

Concentraciones de plomo, cadmio y cromo y su relación con algunas modificaciones morfológicas en tejidos de palomas *Columba livia* de la ciudad de México e Ixtlahuaca, Estado de México

Ramón A. Delgado González*
Teresa I. Fortoul van der Goes**
René Rosiles Martínez*

Resumen

Se muestrearon 50 palomas *Columba livia* de 5 zonas del área metropolitana de la ciudad de México y 10 de Ixtlahuaca, Estado de México, con la finalidad de medir las concentraciones de plomo, cadmio y cromo, las características histológicas de encéfalo, pulmón, hígado y riñón y las alteraciones ultraestructurales utilizando microscopía electrónica de barrido en el caso de pulmón. Las concentraciones más altas de plomo se observaron en el riñón, con 11.03 ppm, en la Merced; de cadmio, en riñón con 6.86 ppm y en el Pedregal de San Angel y con 6.07 ppm en Tlalnepantla. Las muestras del municipio de Ixtlahuaca tuvieron siempre los valores más bajos y las concentraciones más altas fueron: plomo, 2.19 ppm, en hígado; cadmio, 0.91 ppm, en riñón, y cromo, 1.54 ppm, en encéfalo. Las concentraciones promedio de plomo en las palomas de la ciudad de México fueron en riñón 7.6, en encéfalo 5.15, en hígado 3.92 y en pulmón 3.64 ppm. Las concentraciones promedio del cadmio fueron: en riñón, 5.32; hígado, 1.04; encéfalo 0.86 y pulmón 0.58 ppm. Los valores promedio de cromo fueron: en riñón, 4.34; encéfalo; 3.79; pulmón; 2.65 y en hígado 1.77 ppm. Lo observado en el pulmón a nivel ultraestructural fueron partículas en las muestras de las zonas de Tlalnepantla, San Felipe y La Merced, pero no se observaron cuerpos ferruginosos en el estudio histológico. Los principales hallazgos histológicos encontrados fueron: Infiltración linfocitaria multifocal en pulmón, hígado y riñón, así como hemosiderina en pulmón e hígado y antracosis en pulmones, además de metaplasia ósea en el parénquima pulmonar en un solo caso.

Introducción

Debido a los altos niveles de contaminación atmosférica

que se registran en la ciudad de México y el área metropolitana, el 80% de la población presenta irritación de vías respiratorias. En particular, los niños tienen una elevada incidencia de enfermedades no infecciosas asociadas a la contaminación ambiental, generada por industrias y vehículos.^{12, 23, 29} En el hombre, mediante radiografías de tórax y exámenes de funcionamiento respiratorio, se observa una alta prevalencia de alteraciones crónicas de las vías respiratorias, que se ha señalado como una posible consecuencia de la contaminación.^{2, 3, 4, 5, 6, 7, 27, 32}

Se han utilizado varios sistemas de vigilancia para conocer el grado de contaminación por metales pesados.^{16, 21, 33, 34} A través de estos sistemas se ha llegado a la medición directa del contaminante que se deposita en el suelo o el que se encuentra en el ambiente. Los organismos vivos se han usado no sólo cuando se desea determinar el grado de contaminación, sino además cuando se quieren conocer los efectos biológicos de los contaminantes.^{7, 9, 11, 19, 24, 25, 28, 34}

En las palomas que habitan la ciudad de México, se han encontrado concentraciones de plomo en pulmón, hígado y riñón de 4.26 ppm, 9.14 ppm y 27.9 ppm, respectivamente, y de cadmio, de 0.51 en pulmón, 2.07 en hígado y 11.3 ppm en riñón.^{10, 12, 28, 32}

La población puede estar expuesta al plomo, cromo y cadmio que se encuentran en el agua, aire y alimentos. Las fuentes de estos elementos pueden ser plantas industriales, drenajes y subproductos de la combustión, entre otros.^{20, 23, 31}

Esta serie de antecedentes pone de manifiesto a la ciudad de México como una zona de alta contaminación, y las palomas que viven en ella permanentemente pueden ser usadas como sistema de vigilancia del grado de contaminación, ya que se conoce su participación en el ecosistema.

Con base en lo expuesto, se desea conocer el grado de depósito de los metales pesados en los tejidos, justificándolo mediante la determinación de agresión tisular que provoca en los individuos. En este estudio se correlacionan los niveles de plomo, cadmio y cromo en encéfalo, pulmón, hígado y riñón de las palomas *Columba livia* con la procedencia y el daño tisular. Asimismo, se propone a las palomas como un sistema de vigilancia de la contaminación ambiental por plomo, cromo y cadmio en la ciudad de México.

Recibido para su publicación el 26 de febrero de 1993

*Laboratorio de Toxicología. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 04510, México, D.F.

