

# Niveles de cinco metales pesados en diferentes tejidos del Periquito Australiano *Melopsittacus undulatus*, un ave exótica de cautiverio en Venezuela

Patricia Vargas-Amundaray<sup>1</sup>, Jorge Muñoz-Gil<sup>2</sup>, Gedio Marín-Espinoza<sup>1</sup>, Adrián Brito-Maestre<sup>1</sup>  
y Roseline Zabala-Marcano<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ecología de Aves, Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, estado Sucre, Venezuela. [gediom@yahoo.com](mailto:gediom@yahoo.com)

<sup>2</sup>Laboratorio de Ambientes Terrestres, Centro de Investigaciones Ecológicas Guayacán, Universidad de Oriente, Guayacán, estado Sucre, Venezuela.

<sup>3</sup>Laboratorio de Química Analítica, Departamento de Química, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela.

**Abstract.**– Levels of five heavy metals in different tissues of the Budgerigar *Melopsittacus undulatus*, an exotic and captivity bird of Venezuela. – In Venezuela, bird species of different natural environments have been used in heavy metals (HP) tests. Nevertheless, studies in captive birds are unexisting. Cadmium (Cd), zinc (Zn), lead (Pb), copper (Cu), and chromium (Cr) levels were examined in liver, pectoral muscle and feathers of captive Budgerigars *Melopsittacus undulatus*. Concentrations of Cd, Zn and Cu showed highly significant differences among analyzed tissues, following the patterns: liver> feathers> muscle for Cd; feathers> liver> muscle for Zn; and feathers> muscle> liver for Cu. The Cr showed the follow pattern: muscle> feathers> liver, but there were no difference. The Pb was only detected in feathers. Regression coefficient did not showed differences between HP levels and body weights. Obtained HP concentrations were within permissible limits accepted by standard environmental controls, therefore they are not alarming.

**Key words.** Bioindicadores, cautiverio, contaminantes, metales pesados, toxicidad

A nivel mundial, tres familias del Orden Psittaciformes reúnen a las aves mascotas más populares, a saber: Cacatuidae, Psittacidae y Psittaculidae (Collar 1997). Dentro de la última, el Periquito Australiano *Melopsittacus undulatus*, es un ave nativa de las regiones interiores de Australia (Pranty y Epps 2002). Aunque no se trata de una especie propia de Venezuela, probablemente sea el ave de ornato más popular entre nuestra población debido a su docilidad, colorido plumaje, bulliciosos gorgojeos y fácil mantenimiento. En Latinoamérica, incluida Venezuela, se han señalado pequeñas bandadas en libertad, pero parecen ser meramente accidentales, pues no se han establecido definitivamente (Valdés 2008). Ojasti (2001) la considera una especie de ambientes perturbados como agroecosistemas o áreas urbanas.

Como ave de ornato o en su área de distribución natural, el Periquito Australiano podría estar expuesto a la contaminación ambiental, incluida aquella por metales pesados (MP). Típicamente, el plomo, zinc, hierro y cobre son los metales que se han señalado como causantes de toxicidad en Psittaciformes, causando el mayor impacto clínico sobre ellas (Rosenthal *et al* 2005, Puschner y Poppenga 2009). Los efectos tóxicos de los MP van a depender de su concentración en los tejidos, influenciados por una multiplicidad de factores, entre ellos la especie, la edad, la dieta, el sexo, las condiciones climáticas, la duración de la exposición, patrones de migración y tiempo de residencia, entre otros (Becker 2003). La aparición de síntomas de intoxicación en Psittacidae de ornato en las últimas dos décadas (Done-

ley 1992, Archambault y Timm 1994, Atkinson 1995, Romagnano *et al* 1995, Puschner *et al* 1999, Holz *et al* 2000, Osofsky *et al* 2001, Riggs *et al* 2002, Aizenberg *et al* 2006, Harcourt-Brown 2010, McLelland *et al* 2010, Marchesi *et al* 2015, Sriram *et al* 2018) ha incentivado la necesidad de crear una base de datos para su interpretación adecuada, de manera de establecer los niveles normales o de toxicidad por MP para cada especie de Psittacidae en particular.

Puesto que en Venezuela las investigaciones acerca del contenido de MP en aves de enjaular es inexistente, el objetivo del presente trabajo fue determinar la concentración de dichos metales en periquitos australianos en cautiverio, como un aporte importante al conocimiento de los niveles normales de toxicidad en entornos urbanos del país, así como la diagnosis y prevención de patologías asociadas a MP en aves de ornato.

