron jóvenes los que tenían entre 1 y 3 años y adultos los de 3 a 6 años.

9. CONSIDERACIONES ÉTICAS

El estudio contó con la aprobación del Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Experimentación (CICUAL) de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Las familias fueron notificadas de los resultados de

la plombemia de sus perros. Cuando los resultados arrojaron valores de plombemia cuantificables, se sugirió realizar estudios de plombemia a los integrantes de la familia y medición de las concentraciones de plomo en el suelo de la vivienda y del peridomicilio, así como una evaluación de las prácticas relacionadas al riesgo ambiental del hogar y de hogares vecinos, a cargo de un equipo interdisciplinario de la DSyEA de ACUMAR.

RESULTADOS

Se obtuvieron 365 muestras de sangre aptas para el análisis de plombemia, en 9 municipios de la CMR y Ciudad Autónoma de Buenos Aires con la distribución que se observa en la tabla 2. Las 2 muestras tomadas en el municipio de General Las Heras fueron excluidas del análisis estadístico por no ser cuantitativamente relevante.

Se señala que la distribución de las muestras obtenidas por municipio guarda relación con la frecuencia de los operativos de castración animal realizados durante el período de estudio, que obedeció a la demanda de las autoridades sanitarias municipales y la disponibilidad de recursos humanos y materiales para efectuarlos en cada uno de ellos.

Tabla 2. Cantidad de muestras por municipio y por zona de la cuenca

ZONA	MUNICIPIO	CANTIDAD DE MUESTRAS	
		Número	%
Cuenca Baja	Ciudad Autónoma de Buenos Aires	33	9,04 %
	Avellaneda	9	2,47 %
	Lanús	21	5,75 %
Cuenca Media	Almirante Brown	238	65,21 %
	La Matanza	7	1,92 %
	Merlo	10	2,74 %
Cuenca Alta	Cañuelas	33	9,04 %
	Presidente Perón	5	1,37 %
	San Vicente	7	1,92 %
	General Las Heras	2	0,55 %
TOTAL		365	100

De las 365 muestras tomadas en los diferentes municipios, la prevalencia de plombemias no detectables (LD = 2 µg/dl) fue del 96 %. Sólo 3 muestras (1 %) arrojaron valores mayores al LC = 6 µg/dl, correspondientes

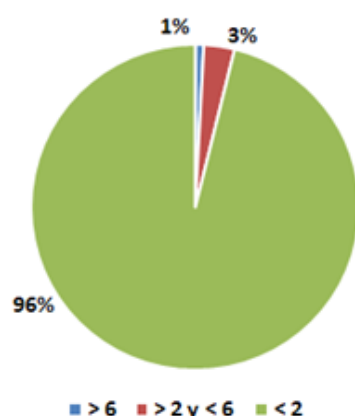
a un perro en Lanús (LA), otro en Cañuelas (CA) y otro en Almirante Brown (AB). El detalle de estas muestras se observa en la tabla 3 y en la figura 2.

Tabla 3. Distribución de los resultados de plumbemia canina superiores al LD según municipio

MUNICIPIO	BARRIO	SEXO	AÑOS VIVIENDO EN EL BARRIO	TAMAÑO	RESULTADO (µg/dl)
Lanús	Barrio Obrero	Macho	4 a 6 años	Grande	17,3
Almirante Brown	Arseno	Hembra	0 a 3 años	Pequeño	9,2
Cañuelas	Santa Marta	Hembra	0 a 3 años	Pequeño	9,0
Almirante Brown	Longchamp	Macho	4 a 6 años	Mediano	5,2
Almirante Brown	Longchamp	Hembra	0 a 3 años	Grande	3,7
Cañuelas	1° de Mayo	Hembra	0 a 3 años	Grande	3,4
Lanús	Barrio Obrero	Macho	0 a 3 años	Mediano	3,4
Almirante Brown	Longchamp	Macho	0 a 3 años	Mediano	3,2 *
Lanús	Barrio Obrero	Hembra	0 a 3 años	Pequeño	2,8
Las Heras	Villars	Hembra	0 a 3 años	Pequeño	2,6
Avellaneda	Inflamable	Hembra	4 a 6 años	Mediano	2,4
Lanús	Barrio Obrero	Hembra	0 a 3 años	Mediano	2,3
Avellaneda	Inflamable	Hembra	0 a 3 años	Mediano	2,1
Ciudad Autónoma de Buenos Aires	Villa 21/24	Hembra	0 a 3 años	Pequeño	2,0
Almirante Brown	La Cumbre	Hembra	0 a 3 años	Mediano	2,0