**Departamento de Histología. Facultad de Medicina. Universidad Nacional Autónoma de México. 04510, México, D.F.

Material y métodos

El área metropolitana del Valle de México se dividió en cinco zonas: dos en el norte, dos en el sur y una en el centro. Como referencias las zonas fueron: En el noroeste Tlalnepantla (T), en el noreste San Felipe (X), en el centro, la Merced (M), en el suroeste el Pedregal de San Angel (P) y en el sureste el Cerro de la Estrella (E), de acuerdo a las principales estaciones de la Red Automática de vigilancia atmosférica, del Valle de México.

Las palomas, capturadas, con una red, se mantuvieron en jaulas y se clasificaron según el lugar de procedencia, peso y sexo.

En el área metropolitana se muestrearon 10 ejemplares de cada zona para dar un total de 50 aves del grupo problema. Se capturaron 10 aves, como grupo de referencia, de una región sin contaminación atmosférica aparente con características de altura similares a la ciudad de México. En este caso fue el municipio de Ixtlahuaca, Edo. de México.

Las palomas fueron sacrificadas por el método de dislocación cervical. Los pulmones de una paloma de cada grupo fueron estudiados con microscopía electrónica de barrido, para buscar partículas contaminantes. La tráquea fue canulada y conectada a un sistema de flujo continuo de agua a 7.5 atm de presión positiva. La cavidad torácica fue abierta para exponer el corazón y los pulmones. El ventrículo derecho y la vasculatura fueron canuladas con catéter de teflón.

La perfusión de la vasculatura pulmonar se inició con una solución salina al 0.9% heparinizada. Esta perfusión fue seguida por la fijación con glutaraldehído-paraformaldehído amortiguado con cacodilato a pH 7.4, modificado de la solución original de Karnovsky.¹⁷ La perfusión de la vasculatura continuó por 15 minutos, los pulmones y el corazón se disecaron en bloque, se ligó la tráquea y los pulmones fueron sumergidos en el fijador de Karnovsky modificado a 4°C.^{4,6,17}

Los bloques de tejido deshidratado en alcohol fueron secados a punto crítico con dióxido de carbono y adheridos a discos de carbón; se disecaron los bloques antes de montarlos para revelar los bronquios principales. Después se cubrieron con una capa delgada de oro (aproximadamente 250 Amstrongs) en un triodo frío y se observaron en un microscopio electrónico de barrido (M.E.B.).

Se realizó la disección de las aves restantes y se tomaron muestras de encéfalo, pulmón, hígado y riñón de aproximadamente 0.5 cm de grosor, las cuales fueron fijadas en formalina al 10% con amortiguador de fosfatos a pH 7.6. De estos órganos, el restante se conservó en cajas de Petri a 20°C hasta su procedimiento para la determinación de plomo, cadmio y cromo que se efectuó en un espectrofotómetro de absorción atómica.²⁶

Se tomó aproximadamente 1 g de cada tejido y se incineró a 500°C por 12 horas. Las cenizas se suspendieron en 25 ml de ácido clorhídrico. La optimización del aparato se realizó con lámparas específicas para cada

elemento y la combustión de la flama se hizo con la combinación del aire y acetileno.

La cuantificación de los elementos en las muestras estuvo en función con los patrones del aparato.²⁶ La lectura del aparato se multiplicó por la cantidad de ml del ácido clorhídrico 2 N y se dividió entre la cantidad de la muestra (peso seco), para dar resultados en partes por millón (ppm). El análisis estadístico para los niveles de plomo, cromo y cadmio se realizó con el método de mínimos cuadrados descritos por Searle.³⁰ Para cada metal se utilizó el siguiente modelo de efectos fijos:

$$Y_{ijkl} = M + Li + Sj + Ok + (LO) iK + (SO) jK + E (ijK) l$$

Donde:

Y_{ijkl} : es la concentración de metal encontrados en el K -ésimo órgano de la i -ésima paloma, con el j -ésimo sexo, proveniente de la i -ésima zona.

Li es el efecto de la localización de donde provenía la muestra $i = 1, 2, \dots, 6$.

Sj es el efecto del j -ésimo sexo de la paloma.

Ok es el efecto del k -ésimo órgano muestreado.

$(LO) iK$, $(SO) jK$ son las dobles interacciones entre los efectos principales.

$E (ijK) l$ es el error aleatorio dentro del modelo $ENID (0, a2e)$.

Se utilizó el paquete SAS (Statistical Analysis System) en su modalidad GLM (General Linear Model), con la suma de cuadrados tipo 3, dado que el modelo se encontraba desbalanceado.

Asimismo, los datos se presentan en una figura para una mejor interpretación visual.

Resultados

Los resultados que se presentan pertenecen al análisis de 50 palomas de la zona metropolitana, 28 machos con peso promedio de 286.5 y 22 hembras con un peso promedio de 248.6 g. Las palomas de la zona de Ixtlahuaca fueron 7 machos con peso promedio de 291.4 g y 3 hembras con peso promedio de 290 g.

La alteración en los pulmones a los que se les realizó análisis ultraestructural fue la presencia de partículas contaminantes de 10 hasta 25 mm de longitud en las palomas de Tlalnepantla, San Felipe y la Merced. Sin embargo, no se determinó su origen.