Para el estudio obtuvieron 10 individuos del Periquito Australiano de la misma cohorte etaria (seis meses) en un zoológico comercial ubicado en la urbanización La Llanada, Cumaná, estado Sucre. Los individuos involucrados fueron sacrificados y pesados con una balanza Sartorius de 2 kg de capacidad (0,01 g de apreciación). Inmediatamente se extrajo de cada uno 0,5 g de tejido muscular pectoral estriado; 0,5 g de tejido hepático; y 0,5 g de plumas. Las muestras obtenidas fueron colocadas en bolsas plásticas herméticamente cerradas, previamente rotuladas y se mantuvieron refrigeradas 24h a 4°C hasta su procesamiento. Para determinar el nivel de toxicidad por los metales pesados cadmio (Cd), zinc (Zn), plomo (Pb), cobre (Cu) y cromo (Cr), las muestras

fueron analizadas básicamente siguiendo el procedimiento descrito por Li *et al* (1994). Para ello, cada muestra (músculo, hígado, pluma) se digirió por triplicado, disolviéndola en 8 ml de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), dejándola reposar posteriormente por 48 h. Luego se agregaron 2 ml de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) a cada una y se centrifugaron por 10 min a 4.400 rpm. Seguidamente se calentaron hasta 80°C en una plancha de calentamiento por 90 min en recipientes cerrados. Una vez a temperatura ambiente, las muestras se filtraron en papel filtro Whatman 42 y se colocaron en tubos de centrifuga de 15 ml. La determinación de los MP se realizó mediante Espectrometría de Emisión Óptica con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP-OES por sus siglas en inglés). Las muestras en las soluciones preparadas se procesaron en un espectrofotómetro Perkin-Elmer, modelo Optima 5300 DV. Para ello, preliminarmente se realizó la calibración y optimización de la parte interna del equipo, la cual consiste en analizar un patrón de manganeso (Mn), cuya concentración corresponde a 1 mg\*L<sup>-1</sup>, en la longitud de onda de 257,610 nm, para una correlación entre la alineación electrónica y la alta intensidad, expresada en cuenta por segundo (cps) en función de la concentración de Mn, tanto para la vista axial como para la radial. Las medidas de las concen-

traciones de los MP se llevaron a cabo empleando una curva de calibración con cinco puntos (incluyendo al blanco). Se emplearon tres líneas de emisión por cada elemento. Cabe resaltar que para todos los elementos químicos se escogió la línea que presentó menor interferencia espectral y menor desviación estándar relativa ( $\leq 15\%$ ) de las medidas obtenidas, de acuerdo al criterio de selección para el ICP-OES. La curva de calibración se preparó con patrones multielementales certificados. Las longitudes de onda que se tomaron, de acuerdo al criterio planteado para los iones medidos, basado en la mayor intensidad y la menor desviación estándar relativa (% DER), fueron: Cd, 228,802; Cu, 327,501; Zn, 334,501; Pb, 220,353; Cr, 267,716 nm. Debido a que no se cumplieron los supuestos de normalidad, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, haciendo uso del programa STATGRAPHICS plus 5.0, para determinar diferencias entre los tejidos analizados. Los datos están representados mediante gráficos de cajas y bigotes (Boyer *et al* 1997). La relación entre la masa corporal de los ejemplares estudiados con respecto a las concentraciones de los distintos MP se estimó a través de una regresión lineal simple. Los resultados indican que los metales se concentraron de manera diferente en cada tejido estudiado (Fig