* perro comunitario

Figura 2. Distribución de las determinaciones de plumbemia canina: menores a 2 µg/dl, entre 2 y 6 µg/dl, y mayores a 6 µg/dl



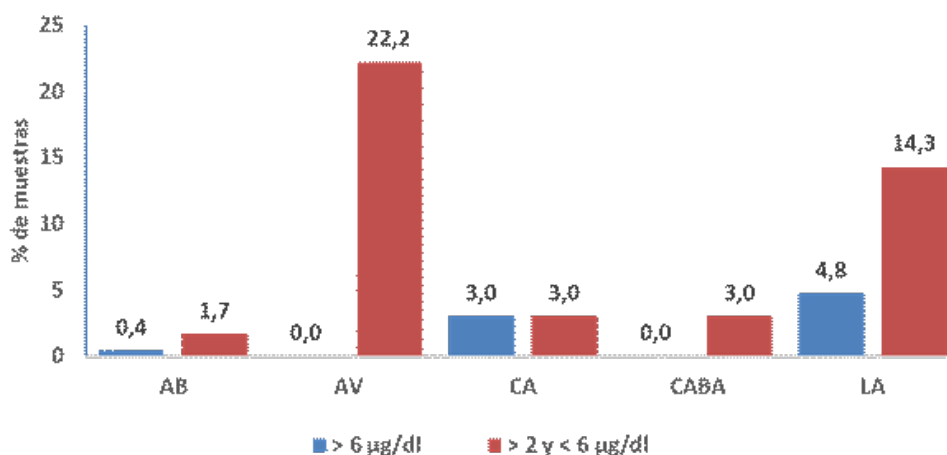
La muestra de Cañuelas correspondió a una perra pequeña con residencia en el lugar entre 0 y 3 años, y arrojó un valor de plumbemia de 9 µg/dl. A través de la entrevista a un miembro de la familia que convivía con el perro, se supo que unos meses antes fueron cambiadas en la vivienda las cañerías de agua antiguas, y que quedaron durante un tiempo en el predio al alcance del animal.

La muestra de Lanús, cuyo resultado fue de 17,3 µg/dl, dio origen a una visita de un equipo interdisciplinario (médico toxicólogo, técnico analista ambiental, veterinario, enfermero, gestor de caso) al hogar donde residía el perro. Se tomaron muestras de sangre a los dos adultos convivientes y posteriormente se analizaron sus niveles de plumbemia, los resultados estuvieron por debajo de 5 µg/dl. Con un equipo de fluorescencia de rayos X para la medición de metales en suelo, se detectaron concentraciones de Pb en el suelo del jardín de la vivienda, a una profundidad entre 0 y 15 cm en los lugares en los que habitualmente se encontraba el perro, en un rango

de 155 y 374 $\mu\text{g/g}^{19}$. La entrevista a los miembros de la familia reveló que un vecino de la propiedad lindera, hasta un año antes, quemaba habitualmente residuos eléctricos para recuperar metales, y el humo solía dispersarse hacia la vivienda, siendo ésta una fuente probable de

contaminación del suelo del jardín donde el animal jugaba y se exponía al Pb. La geolocalización de las muestras mostró un agrupamiento significativo de cuatro (4) valores de plumbemia superiores al LD en este mismo Barrio de Lanús.

Figura 3. Porcentajes de muestras con resultados de plumbemia canina entre 2 y 6 $\mu\text{g/dl}$ y mayores a 6 $\mu\text{g/dl}$ en los municipios de Almirante Brown, Avellaneda, Cañuelas, CABA y Lanús



Nota: Almirante Brown (AB, n = 238), Avellaneda (AV, n = 9), Cañuelas (CA, n = 33), CABA (n = 33) y Lanús (LA, n = 21)

El caso detectado en Almirante Brown no pudo ser contactado.

La distribución de casos con plumbemias superiores al LD mostró algunos municipios con porcentaje elevados, entre los que destacan Avellaneda con 22 % y Lanús con 14 % (Ver figura 3).

medias y las desviaciones estándar en los 9 municipios son las que se indican en la tabla 4 y se representa en la figura 4.