Se analizaron histológicamente encéfalo, pulmón, hígado y riñón y se establecieron diferentes grados de alteraciones clasificándolas por el grado de severidad como leves con 1, moderadas con 2 y severas con 3.

En los encéfalos de las palomas de la zona metropolitana e Ixtlahuaca no se encontraron alteraciones histológicas. En los pulmones se observó antracosis en 47 casos y hemosiderosis en 11 casos. En hígado había hemosiderina en 11 casos. Se encontró infiltración linfocitaria multifocal de diferentes grados en 28 pulmones, 46 hígados y 31 riñones. Un hallazgo en el estudio histológico de un pulmón de la zona de Tlalnepantla fue metaplasia ósea y calcificación en bronquios y parénquima, sin determinar su causa. Los

resultados se muestran en los Cuadros 1, 2, 3, para plomo, cadmio y cromo hubo diferencias significativas ($P < 0.01$) por localización y por el órgano muestreado, mientras que para el sexo no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en ningún caso.

Cuadro 1
HISTOLOGIA DE PULMON DE PALOMAS *Columba livia* DE LA CIUDAD DE MEXICO E IXTLAHUACA

Zona	Lesión	Grado			No. de aves
		1	2	3	
T	Inf. linfocitaria	1	2	4	7
	Antracosis	1	1	8	10
	Hemosiderosis	5	2	0	7
X	Inf. linfocitaria	1	3	1	5
	Antracosis	9	0	0	0
	Hemosiderosis	0	0	0	0
M	Inf. linfocitaria	3	3	1	7
	Antracosis	7	1	0	8
	Hemosiderosis	0	0	0	0
P	Inf. linfocitaria	4	0	2	6
	Antracosis	4	5	1	10
	Hemosiderosis	3	0	0	3
E	Inf. linfocitaria	2	0	1	3
	Antracosis	4	5	1	10
	Hemosiderosis	0	0	1	1
I	Inf. linfocitaria	3	2	0	5
	Antracosis	0	0	0	0
	Hemosiderosis	1	0	1	2

Zona: T = Tlalnepantla, X = San Felipe, M = Merced, P = Pedregal, E = Cerro de la Estrella, I = Ixtlahuaca.

Grado: 1 = leve, 2 = moderado, 3 = severo

Los niveles de plomo en riñones fueron más altos para la Merced con 11.03 ppm y Tlalnepantla con 8.88 ppm. Los niveles intermedios se observaron en el Cerro de la Estrella con 6.74 ppm y el Pedregal con 6.45 ppm y los niveles más bajos en San Felipe con 4.94 e Ixtlahuaca con 1.92 ppm. Los niveles de plomo en los encéfalos fueron para Tlalnepantla de 7.5 ppm, La Merced 5.35 ppm, el Pedregal 4.87 ppm, el Cerro de la Estrella 4.62 ppm, San Felipe 3.54 ppm e Ixtlahuaca 2.19 ppm. El plomo en pulmones fue más alto en Tlalnepantla con 4.7 ppm y la Merced con 3.94 ppm. Los valores intermedios se encontraron en el Pedregal, San Felipe y el Cerro de la Estrella con 3.28 ppm, 3.21 ppm y 3.09 ppm, respectivamente, y los valores más bajos en Ixtlahuaca con 1.17 ppm. Los niveles de plomo en hígado fueron de 4.66 ppm en el Pedregal, de 4.49 ppm en la Merced, de 3.99 ppm en Tlalnepantla, de 3.29 en San Felipe y de 3.21 en el Cerro de la Estrella; Ixtlahuaca tuvo los valores más bajos, de 1.09 ppm. Los resultados de plomo se observan en el Cuadro 4.

Las zonas con los niveles más altos de cadmio en riñón fueron el Pedregal con 6.86 ppm, San Felipe con 6.31 ppm y el Cerro de la Estrella con 5.77 ppm, significativamente diferente ($P > 0.05$) a las anteriores

Cuadro 2
HISTOLOGIA DE HIGADO DE PALOMAS *Columba livia* DE LA CIUDAD DE MEXICO E IXTLAHUACA

Zona	Lesión	Grado			No. de aves
		1	2	3	
T	Inf. linfocitaria	2	2	6	10
	Hemosiderosis	3	2	1	6
X	Inf. linfocitaria	6	3	1	10
	Hemosiderosis	2	0	0	2
M	Inf. linfocitaria	2	3	2	7
	Hemosiderosis	1	0	1	2
P	Inf. linfocitaria	5	2	2	9
	Hemosiderosis	0	0	0	0
E	Inf. linfocitaria	3	3	4	10
	Hemosiderosis	1	0	0	1
I	Inf. linfocitaria	2	2	1	5
	Hemosiderosis	1	1	0	2

Zona Grado
T = Tlalnepantla 1 = Leve
X = San Felipe 2 = Moderado
M = Merced 3 = Severo
P = Pedregal
E = Cerro de la Estrella
I = Ixtlahuaca

y a Tlalnepantla con 4.56 ppm y La Merced con 3.13 ppm, siendo éstos los niveles intermedios. En cuanto a encéfalo, pulmón e hígado, no hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en las diferentes zonas de la ciudad de México e Ixtlahuaca. Los resultados se muestran en el Cuadro 5.