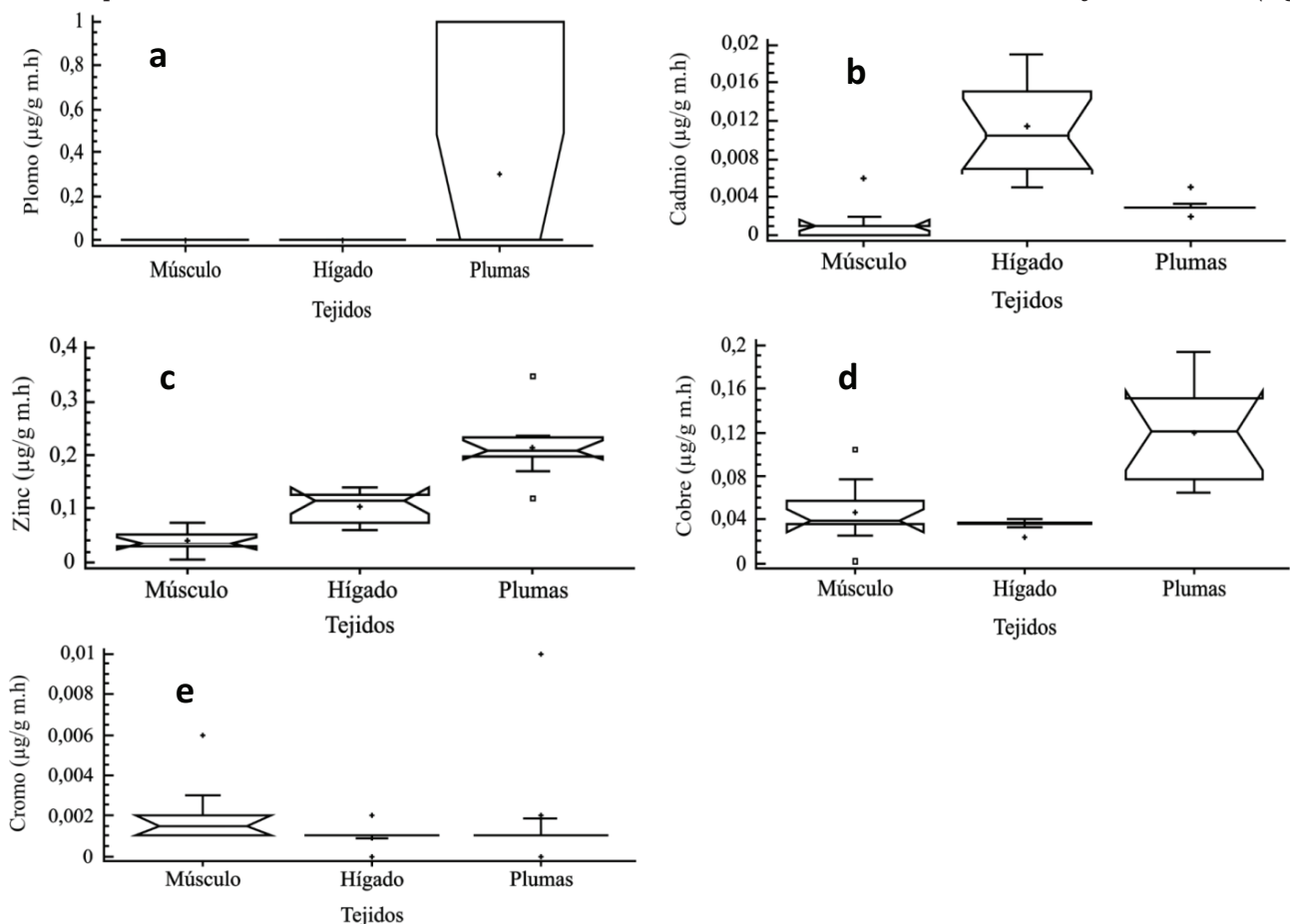


FIGURA 1. Contenido de los cinco metales pesados hallados en diferentes tejidos (músculo, hígado, plumas) de Periquito Australiano *Melopsittacus undulatus* criados en cautiverio.

1). Arcos *et al* (2002) señalan que ciertamente los MP tienden a acumularse con mayor selectividad en unos órganos que en otros. A pesar de ello, la relación entre la masa corporal de los periquitos australianos (32,1±2,3 g; 30–35 g; n=6) y el contenido de MP no evidenció acumulación de contaminantes en cantidades estadísticamente diferentes entre los órganos de las aves (Tabla 1). Las concentraciones promedio de Cd fueron más bajas en músculo y plumas (0,0013 y 0,0032 µg/g, respectivamente) con respecto a los niveles obtenidos en hígado (0,0114 µg/g). Asimismo, el Zn mostró una concentración promedio menor en músculo e hígado (0,0394 y 0,104 µg/g), con respecto a los niveles obtenidos en plumas (0,2143 µg/g). Por su parte, las concentraciones promedio de Cu fueron más bajas en hígado y músculo (0,0358 y 0,04556 µg/g), mientras que los niveles en plumas fueron más elevados (0,1192 µg/g). El Cr mostró las menores concentraciones en el hígado (0,0009 µg/g), seguido por los niveles obtenidos en plumas (0,0019 µg/g) y músculo (0,002 µg/g). Capó (1998) señala que uno de los tejidos donde los MP tienden a acumularse en mayor concentración es el hígado, un argumento distinto a lo encontrado en el presente estudio. En cuanto a las concentraciones de Pb, solo fue detectado en las plumas (0,0003 µg/g) (Fig 1a). Las concentraciones promedio de Cd, Zn y Cu mostraron diferencias altamente significativas entre los tejidos, siguiendo los patrones: hígado > plumas > músculo (Fig 1b) para Cd (K-W=0,0000156753\*\*\*; P<0,001); plumas > hígado > músculo (Fig 1c) para Zn (K-W=0,00000638775\*\*\*; P<0,001); y plumas > músculo > hígado (Fig 1d) para Cu (K-W=0,000114541\*\*\*; P<0,001). No obstante, el Cr mostró el patrón: hígado > plumas > músculo (Fig 1e), pero no arrojó diferencias significativas (K-W=0,0710116; P>0,05). Los distintos metales pesados encontrados y sus implicaciones para los periquitos australianos y las aves en general se detallan a continuación:

**CADMIO.** Los resultados obtenidos arrojaron un nivel de Cd más elevado en el hígado con respecto al resto de los tejidos. El tejido hepático puede llegar a acumular hasta la mitad del Cd existente en el organismo del animal (Savinov *et al* 2003). Sin embargo, no se ha establecido fehacientemente un umbral de toxicidad para Cd en los tejidos de las aves. Swiergosz y Kowalska (2000) señalan la aparición de efectos adversos asociados a concentraciones tan bajas como 0,002–0,004 µg\*ml<sup>-1</sup> de Cd en sangre de faisanes *Phasianus colchicus*. Por su parte, Burger y Gochfeld (1994) establecieron valores de 2 µg\*g<sup>-1</sup> de Cd como concentraciones relacionadas con distintos desórdenes de comportamiento, fisiológicos y alimentarios. En Holanda, Schildermann *et al* (1997) registraron márgenes de Cd en palomas domésticas *Columba livia* citadinas muy superiores (5,24–7,58 µg\*g<sup>-1</sup>) a los determinados en nuestro estudio. En cambio, en Malasia, Abduljaleel *et al* (2012) detectaron muy bajos

TABLA 1. Regresión lineal entre el peso total de los ejemplares del Periquito Australiano *Melopsittacus undulatus* y los diferentes metales encontrados durante el estudio.

| Metales | Regresión  |
|---------|--|
| Cadmio  | Y= 31,3274 + 594,306 → R <sup>2</sup> = 0,38112533 ns  |
| Zinc    | Y= 31,9783 + 3,08806 → R <sup>2</sup> = 0,14443532 ns  |
| Plomo   | Y= 31,8571 + 809,524 → R <sup>2</sup> = 0,16775900 ns  |
| Cromo   | Y= 32,6455 - 272,727 → R <sup>2</sup> = -0,00941233 ns |
| Cobre   | Y= 32,5495 - 9,86529 → R <sup>2</sup> = -0,03549867 ns |

niveles de Cd en la carne de pollos *Gallus gallus* y codornices *Coturnix coturnix* domésticos. Finalmente, en codornices Spivey *et al* (1984) encontraron que la retención más elevada de Cd ocurrió cuando la dieta era deficiente en Zn. El Cd es neurotóxico y el 75% de la carga en la sangre se acumula en el hígado y los riñones. Como posibles fuentes antrópicas de contaminación están los fertilizantes, aguas residuales, productos de incineración de materiales que contienen Cd, pigmentos en pinturas y plásticos (Eisler 2000). A pesar de que la absorción pulmonar es más eficiente que la digestiva, el alimento contaminado es la principal fuente de Cd en las aves. Una vez absorbido, la principal vía de eliminación es la urinaria, aunque solo una pequeña fracción del Cd absorbido (0,01%) es eliminada por esta vía; de forma complementaria, también se elimina en hembras durante la formación del huevo (Burger *et al* 2003). De cualquier modo, los bajos niveles de Cd obtenidos en las muestras de los diferentes tejidos del periquito australiano se pueden considerar tolerables (Stanton *et al* 2010).

**ZINC.** Los resultados obtenidos arrojaron una concentración de Zn mucho más elevada en las plumas con respecto al resto de los tejidos. El Zn es un metal esencial con una función concreta en el organismo a determinadas concentraciones, entre éstas cabe destacar la respiración celular y la reproducción tanto de ADN como de ARN, pero en concentraciones elevadas puede tener un efecto tóxico como el retraso en el desarrollo de las crías (Romanowski *et al* 1991), un factor a tomar en cuenta dado que el Periquito Australiano suele reproducirse en cautiverio. El hecho de que las plumas presentaran mayores concentraciones de Zn, pudiera deberse, en parte, a que en la pigmentación de las plumas interviene el Zn, entre otros elementos (Klasing 1998). Por ejemplo, la eumelanina es la responsable del color negruzco en plumas y tiene gran afinidad para unirse con varios iones metálicos (Niecke *et al* 1999). Las concentraciones de Zn obtenidas en esta investigación coinciden con los resultados obtenidos por Rattner *et al* (2008), en el Águila Pescadora *Pandion haliaetus* y Salwa *et al* (2012) en pollos y codornices, en el sentido que fueron los más altos con respecto a otros metales. No obstante, debe señalarse que el Zn se considera protector contra la toxicidad del Cd (Hutton 1981). Es común que las jaulas donde