Tabla 4. Diferencias significativas entre las plumbemias de los perros de los distintos municipios

COMPARACIÓN	DIFERENCIAS DE MEDIAS ENTRE AMBOS GRUPOS (X $\pm$ DS)	VALOR DE p*
AB vs CA	1,1 $\pm$ 0,6 vs 1,4 $\pm$ 1,4	p < 0,05
AB vs LA	1,1 $\pm$ 0,6 vs 2,1 $\pm$ 3,5	p < 0,05
CABA vs LA	1,0 $\pm$ 0,2 vs 2,1 $\pm$ 3,5	p < 0,05

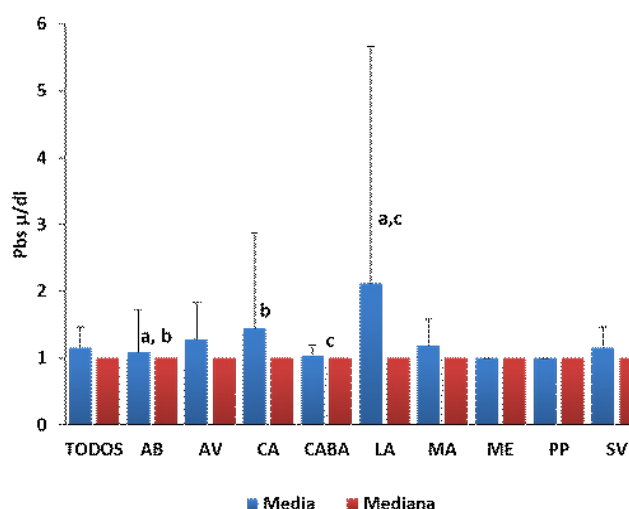
AB = Almirante Brown; CA = Cañuelas; LA = Lanús; CABA = Ciudad Autónoma de Buenos Aires

DS = desviación estándar

(*) Kruskal-Wallis Test (Nonparametric ANOVA). Elaboración propia

Se analizó la existencia de diferencias significativas entre los niveles de plumbemia de los perros de los distintos municipios. Las concentraciones medias, las

Figura 4. Concentraciones medias y desviaciones estándar y medianas y desviaciones de plumbemia de los perros en los distintos municipios



a, b, c = letras iguales indican diferencias significativas (p < 0.05) entre municipios.

Nota: Almirante Brown (AB), Avellaneda (AV), Cañuelas (CA), Lanús (LA), La Matanza (MA), Merlo (ME), Presidente Perón (PP), San Vicente (SV)

Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,0002$) entre las medianas de las plombemias de los municipios agrupados por cuencas (Cuencas Baja, Media y Alta) pero no así entre las medias. Estos resultados se muestran en la tabla 5 y en la figura 5.

No se encontraron diferencias significativas entre las plombemias superiores a $2 \mu\text{g/dl}$ cuando se relacionaron con el sexo del animal, las edades y los tamaños de los perros, mediante el análisis de varianza no paramétrico (test de Kruskal-Wallis).

Tabla 5. Plombemias de perros en la Cuenca Alta, Media y Baja

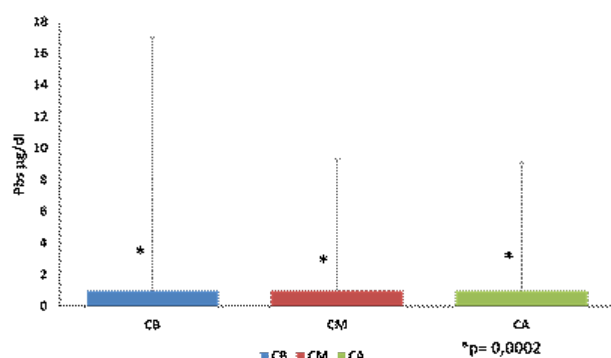
CUENCA	Nº	MEDIANA (Pbs $\mu\text{g/dl}$)	RANGO	MEDIA (Pbs $\mu\text{g/dl}$)	DS
Baja *	63	1,0	16,0	1,4	2,1
Media *	255	1,0	8,3	1,1	0,6
Alta *	47	1,0	8,1	1,4	1,2

DS = desviación estándar

N = cantidad de muestras

* = diferencias significativas ($p = 0,0002$) de medianas

Figura 5. Rangos y medianas de plombemia en Cuenca Alta (CA), Cuenca Media (CM) y Cuenca Baja (CB)



DISCUSIÓN

A partir del hallazgo de altos porcentajes de la población infantil de Villa Inflamable y Villa Corina, en el Municipio de Avellaneda, con valores inaceptables de Pb^{20} en el año 2003, la contaminación con este metal y su monitoreo a través de la medición de plombemia en los niños, ha marcado la gestión de la salud ambiental de la CMR en los últimos años. Muchas acciones sobre los sitios contaminados de la CMR han tenido como protagonista a la preocupación por el Pb^{21} . El hecho que la medición de las plombemias tenga una técnica accesible, y que haya protocolos consensuados para la definición de los casos y el seguimiento, ha facilitado la selección de este metal como un “contaminante crítico” en la CMR, a sabiendas que muchos otros contaminantes pueden estar presentes.