Los niveles más altos de cromo se observaron en riñones en Tlalnepantla con 6.07 ppm y los valores intermedios en el Cerro de la Estrella con 4.8 ppm, La Merced con 4.64 ppm y San Felipe con 4.08 ppm. Los niveles más bajos se encontraron en el Pedregal con 2.13 ppm y en Ixtlahuaca con 1.17 ppm. Las concentraciones promedio de cromo en encéfalo fueron altas para La Merced con 5.25 ppm y el Cerro de la Estrella

Cuadro 3
HISTOLOGIA DE RIÑON DE PALOMAS *Columba livia* DE LA CIUDAD DE MEXICO E IXTLAHUACA

Zona	Lesión	Grado			No. de aves
		1	2	3	
T	Inf. linfocitaria	6	1	0	7
X	Inf. linfocitaria	4	2	1	7
M	Inf. linfocitaria	3	3	0	6
P	Inf. linfocitaria	7	1	0	8
E	Inf. linfocitaria	1	2	0	3
I	Inf. linfocitaria	2	1	0	3

Zona Grado
T = Tlalnepantla 1 = Leve
X = San Felipe 2 = Moderado
M = Merced 3 = Severo
P = Pedregal
E = Cerro de la Estrella
I = Ixtlahuaca

Cuadro 4
CONCENTRACION PROMEDIO DE PLOMO (ppm)
EN ORGANOS DE PALOMAS *Columba livia* DE LAS ZONAS
DE LA CIUDAD DE MEXICO E IXTLAHUACA

Zona	Encéfalo	Pulmón	Hígado	Riñón
T	7.50	4.70	3.99	8.88
X	3.54	3.21	3.29	4.94
M	5.35	3.94	4.49	11.03
E	4.62	3.09	3.21	6.74
P	4.76	3.28	4.66	6.45
I	2.19	1.17	1.09	1.92

Zonas: T = Tlalnepantla, X = San Felipe, M = Merced, P = Pedregal, E = Cerro de la Estrella, I = Ixtlahuaca

Grado: 1 = leve, 2 = moderado, 3 = severo

con 5.08 ppm; fueron intermedias para Tlalnepantla con 3.87 ppm y San Felipe con 3.14 ppm y bajas para el Pedregal con 1.64 ppm e Ixtlahuaca con 1.54 ppm. Para cromo en pulmones los niveles fueron de 3.33 ppm en el Cerro de la Estrella, 3.04 ppm en la Merced, 2.72 ppm en San Felipe, 2.61 ppm en Tlalnepantla, 1.59 ppm en el

Cuadro 5
CONCENTRACION PROMEDIO DE CADMIO (ppm)
EN ORGANOS DE PALOMAS *Columba livia* DE LAS ZONAS
DE LA CIUDAD DE MEXICO E IXTLAHUACA

Zona	Encéfalo	Pulmón	Hígado	Riñón
T	0.54	0.35	0.71	4.56
X	0.98	0.78	0.82	6.31
M	1.32	0.71	1.07	3.13
E	0.81	0.49	0.94	5.77
P	0.68	0.59	1.66	6.86
I	0.60	0.30	0.40	0.91

Zonas: T = Tlalnepantla, X = San Felipe, M = Merced, E = Cerro de la Estrella, P = Pedregal, I = Ixtlahuaca

Grado: 1 = leve, 2 = moderado, 3 = severo

Pedregal y 0.85 en Ixtlahuaca. Los resultados de cromo en hígado en general fueron bajos, de 2.3 ppm en la Merced, 2.2 ppm en el Cerro de la Estrella, 1.78 ppm en Tlalnepantla, 1.68 ppm en San Felipe, 0.91 ppm en el Pedregal y 0.62 en Ixtlahuaca. Los resultados se observan en el Cuadro 6.

Las medias aritméticas y las desviaciones estándar obtenidas para cada uno de los sexos con respecto a las concentraciones de plomo, cadmio y cromo en la ciudad de México e Ixtlahuaca no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) en ninguna de las aves.

En cuanto a los niveles de los distintos metales existentes en órganos, en el Cuadro 7 se distingue que el riñón es el órgano más afectado. Respecto al plomo, el encéfalo tiene los niveles siguientes en importancia y por último el hígado y el pulmón. Para el cadmio el hígado es el siguiente más afectado, mientras que el encéfalo y el pulmón presentaron los niveles más bajos. En el cromo, el encéfalo está más afectado después del riñón, seguido por el hígado y el pulmón.