se mantienen los periquitos australianos sean fabricadas con barras metálicas aleadas con Zn para retardar la corrosión, por lo que su intoxicación se asocia a la ingestión de metal galvanizado con Zn (Reece *et al* 1986, Howard 1992). Un paso adecuado es tratar de mantener las aves en jaulas de acero inoxidable, pero los costos son prohibitivos, por lo que se puede solucionar parcialmente lavando periódicamente las jaulas con una solución acidificada para remover el precipitado de óxido de zinc (Chapman 2003). La mayoría de los animales pueden tolerar un exceso moderado de Zn en la dieta y regular los niveles en su organismo de forma efectiva. Por este motivo, altas concentraciones de Zn no son alarmantes desde el punto de vista toxicológico, aunque los mecanismos de homeostasis pueden llegar a fracasar cuando los niveles de Zn son extremadamente altos (Stahl *et al* 1989, Sileo *et al* 2004). Cuando las concentraciones de Zn sobrepasan los  $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$  suelen tener efectos tóxicos (Calnek 2000). De cualquier modo, las concentraciones de Zn obtenidas en este estudio no representan un riesgo potencial para estas aves (Rosenthal *et al* 2005, De Castro *et al* 2018).

**PLOMO.** Aunque el Pb solo fue detectado en plumas, los niveles hallados no son toxigénicos (De Franson y Pain 2011, Castro *et al* 2018). La vía principal de exposición al Pb es por la ingesta de comida y por el aire. El Pb entra al cuerpo a través de la absorción intestinal por medio de la ingestión; a los pulmones ingresa a través de la inhalación y en la piel por adsorción. Una vez que ha ingresado al organismo es transportado por medio del torrente sanguíneo a todos los órganos y tejidos (Archambault y Timm 1994, Vyas *et al* 2000, Goyer y Clarkson 2001, Gwaltney-Brant 2002). En las aves, el Pb llega a las plumas en crecimiento a través del torrente sanguíneo y se une permanentemente a la queratina (Burger y Gochfeld 1992), lo que justifica la presencia de este metal en las plumas del Periquito Australiano. Una vez terminado el crecimiento de las plumas, la concentración de elementos metálicos es estable hasta la próxima muda (Ek *et al* 2004). La dieta baja en proteínas y calcio incrementan la toxicidad por Pb (Marn *et al* 1988). Los niveles de Pb obtenidos no representan amenaza para las aves estudiadas según estándares latinoamericanos (México), la cual establece que los límites máximos permisibles de Pb son de  $0,00005 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  en músculo;  $0,002 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  en riñón y  $0,002 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  en hígado.

**COBRE.** Los resultados mostraron una concentración de Cu más elevada en las plumas con respecto al resto de los tejidos. Stewart *et al* (1997) sostiene que los metales con funciones fisiológicas como el Cu o el Zn se pueden encontrar a concentraciones elevadas en cualquier órgano de las aves, pudiendo presentarse fluctuaciones mayores a nivel de hígado, riñón y plumas. Gragnaniello *et al* (2001), Dauwe *et al* (2005) y Swaileh y Sansur (2006) mencionan que en aves el Cu

se utiliza para procesos esenciales como el desarrollo del huevo y la formación de las plumas, pudiendo demostrar esto la alta concentración de este metal en las plumas del Periquito Australiano. Sin embargo, se ha demostrado que la acumulación de metales en el plumaje es altamente variable entre las especies de aves (Burger 1993) y en algunos casos se incrementan en las plumas con la edad (Jaspers *et al* 2004). En cautiverio, las fuentes domésticas de Cu más comunes son algunos materiales de cocina, cables eléctricos, algunas telas, material para soldar y monedas (Franson *et al* 2012). Al igual que el Zn, existen variaciones diurnas en las concentraciones de Cu en la sangre, particularmente en psitácidos (Rosenthal *et al* 2005). Según Chiou *et al* (1999), niveles superiores a  $0,25 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$  podrían causar efectos tóxicos en las aves, pero los niveles de Cu obtenidos en este estudio no representan amenaza para el Periquito Australiano (Rosenthal *et al* 2005, Aizenberg *et al* 2006).