Según resultados de una encuesta sobre condiciones de vida de los animales de la CMR realizada por ACUMAR en 2016, en 229 hogares de los municipios de Avellaneda,

Merlo, San Vicente, Cañuelas y La Matanza, el promedio de perros por hogar es de 2,33, con un amplio rango (0 a 23) determinado por la existencia de varias familias dedicadas a la cría de animales en sus domicilios. En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires se ha censado un perro por cada dos hogares²².

Las condiciones de vulnerabilidad de algunos barrios de la CMR y la precariedad de las viviendas, determina que los perros pasen mucho tiempo fuera de los hogares, deambulando por los espacios comunes.

Si bien los puntos de muestreo abarcaron una gran parte del territorio de la CMR (ver figura 1), la muestra no es representativa, ya que la distribución estuvo influenciada por la localización de los consultorios móviles para castración de ACUMAR, que a su vez respondieron a las necesidades de los municipios de la CMR. Así, el mayor número de muestras fueron tomadas en Almirante Brown (AB) donde se realizó la mayor cantidad de castraciones en el período de estudio.

De los resultados de los 365 perros evaluados surge un valor medio de plombemia ($\mu\text{g/dl}$) de 1,2 una mediana de 1,0 y una desviación estándar de 0,3, según se observa en la figura 4 (columna “todos”).

Estos valores medios resultaron inferiores (entre 10 y 15 veces) a los reportados por otros autores. Mañay, en Montevideo, obtiene en 200 muestras, un promedio de $16,3 \mu\text{g/dl}$ (rango 2,0 - $111,5$)¹⁴, mientras que Monkiewicz y col. registró en Grecia una media de $11 \mu\text{g/dl}$ cuando valoró la plombemia de 275 perros de distintas edades, sexo y razas¹⁰. Cabe destacar que en Montevideo la nafta aún contenía tetraetilo de plomo como antidetonante cuando se realizó el estudio, y algunos de los perros de Grecia (66) vivían en áreas de minas de Pb. Vale aclarar que Argentina prohibió el uso de Pb en las naftas en el año 1996, así como muchas otras aplicaciones de este metal²².

En otro estudio realizado en Polonia en áreas contaminadas, se evaluó la plombemia en 306 perros. Las concentraciones medias de plombemia de 1,6; 3,2 y 3,3 $\mu\text{g/dl}$, resultaron similares a las halladas en este trabajo¹⁰.

En base a los resultados de las 365 muestras analizadas en los 9 municipios y en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, puede decirse que los valores de plombemia esperable en perros no expuestos, estarían por debajo del LD de 2 $\mu\text{g/dl}$. Los valores más altos probablemente correspondan a fuentes de contaminación puntuales, tal como se ha verificado en dos casos, y que la llamada “minería urbana” debería estar entre las hipótesis a considerar.

Una de las limitaciones que tiene el muestreo por conveniencia realizado para este estudio –perros llevados a castrar a la Unidad Sanitaria Móvil– es que selecciona mayoritariamente a animales de hogares de entornos ambientales cuidados, cuyos dueños están generalmente sensibilizados por pautas de tenencia responsable de animales de compañía. Cabe añadir que en la encuesta realizada, a la pregunta sobre ocupación de los integrantes del hogar, ninguno respondió sobre oficios relacionados con la recuperación ni manipulación de metales pesados.

Mientras que algunos autores^{10,14} señalan que la edad de los perros afecta significativamente las concentraciones de plombemia, independientemente del entorno en el que viven, en los resultados obtenidos en este estudio no se encontraron diferencias significativas entre las plombemias de jóvenes y adultos. Tampoco se encontraron diferencias significativas entre machos y hembras, siendo estos resultados citados también en la tesis de Mañay¹⁴, para quien la zona de captura resultó ser la variable más relevante.