En Ixtlahuaca las concentraciones más altas de plomo se observaron en encéfalo, seguido por el riñón, pul-

Cuadro 6
CONCENTRACION PROMEDIO DE CROMO (ppm)
EN ORGANOS DE PALOMAS *Columba livia* DE LAS ZONAS
DE LA CIUDAD DE MEXICO E IXTLAHUACA

Zona	Encéfalo	Pulmón	Hígado	Riñón
T	3.87	2.61	1.78	6.07
X	3.14	2.72	1.68	4.08
M	5.25	3.04	2.30	4.64
E	5.08	3.33	2.20	4.80
P	1.64	1.59	0.91	2.13
I	1.54	0.85	0.62	1.17

Zonas: T = Tlalnepantla, X = San Felipe, M = Merced, E = Cerro de la Estrella, P = Pedregal, I = Ixtlahuaca

Grado: 1 = leve, 2 = moderado, 3 = severo

món e hígado. El cromo presentó niveles similares a los de plomo. El cadmio tuvo los valores más altos en riñón, los niveles intermedios en encéfalo e hígado y los más bajos en pulmón. Los resultados se observan en el Cuadro 7.

Cuadro 7
CONCENTRACION PROMEDIO DE PLOMO, CROMO Y CADMIO (ppm) EN ORGANOS DE PALOMAS *Columba livia* DE LA CIUDAD DE MEXICO (M) E IXTLAHUACA (I)

Metal	Encéfalo		Pulmón		Hígado		Riñón	
	M	I	M	I	M	I	M	I
Plomo	5.15	2.19	3.65	1.17	3.93	1.09	7.61	1.92
Cromo	3.80	1.54	2.66	0.85	1.77	0.62	4.34	1.17
Cadmio	0.87	0.60	0.58	0.30	1.04	0.40	5.32	0.91

La interacción localización-órgano resultó significativa y se muestra en las Figuras 1, 2 y 3. El nivel más alto de plomo fue encontrado en los riñones de palomas obtenidas en la zona de la Merced y en los encéfalos de Tlalnepantla. Los niveles más altos de cadmio se encontraron en riñones de palomas provenientes de la zona de Tlalnepantla, seguidos por los encéfalos de las zonas de la Merced y el Cerro de la Estrella.



Figura 1. Partículas de $5 \times 2 \times 12 \mu\text{m}$ que se encontró en un pulmón de paloma de la zona de Tlalnepantla. MEB 1200 X.

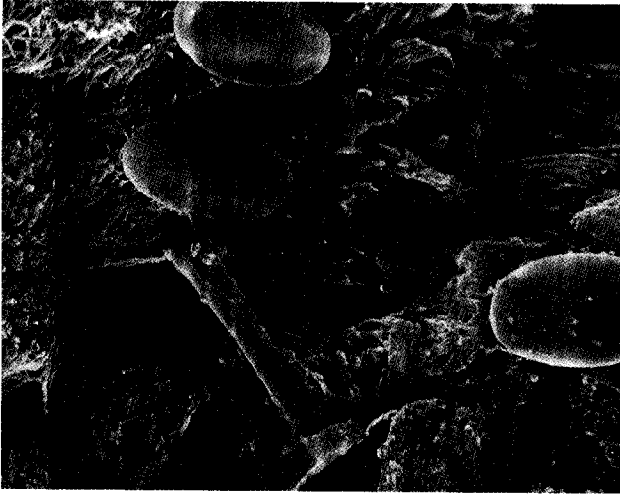


Figura 2. Partícula de $2 \times 20 \mu\text{m}$ que se encontró en un pulmón de paloma de la zona de San Felipe. MEB 2400 X.

Discusión

En los últimos años las palomas se han utilizado como indicador biológico de la contaminación ambiental por metales pesados que se encuentran en el aire; sin embargo, la información en México es escasa y la mayoría de los estudios sólo describen el grado de exposición a plomo.^{8, 9, 14, 24, 28, 34}



Figura 3. Partículas de $2 \times 30 \mu\text{m}$ que se encontró en un pulmón de paloma de la zona de la Merced. MEB 6000 X.

En Baltimore, Maryland, EUA, Dement *et al.*^{7, 8} informaron niveles de plomo en hígado de palomas urbanas de 3.48 ppm y en riñón de 9.53 ppm y en palomas de lugares alejados de contaminación ambiental en hígado, de 0.43 ppm, y en riñón, de 0.5 ppm.

En estudios realizados por Drasch *et al.*,⁹ Grim *et al.*¹⁵ y Walser³⁴ en diferentes épocas en Munich, Alemania, se encontraron niveles de plomo en hueso de hasta 49.5 ppm y se correlacionaron los niveles de plomo con la cantidad de automóviles por día en diversos sitios. Estos

investigadores concluyeron que la paloma es el animal casi ideal para medir la contaminación ambiental por plomo. La principal razón es que dicha especie es completamente estacionaria.