**CROMO.** Los resultados mostraron una concentración de Cr más elevada en el hígado con respecto al resto de los tejidos. Savinov *et al* (2003) sostienen que niveles de Cr, en la forma  $\text{Cr}6+$ , con valores superiores a  $0,08 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ , pudieran provocar daños teratogénicos y/o mutagénicos. Sin embargo, esta forma de Cr no fue analizada, sino el contenido de Cr total. De cualquier modo, la cantidad precipitada se encuentra por encima a las obtenidas en esta investigación. En general, los niveles de Cr varían dependiendo de la especie de ave, hecho atribuido posiblemente a las diferentes dietas, grado de exposición a fuentes externas o a características propias de cada especie. Pero debido al comportamiento curioso del Periquito Australiano, las intoxicaciones pueden ser relativamente frecuentes. La mayoría de sustancias tóxicas para el humano lo son también para las aves y muchos de los productos domésticos pueden ser potencialmente peligrosos para aves en cautiverio. Por otra parte, las alteraciones producidas por una intoxicación por MP pueden ser más severas en aves debido a su metabolismo es más elevado que en los mamíferos. Los niveles de Cr determinados en este estudio no se consideran alarmantes (Egwumah *et al* 2017).

Los resultados del presente trabajo presentan por primera vez datos sobre la concentración de cinco metales pesados en diferentes tejidos de un Psittacidae en Venezuela, un aporte importante al conocimiento de los niveles normales en aves de entorno urbano del país.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Abduljaleel S, M Shuhaimi-Othman y B Abdusalam. 2012. Assessment of trace metal contents in chicken (*Gallus gallus domesticus*) and quail (*Coturnix coturnix japonica*) tissues from Selangor (Malaysia). *Journal of Environmental Sciences and Technology* 5: 441–451