Si bien no se encontraron hallazgos significativos que indiquen exposición de los perros evaluados al Pb ambiental, y solo uno pocos casos de animales mostraron plombemias superiores a 6 $\mu\text{g/dl}$ (1 %), se hallaron diferencias significativas entre las plombemias de algunos municipios, entre Almirante Brown y Cañuelas, entre Almirante Brown y Lanús, y entre Ciudad Autónoma de Buenos Aires y Lanús ($p < 0,05$ en todos los casos). En esta evaluación no se incluyó General Las Heras debido al bajo número de animales evaluados ($n = 2$). Las concentraciones medias y medianas de Lanús resultaron superiores a las de Almirante Brown, Cañuelas y CABA, y llama la atención que uno de los barrios concentra los valores más altos, sugiriendo que existen fuentes de contaminación ambiental por Pb en este barrio.

En dos casos de plombemias elevadas, se pudieron correlacionar con fuentes puntuales que no afectan al barrio o al municipio en su conjunto. Una fue la muestra de Cañuelas con Pb de 9 $\mu\text{g/dl}$ correspondiente a la perra pequeña en contacto con cañerías de agua antiguas que se presume tenían alto contenido de Pb; y el caso de Lanús, de una muestra

cuyo resultado fue de 17,3 $\mu\text{g/dl}$, y se trataba de “minería urbana”, oficio común y altamente contaminante con metales, y que es habitual de encontrar en la cuenca baja del Matanza Riachuelo. Respecto de este caso, hay que destacar que el valor de Pb más alto medido en suelo, de 374 $\mu\text{g/g}$, se halla por debajo del límite máximo permitido 500 $\mu\text{g/g}$ que se establece en el país para suelos residenciales²⁴.

El estudio permitió avanzar sobre el objetivo de establecer valores de referencia de plombemia en perros, dado que en los 8 municipios y Ciudad Autónoma de Buenos Aires, el 96 % de las muestras tuvieron resultados dentro del rango “no detectable” para un LD de 2 $\mu\text{g/dl}$, es posible considerar que la plombemia esperable en perros no expuestos sea inferior a ese valor, y proponer dicho valor de referencia de plombemia para perros no expuestos a fuentes de contaminación, al menos en la Cuenca Matanza Riachuelo.

Los resultados de la investigación de los casos con plombemias superiores al LC aproximan la conclusión que el modelo constituye una herramienta útil para la vigilancia de la exposición a Pb de la población, de una manera ética, accesible, sensible y de bajo costo.

Futuros estudios permitirán profundizar en estos objetivos y, al igual que Mañay en Montevideo¹⁴, en la búsqueda de una relación entre plombemias en niños y perros, a los fines de establecer el potencial marcador centinela de la exposición infantil que podría tener la plombemia de los perros. Según los resultados hallados en este estudio, la investigación sólo tendría sentido en poblaciones reconocidamente expuestas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las Prof. Dras. Nelly Mañay y Edda Villaamil Lepori, a los Dres. Guillermo Lombardo, Bernardo Dagand, Pablo López, Jorge Zavatti, a la Lic. Yesica Virginio, a Patricio Carmona, Martín Lencina y Javier Flamenco, y al Instituto de Desarrollo e Investigaciones Pediátricas (IDIP) del Hospital de Niños “Superiora Sor María Ludovica”, por su apoyo en el desarrollo de la presente investigación.

Esta investigación fue posible por el apoyo financiero del Programa de Becas Salud Investiga “Dr. Abraam Sonis” convocatoria 2017.

BIBLIOGRAFÍA

1. Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), Centro Nacional de Salud Ambiental (NCEH). Prevenga la exposición de los niños al plomo. 2017. [Actualizado en 2017; citado el 3 de mayo 2019]: Disponible en: <https://www.cdc.gov/spanish/especialescdc/envenenamientoporplomo/index.html>.