El plomo presente en pulmones y aparato digestivo se incrementa progresivamente con la densidad de circulación de autos de motor y con los niveles de plomo en la atmósfera.^{7, 8, 14, 34}

El aparato respiratorio como ruta para la entrada de plomo a la paloma es tres veces mayor que la ruta digestiva; ello sugiere que la paloma tiene gran afinidad al plomo en ciudades que presentan altas concentraciones del metal.

Se han empleado otros animales como indicadores biológicos de la contaminación ambiental. Alcázar *et al.*¹ y García *et al.*¹³ señalan niveles de plomo en perros de la ciudad de México, en encéfalo de 2.35 hasta 7.94 ppm, en riñón de 6.2 a 17.5 ppm y en pelo de 27.7 a 39.7 ppm.

En halcones (*Falcon peregrinis*), en Baltimore, Maryland, EUA, Dement *et al.*^{7, 8} informaron niveles de plomo de 0.74 ppm en hígado y de 1.4 ppm en riñón.⁷

En la ciudad de México, Rosiles y López²⁸ encontraron niveles de plomo en tejidos de palomas, en pulmón de 4.26 ppm, en hígado de 9.14 ppm y en riñón de 27.9 ppm y de cadmio de 0.51 ppm en pulmón, de 2.07 ppm en hígado y de 11.3 ppm en riñón, semejantes a los referidos en este trabajo.²⁸

En estudios hechos en tejidos de palomas en distintas zonas de Inglaterra, se notifican niveles de plomo en encéfalo de 12 ppm, en hígado de 21.6 ppm, en riñón de 21.4 ppm y en hueso de 69.2 ppm y niveles de cadmio en encéfalo de 0.47 ppm, en hígado de 9.48 ppm y en riñón de 50.7 ppm. Los niveles aumentaron conforme se acercaban al centro de Londres.^{18, 19, 22, 25}

En el presente estudio, se informan los niveles de plomo en tejidos de palomas capturadas en diferentes zonas del área metropolitana de la ciudad de México. En encéfalo los mayores niveles de plomo fueron de 7.5, ppm pero no alcanzaron los que menciona Hutton en Inglaterra, de 12 ppm.¹⁹ Los niveles más altos de plomo en hígado fueron de 4.66 ppm, inferiores a los notificados por Rosiles,²⁸ quien encontró 9.14 ppm. Al comparar estos dos niveles anteriores con los encontrados por Hutton y Goodman¹⁹ mencionan 21.6 ppm, que también son inferiores. Esto se interpreta como que los niveles de plomo en este órgano en palomas de Inglaterra son superiores a los de las palomas de México. En pulmón los niveles mayores de plomo fueron de 4.7 ppm; Rosiles y López²⁸ comunican hallazgos similares con 4.26 ppm. Los mayores niveles de plomo en riñón son de 11.03, y son inferiores tanto a los notificados por Hutton y Goodman,¹⁹ que son 21.4 ppm, y a los de Rosiles y López,²⁸ de 27.9 ppm.

Las concentraciones promedio más altas de cadmio encontradas en el presente estudio fueron: para el encéfalo de 1.32 ppm, más altas a las notificadas por Hutton, de 0.47 ppm.¹⁸ En el hígado, en este estudio se encontraron 1.66, ppm que difieren de los encontrados por Rosiles y López²⁸ de 2.07 ppm y Hutton¹⁸ de 9.48

ppm. Esta misma relación se observa en el caso del riñón (6.86 ppm), frente a lo notificado por Hutton (50.7 ppm) y Rosiles y López (11.3 ppm).^{18, 28}

En este trabajo, la significancia se debió básicamente a las concentraciones obtenidas en Ixtlahuaca, ya que siempre presentó los valores más bajos. En los niveles de plomo observados en la ciudad de México, las zonas más afectadas fueron la Merced y Tlalnepantla y las zonas intermedias el Pedregal y el Cerro de la Estrella; el nivel bajo se observó en San Felipe.

Para el cadmio las zonas con niveles altos fueron el Pedregal y San Felipe, mientras que las más bajas se registraron en el Pedregal, similares a Ixtlahuaca.

En frotis directos de las palomas se observó *Haemoproteus columbae* en eritrocitos del 100% de las aves.

Los hallazgos al estudio histológico fueron principalmente focos de infiltración de linfocitos en pulmón, hígado y riñón en diferentes grados, que sugieren la exposición crónica a antígenos, además de hemosiderina en pulmón e hígado. Tanto el infiltrado linfocitario como la hemosiderina coinciden con la presencia de hemoprotozoario, el cual actúa como un estímulo antigénico crónico y como causante de hemólisis, ya que es un parásito intracelular obligado.¹⁷

Se concluye que el órgano con mayor concentración de estos metales fue el riñón en ambos sexos.

La zona más afectada resultó ser la Merced, la cual se encuentra en el centro de la ciudad de México y presenta un gran movimiento vehicular; dado que hay poco movimiento de las capas de aire contaminado, éste se mantiene por periodos prolongados en esta zona.

Los niveles de plomo, cromo y cadmio informados en este estudio son ligeramente más bajos que los encontrados por Rosiles y López²⁸ y muy altos con respecto a la zona de referencia, municipio de Ixtlahuaca, Estado de México.