- Aizenberg I, L Miara y O Ulman. 2006. Heavy metal toxicity in psittacine birds. *Israel Journal of Veterinary Medicine* 61: 28–29
- Archambault AL y KI Timm. 1994. Treatment of acute lead ingestion in a juvenile macaw. *JAVMA* 205: 852–854
- Arcos J, X Ruiz, S Bearhop y R Furness. 2002. Mercury levels in seabirds and their fish prey at the Ebro Delta: the role of trawler discards as a source of contamination. *Marine Ecology Progress Series* 232: 281–290
- Atkinson R. 1995. Heavy metal poisoning in psittacines and waterfowl. *Proceedings of the Annual Conference of the Association of Avian Veterinaries* 443–446
- Becker PH. 2003. Biomonitoring with birds. Pp. 677–736 en BA Markert, AM Breure y HG Zechmeister (eds). *Trace Metals and other Contaminants in the Environment*. Volume 6: Bioindicators and Biomonitorers. Elsevier, Kidlington Oxford, UK
- Boyer J, J Fourqurean y R Jones. 1997. Spatial characterization of water quality in Florida Bay and Whitewater Bay by multivariate analyses: zones of similar influence. *Estuaries* 20: 743–758
- Burger J. 1993. Metals in avian feathers: bioindicators of environmental pollution. *Review of Environmental Toxicology* 5: 203–311
- Burger J y M Gochfeld. 1992. Trace element distribution in growing feathers: Additional excretion in feather sheaths. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 23: 105–108
- Burger J y M Gochfeld. 1994. Behavioral impairments of lead-injected young herring gulls in nature. *Fundamentals and Applied Toxicology* 23: 553–561
- Burger J, F Diaz, E Marafanta, J Pounds y M Ronson. 2003. Methodologies to examine the importance of host factors in bioavailability of metals. *Ecotoxicological and Environmental Safety* 56: 20–31
- Chapman K. 2003. Zinc toxicity in companion and breeding parrots. *Watchbird* 1: 28–29
- Chiou P, K Chen y C Wu. 1999. Effect of high dietary copper on the morphology of gastrointestinal tract in broiler chickens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 12: 548–553
- Capó M. 1998. Incidencia Ecotoxicológica de los Metales Pesados en Poblaciones Humanas. Publex Estudio, Madrid, España
- Collar N. 1997. Family Psittacidae (Parrots). Pp. 280–477 en J del Hoyo, A Elliott y J Sargatal (eds). *Handbook of the Birds of the World*. Volume 4: Sandgrouse to Cuckoos. Lynx Edicions, Barcelona, España
- Dauwe T, E Janssens, R Pinxten y M Eens. 2005. The reproductive success and quality of blue tits (*Parus caeruleus*) in a heavy metal pollution gradient. *Environmental Pollution* 136: 243–251
- De Castro E, RC de Melo, A Grespan, TM Bezerra, MH dos Santos, L Alves y PP Correia. 2018. Heavy metal poisoning in a Cockatiel (*Nymphicus hollandicus*). *Acta Scientiae Veterinariae* 46 (Suppl 1): 251
- Doneley R. 1992. Zinc toxicity in caged and aviary birds—new wire disease. *Australian Veterinary Practitioner* 22: 6–11
- Eisler R. 2000. *Handbook of Chemical Risk Assessment Health, Hazard to Humans, Plants and Animals*. Lewis Publishers, Boca Ratón, USA
- Ek K, G Morrison, P Lindberg y S Rauch. 2004. Comparative tissue distribution of metals in birds in Sweden using ICP-MS and laser ablation ICP-MS. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 47: 259–269
- Egwumah FA, PO Egwumah y BT Tyowua. 2017. An investigation of chromium toxicity in the wild population of Black-Headed Oriole *Oriolus brachyrhynchus* (Swainson, 1837) using atomic absorption spectrometry (AAS). *International Journal of Avian & Wildlife Biology* 2: 1–6
- Franson J y D Pain. 2011. Lead in Birds. Pp. 563–593 en WN Beyer y JP Meador (eds). *Environmental Contaminants in Biota: Interpreting Tissue Concentrations* (2<sup>nd</sup> ed). CRC Press, Boca Raton, USA
- Franson C, LL Lahner, CU Meteyer y BA Rattner. 2012. Copper pellets simulating oral exposure to copper ammunition: Absence of toxicity in American kestrels (*Falco sparverius*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 62: 145–153
- Goyer R y T Clarkson. 2001. Toxic effects of metals. Pp. 533–573 en C Klaassen (ed). *The Basic Science of Poisons*. McGraw-Hill, New York, USA
- Graganiello S, D Fulgione, M Milone, O Soppelsa, P Cacace y L Ferrara. 2001. Sparrows as possible heavy-metal biomonitorers of polluted environments. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology* 66: 719–726
- Gwaltney-Brant S. 2002. Heavy metals. Pp. 701–732 en W Haschek, C Rosseaux y A Wallig (eds). *Handbook of Toxicologic Pathology*. Academic Press, New York, USA
- Harcourt-Brown NH. 2010. Psittaciform Birds. Pp. 122–149 en TN Tully, GM Dorrestein y AK Jones (eds). *Handbook of Avian Medicine* (2<sup>nd</sup> ed). Saunders, Philadelphia, USA
- Holz P, J Phelan, R Slocombe, A Cowden, M Miller y B Gartrell. 2000. Suspected zinc toxicosis as a cause of sudden death in orange-bellied parrots (*Neophema chrysogaster*). *Journal of Avian Medicine and Surgery* 14: 37–41
- Howard BR. 1992. Health risks of housing small psittacines in galvanized wire mesh cages. *JAVMA* 200:1667–1674
- Hutton M. 1981. Accumulation of heavy metals and selenium in three seabird species from the United Kingdom. *Environmental Pollution* 26: 129–145
- Jaspers V, T Dauwe, R Pinxten, L Bervoets, R Blust y M Eens. 2004. The importance of exogenous contamination on heavy metal levels in bird feathers. A field experiment with free-living great tits, *Parus major*. *Journal of Environmental Monitoring* 6: 356–360
- Klasing K. 1998. *Comparative Avian Nutrition*. University of Cambridge Press, New Jersey, USA