2. García S. Guía de prevención, diagnóstico, tratamiento y vigilancia epidemiológica de las intoxicaciones ambientales infantiles con plomo. Ministerio de Salud de la Nación. Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones. Buenos Aires, Argentina. 2013. [Citado el 3 de mayo de 2019]. Disponible en: http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000000293cnt-guia_intoxicaciones_con_plomo_2013.pdf.
3. Organización Mundial de la Salud. Intoxicación por plomo y salud. 2018. [Citado el 14 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.
4. World health Organization. Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Food Additives Series: 64. WHO, Geneva; 2011.
5. Juberg RD. Lead and Human Health: an Update. American Council On Science and Health. 2nd ed. 2000. [Citado el 3 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.acsh.org/sites/default/files/Lead-and-Human-Health-An-Update.pdf>.
6. Monkiewicz J, Geringer H, Bas K. Pb Concentration in Dog Blood as an Indicator of Environmental Pollution. *Pol. J. of Environ. Stud.* 1998; 7(5):285-8.
7. Backer LC, Grindem CB, Corbett WT, Cullins L, Hunter JL. Pet dogs as sentinels for environmental contamination. *Science of the Total Environment.* 2001; 274:161-9.
8. Bischoff K, Priest H, Mount-Long A. Animals as Sentinels for Human Lead Exposure: A Case Report. *J. Med. Toxicol.* 2010; 6:185-9. [Citado el 6 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3550297/>.
9. Reif JS. Animal Sentinels for Environmental and Public Health. *Public Health Rep.* 2011; 126(Sup1):50-7.
10. Monkiewicz J, Rogowska KA, Mielnikiewicz A, Grosicki A. Lead in the blood of dogs living in variously contaminated environment. *Bull Vet Inst Pulawy.* 2012; 56:605-9.
11. Monkiewicz J, Rogowska KA, Mielnikiewicz A, Grosicki A. Correlation between the concentration of lead in the blood of dogs and people living in the same environmental conditions. *Bull Vet Inst Pulawy.* 2014; 58:473-7. [Citado el 6 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://content.sciendo.com/view/journals/bvip/58/3/article-p473.xml?lang=en>.
12. Mañay N. Animals as sentinels of human environmental risks: Lead exposure biomonitoring on pets and children. 2010; 196(Sup):S38.
13. Ostrowski SR. Sentinel Animals (Dogs) as Predictors of Childhood Exposure to Environmental Lead Contamination: Observations on Preliminary Results. En: *In Situ Evaluation of Biological Hazards of Environmental Pollutants. Environmental Science Research.* 1990; 38:145-50.
14. Mañay N. El monitoreo biológico de plomo en perros. Tesis de doctorado. Facultad de Química. Universidad de la República. 2001.
15. Magallanes A. La cuenca del Matanza-Riachuelo. El desafío del saneamiento tras 200 años de contaminación y olvido. *Revista Voces en el Fénix.* 2015; 43:20-9. [Citado el 13 de mayo de 2019]. Disponible en: https://www.vocesenelfenix.com/sites/default/files/numero_pdf/fenix43%20baja.pdf.
16. Teddlie C, Yu F. Mixed Methods sampling: A typology with examples. *J Mix Methods Res.* 2007; 1(1):77-100. [Citado el 10 de octubre de 2019] Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1558689806292430>.
17. Parsons PJ, Chisolm J. The lead laboratory. [Citado el 13 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/nceh/lead/publications/1997/pdf/c1.pdf>.
18. Lubin JH, Colt JS, Camann D, Davis S, Cerhan JR, Severson RK et al. Epidemiologic Evaluation of Measurement Data in the Presence of Detection Limits. *Environ Health Perspect.* 2004; 112(17):1691-6. [Citado el 2 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1253661/>.
19. Dirección de Salud y Educación Ambiental de la Autoridad de la Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR). Protocolo de resultados de las mediciones de metales en suelo por XRF Lanús, Oeste, N°: 0019-LAN-FH 4-8.2017.
20. JMB. Ingeniería Ambiental. Informe Final Capítulo 7, Estudio de Salud. Plan de Acción Estratégico para la gestión ambiental sustentable de un área urbano-industrial a escala completa. 2003. [Citado el 13 de mayo de 2019]. Disponible en: http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/1000018618_02.pdf.
21. Auditoría General de la Ciudad de Buenos Aires. Contaminación por plomo en niños de las villas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. [Citado el 13 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.farn.org.ar/wp-content/uploads/2014/06/Riachuelo-Informe-plomo-en-sangre-en-ni%23U00f1os-2014.pdf>.
22. Dirección General de Estadísticas y Censos del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Informe módulo de tenencia responsable y sanidad de perros y gatos. Encuesta anual de hogares 2014. Buenos Aires, 2016. [Citado el 13 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/?p=50681>.
23. García SI, Mercer R. Salud infantil y plomo en Argentina. Experiencia Latinoamericana. *Salud Pública de México.* 2003; 45(Su2):252-78. [Citado el 13 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10608801>.
24. Decreto Reglamentario N° 831/93 de 23 de abril de 1993. Anexo II Tabla 9, de la Ley 24.051 sobre Régimen de Residuos Peligrosos. Boletín Oficial, Argentina 1993. [Citado el 13 de mayo de 2019]. Disponible en: https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/migration_files/Normas_secundarias/Anexo_documental/Rep%C3%BAblica_Argentina/Suelo/AR-SU-03-831.pdf.