El estudio demuestra que las palomas de un ambiente urbano contaminado pueden acumular elevadas concentraciones de estos metales, como en el caso de la ciudad de México. En contraste, los hallazgos en las palomas de la zona de Ixtlahuaca, un lugar con escaso tránsito vehicular y sin actividad industrial, muestran bioacumulación menor de plomo, cromo y cadmio en sus tejidos.

La exposición del humo de las fábricas, donde se usan como materia prima estos metales, será siempre nociva para la salud tanto humana como animal. La acumulación en los tejidos de las aves llama la atención para el daño potencial de niños que inhalan polvos en áreas urbanas o ingieren el metal por otras causas.

La capacidad de las palomas para acumular y concentrar en su organismo metales pesados, es considerada como una característica deseable para ser un organismo indicador. Esto puede facilitar la revisión periódica de la contaminación por tales metales en un ambiente urbano.^{9, 15, 24, 34}

Los hallazgos histopatológicos y el estudio de microscopía electrónica de pulmón no establecen que el plomo, cromo y cadmio produzcan lesiones tisulares específicas; sin embargo, el estudio químico toxicológico

permite proponer a las palomas *Columba livia* como parte de un sistema de vigilancia biológico de la contaminación ambiental de la ciudad de México.

Aún falta delimitar mejor las áreas problema, un control adecuado, así como realizar los muestreos periódicamente. Asimismo, es preciso crear fuentes de información sobre las concentraciones de metales como cadmio y cromo en el aire de la ciudad de México.

Abstract

Fifty pigeons (*Columba livia*), divided in 5 groups of ten pigeons each, were captured from 5 sites of Mexico City and ten pigeons from Ixtlahuaca. These birds were sampled to measure lead, chromium and cadmium. Concentration of these elements were correlated to morphological alterations in the brain, lung, liver and kidneys. Metal highest concentration was found in: the Merced, lead in kidneys, 11.3 ppm; Tlalnepantla: Chromium in kidneys, 6.07 ppm; and in the Pedregal: Cadmium in kidneys, 6.86 ppm. Pigeons sampled from Ixtlahuaca had always the lowest concentration and were as follows: Lead in liver, 2.2; cadmium in liver, 0.9; and chromium in brain, 1.54. Overall mean lead tissue concentration was: In kidneys, 5.32; in the brain, 5.15; in the liver, 3.19 and in the lung, 3.64 ppm. Cadmium mean concentration was: In kidneys, 5.32, in the liver, 1.04; in the brain, 0.86 and in the lung, 0.58 ppm. Chromium mean concentrations were: In kidneys, 4.34; in the brain, 3.79; in the lung, 2.65 and in the liver, 1.77 ppm. Histological findings were: Multifocal leukocyte infiltration in the lung, liver and kidneys as well as hemosiderinae in the lung. Bone metaplasia was present in the lung in just one sample. Heavy metals in pigeon tissue living in the valley of Mexico City were higher than those living outside the valley. This finding proves the risk of higher exposure to metals in the valley of Mexico City.

Literatura citada

1. Alcázar, C.P., Rosiles, M.R. y Fuentes, H.V.: Concentraciones de plomo en encéfalo, riñón y pelo de perros del D.F. *Vet. Méx.*, 19: 217-220 (1988).
2. Barry, P.S.I.: Concentrations of lead in the tissues of children. *Br. J. Ind. Med.*, 38: 61-71 (1981).
3. Buen de, A.N. de, Alonso, R.P. y Orozco, E.H.: Cuerpos ferruginos en pulmón de perro. *Neumol. Cir. Tórax (Méx.)*, 45: 39-42 (1984).
4. Coro, A.R.M. y Amoedo, M.M.: Efectos teratogénicos del plomo. *Inst. Cardio. Cir. Cardiol. (Cuba)*, 24: 115-128 (1977).
5. Churg, A.M.: Fiber counting and analysis in the diagnosis of asbestos related disease. *Hum. Pathol.*, 13: 381-392 (1982).
6. Churg, A.M. and Warnock, M.L.: Asbestos and other ferruginous bodies. Their formation and clinical significance. *Am. J. Pathol.*, 102: 447-456 (1981).
7. Dement, S.H., Chrisolm, J.R., Barber, J.C. and Strandberg, J.D.: Lead exposure in an urban peregrine Falcon (*Falco peregrinus*) and its avian prey. *J. wildl. Dis.*, 22: 238-244 (1986).
8. Dement, S.H., Chrisolm, J.R., Eckhaus, M.A. and Strandberg, J.D.: Toxic lead exposure in the urban Rock Dove. *J. wildl. Dis.*, 23: 273-278 (1987).