- Li J, J Florde y L Carlson. 1994. Effects of volume and periodicity on blood cultures. *Journal of Clinical Microbiology* 32: 2829–2831.
- Marn CM, RE Mirarchi y ME Lisano. 1988. Effects of diet and cold exposure on captive female mourning doves dosed with lead shot. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 17: 589–594
- McLelland JM, C Reid, K McInnes, W Roe y B Gartrell. 2010. Evidence of lead exposure in a free-ranging population of Kea (*Nestor notabilis*). *Journal of Wildlife Diseases* 46: 532–540
- Niecke M, M Heid y A Kruger. 1999. Correlations between melanin pigmentation and element concentration in feathers of white-tailed eagles (*Haliaeetus albicilla*). *Journal of Ornithology* 140: 355–362
- Ojasti J. 2001. Estudio sobre el Estado Actual de las Especies Exóticas. Secretaria General de la Comunidad Andina, Caracas, Venezuela
- Osofsky A, P Jowett, G Osgood y TM Tully. 2001. Determination of normal blood concentrations of lead zinc, copper, and iron in Hispaniolan Amazon Parrots. *Journal of Avian Medicine and Surgery* 15: 31–36
- Pranty B y S Epps. 2002. Distribution, population, status, and documentation of exotic parrots in Broward County, Florida. *Florida Field Naturalist* 30: 111–150
- Puschner B, J St Leger y FD Galey. 1999. Normal and toxic zinc concentrations in serum/plasma and liver of psittacines with respect to genus differences. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 11: 522–527
- Puschner B y R Poppenga. 2009. Lead and zinc intoxication in companion birds. *Compendium (Continuing Education for Veterinarians)* 31: 1–12
- Rattner B, N Golden, P Toschik, P MCGowan y T Custer. 2008. Concentrations of metal in blood and feathers of nestling ospreys (*Pandion haliaetus*) in Chesapeake and Delaware bays. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 54: 114–122
- Reece RL, DB Dickson y PJ Burrowes. 1986. Zinc toxicity (new wire disease) in aviary birds. *Australian Veterinary Journal* 63: 199
- Riggs SM, B Puschner y LA Tell. 2002. Management of an ingested lead foreign body in an Amazon parrot. *Veterinary and Human Toxicology* 44: 345–348
- Romagnano A, CB Grinden, L Degerness y M Mautino. 1995. Treatment of a Hyacinth Macaw with zinc toxicity. *Journal of Avian Medicine and Surgery* 9: 185–189
- Romanowski JP, K Sawicka-Kapusta y T Wlostowski. 1991. The effect of heavy metals upon development and mortality of *Passer domesticus* and *Passer montanus* nestlings, preliminary report. Pp. 197–204 en J Pinowski, BP Kavanagh y W Gorski (eds). Nestling Mortality of Granivorous Birds Clue to Microorganisms and Toxic Substances. Polish Scientific Publisher, Warsaw, Polish
- Rosenthal KL, MS Johnston, FS Shofer y RH Poppenga. 2005. Psittacine plasma concentrations of elements: daily fluctuations and clinical implications. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 17: 239–244
- Salwa A, M Shuhaimi y A Babji. 2012. Assessment of trace metals contents in chicken (*Gallus gallus domesticus*) y quail (*Coturnix coturnix japonica*) tissues from Selangor (Malaysia). *Journal of Environmental Science and Technology* 5: 441–451
- Savinov V, G Gabrielsen y T Savinova. 2003. Cadmium, zinc, copper, arsenic, selenium and mercury in seabirds from the Barents Sea: levels, inter-specific and geographical differences. *The Science of the Total Environment* 306: 133–158
- Schilderman PAEL, JA Hoogewerff, F-J Schooten, LM Maas, EJC Moonen y BJH Os. 1997. Possible relevance of pigeons as an indicator species for monitoring air pollution. *Environmental Health Perspectives* 105: 322–329
- Sileo L, N Beyer y R Mateo. 2004. Pancreatitis in wild zinc-poisoned waterfowl. *Avian Pathology* 32: 665–660
- Spivey M, S Tao, C Stone y B Fry. 1984. Effects of zinc, iron and copper deficiencies on cadmium in tissues of Japanese Quail. *Environmental Health Perspectives* 54: 57–65
- Sriram A, W Roe, M Booth y B Gartrell. 2018. Lead exposure in an urban, free-ranging parrot: investigating prevalence, effect and source attribution using stable isotope analysis. *Science of the Total Environment* 634: 109–115
- Stahl JL, JL Greger y ME Cook. 1989. Zinc, copper and iron utilization by chicks fed various concentrations of zinc. *British Poultry Science* 30: 123–134
- Stanton B, S de Vries, R Donohoe, M Anderson y JM Eichelberger. 2010. Recommended avian toxicity reference value for cadmium: justification and rationale for use in ecological risk assessments. *Human and Ecological Risk Assessment* 16: 1261–1277
- Stewart F, L Monteiro y R Furness. 1997. Heavy metal concentrations in Cory's Shearwater, *Calonectris diomedea*, fledgling from the Azores, Portugal. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 58: 112–122
- Swaileh M y R Sansur. 2006. Monitoring urban heavy metal pollution using the House Sparrow (*Passer domesticus*). *Journal of Environmental Monitoring* 8: 209–213
- Swiergosz R y A Kowalska. 2000. Cadmium accumulation and its effects in growing pheasants *Phasianus colchicus*. *International Journal of Food Science and Nutrition* 48: 427–431
- Valdés V. 2008. Impactos positivos y negativos de la introducción de animales exóticos en Panamá. *Tecnología en Marcha* 22: 91–97
- Vyas NB, JW Spann y GH Heinz. 2000. Lead poisoning of passerines at a trap and skeet range. *Environmental Pollution* 107: 159–166

**Recibido:** 02/08/2018 **Aceptado:** 03/07/2019