9. Drasch, G.A., Walser, D. and Kusters, J.: The urban pigeon (*Columba livia*, forma urbana) a biomonitor for the lead burden of the environment. *Environ. Monit. Assess.*, 9: 223-232 (1987).
10. Fasset, D.W.: Cadmium: Biological effects and occurrence in the environment. *Environ. Ind. Toxic.*, 5: 425-435 (1975).
11. Fleischer, M.: Environmental impact of cadmium. A review by the panel hazardous trace substances. *Environ. Health Perspect.*, 7: 254-323 (1974).
12. Fortoul, T.I.: Mecanismos de lesión por algunos contaminantes. Cadmio y su acción sobre pulmón. Tesis de licenciatura. *Fac. de Med. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.*, 1984.
13. García, E.R.M., Rosiles, M.R. y Brizio, R.E.: Informe de un caso de intoxicación por plomo en un perro. *Vet. Méx.*, 17: 31-34 (1986).
14. García, M.T.A., Martínez, C.E. and Corpas, V.I.: Lead levels of feral pigeons (*Columba livia*) from Madrid (Spain). *Environ. Pollut.*, 54: 89-96 (1986).
15. Grimm, F., Walser, D. and Kusters, J.: Lead exposure of urban pigeon in Munich. *Verh. Int. Erkränkungen Zootiere*, 27: 237-241 (1985).
16. Harkov, R.: Toxic air pollutants, assessing their importance. *Sci. Total Environ.*, 26: 67-85 (1985).
17. Hodges, R.D.: The Histology of the Fowl. *Academic Press, London*, 1974.
18. Hutton, M.: Metal contamination of feral pigeon *Columba livia* from the London area: Part 2-biological effects of lead exposure. *Environ. Pollut. Ser. A Ecol. Biol.*, 22: 281-293 (1980).
19. Hutton, M. and Goodman, G.T.: Metal contamination of feral pigeon *Columba livia* from the London area: Part 1-tissue accumulation of lead, cadmium and zinc. *Environ. Pollut. Ser. A Ecol. Biol.*, 22: 207-217 (1980).
20. Kendall, R.J., Morehead, W.B., Jones, J.T. and Scanlon, P.F.: Tissue lead concentrations and blood characteristics of rock doves *Columba livia*. 58th Annual Meeting of the Virginia Academy of Science. Charlottesville, Virginia. 1980. 201-206. *Virginia Academy of Science. Charlottesville, Virginia* (1981).
21. Legaspi, J.A.: Niveles de plomo en sangre en población general del valle de México. Estudio preliminar. *Gaceta Méd. Méx.*, 124: 375-380 (1988).
22. Murton, R.K., Thearle, R.J. and Thompson, J.: Ecological studies of the feral pigeons *Columba livia* var 1. Population breeding biology and methods of control. *J. Appl. Ecol.*, 9: 835-874 (1972).
23. Norser, T.: The carcinogenicity of chromium. *Environ. Health Perspect.*, 40: 121-130 (1981).
24. Ohi, G., Seki, H., Minowa, K., Mizoguchi, I. and Sugimori, F.: Acute lead poisoning of the pigeon *Columba livia* induced by single intraperitoneal administration of lead acetate. *Arch. Toxicol.*, 46: 265-272 (1980).
25. Ohi, G., Seki, H., Minowa, K., Ohsawa, M., Mizoguchi, I. and Sugimori, F.: Lead pollution in the Tokyo pigeon *Columba livia* reflects its amelioration. *Environ. Res.*, 26: 125-129 (1981).
26. Perkin-Elmer: Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry. *Perkin-Elmer, Norwalk, Connecticut*, 1982.
27. Rosiles, M.R., López, L.R., Rivas, V. y Díaz, R.: Presencia de plomo en drenaje, en hojas y en pasto en los alrededores de una fábrica de baterías para automóviles. *Vet. Méx.*, 16: 235-238 (1985).
28. Rosiles, M.R. y López, L.R.: Las palomas *Columba livia* como sistema de vigilancia de la contaminación ambiental por plomo en la ciudad de México. Memorias de la 2a Reunión de Investigadores Universitarios en Contaminación Ambiental. *Fac. de Med. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.* 1987. 32. *Fac. de Med. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.* (1987).
29. Saldivar de, R.L., Luna, M., Reyes, E., Soto, R. and Fortoul, T.I.: Cadmium determination in Mexican-produced tobacco product. *Environ. Res.*, 55: 91-96 (1991).
30. Searle, S.R.: Linear Models in Biostatistics. *John Wiley and Sons, New York*, 1971.
31. Shukla, G.S. and Singal, R.L.: The present status of biological effects of toxic metals in the environment: Lead, cadmium, and manganese. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 62: 1015-1031 (1984).
32. Vega, G.S. y Cortinas, C.: Enfermedades respiratorias y contaminación ambiental. *Biosfera*, 2: 25-31 (1985).
33. Velasco, L.A.: La contaminación atmosférica en la ciudad de México. *Ciencia y Desarrollo*, 52: 59-68 (1983).
34. Walser, D.: The pigeon as a bioindicator of environmental lead pollution. PhD thesis. *Tierärztliche Fakultät. Universität München. München, Germany*, 1984.