

# MONITOREO DE NIVELES DE PLOMO EN CIUDAD UNIVERSITARIA (UANL), UTILIZANDO AVES COMO BIOINDICADORES

/// ALINA OLALLA-KERSTUPP<sup>1</sup>, JORGE ALEXIS GONZÁLEZ-MARTÍNEZ<sup>1</sup>, CARLOS DAVID YEVERINO-MARTÍNEZ<sup>2</sup>, JOSÉ IGNACIO GONZÁLEZ-ROJAS<sup>1</sup>, ANTONIO GUZMÁN-VELASCO<sup>1</sup>, JUAN PABLO CEYCA<sup>2</sup> Y GABRIEL RUIZ-AYMÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Biología de la Conservación y Desarrollo Sustentable. Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, 66455

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Ornitología. Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 66455

## RESUMEN

La exposición crónica a contaminantes atmosféricos como los metales pesados y plomo en particular, ha sido relacionada con fuertes problemas de salud en humanos. La ciudad de Monterrey en México y su área metropolitana son entre las regiones industriales más contaminadas del país. Debido a que las aves han sido utilizadas con éxito como bioindicadores del estatus ambiental, el propósito del presente trabajo fue determinar los niveles de plomo en sangre de aves residentes en Ciudad Universitaria (UANL). Los valores detectados oscilaron entre 3.3  $\mu\text{g/dl}$  y 14.4  $\mu\text{g/dl}$ . Valores similares en humanos adultos serían tolerables, pero no así en menores de 15 años, donde el límite sugerido es de 5  $\mu\text{g/dl}$ .

## ABSTRACT

Chronic exposure to atmospheric pollutants, such as heavy metals and in particular lead, has been linked to health problems in humans. The city of Monterrey in Mexico with its metropolitan area is considered the most contaminated industrial region of the country. Because birds have been successfully used as bioindicators of environmental status, the purpose of the present study was to determine the levels of lead in the blood of resident birds in the Autonomous University of Nuevo León city campus, known as "Ciudad Universitaria". The values detected ranged from 3.3  $\mu\text{g/dl}$  y 14.4  $\mu\text{g/dl}$ . If similar values were detected in adult humans, they would be considered within the tolerable range, but not so in infants and adolescents below 15 years of age, where the recommended limit is 5  $\mu\text{g/dl}$ .



**Palabras clave:** contaminación, plomo, aves, Ciudad Universitaria, UANL

**Key words:** pollutant, lead, birds, Ciudad Universitaria, UANL



## INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental y la exposición crónica a sus componentes, entre los que se encuentran los metales pesados, se considera una problemática importante de salud pública creciente, esto debido a sus efectos nocivos para los ecosistemas y los organismos que los habitan (Parra-Ochoa 2014; Valdez-Cerda et al. 2011).

La ciudad de Monterrey y su área metropolitana (AMM) es considerada una zona industrial de gran importancia económica ya que alberga alrededor de 6,000 empresas dedicadas a actividades industriales (Valdez-Cerda et al. 2011; Guajardo y Arrambide 2002). Sin embargo, según datos oficiales, el AMM ha sido considerada la región industrial más contaminada de México, encontrándose en el polvo de sus calles y filtros aéreos cantidades importantes de distintos contaminantes en forma de material particulado; éstos pueden clasificarse como partículas gruesas ( $\leq 10\mu\text{m}$  o  $\text{PM}_{10}$ ), partículas finas ( $\leq 2.5\mu\text{m}$  o  $\text{PM}_{2.5}$ ) y partículas ultra finas ( $\leq 0.01\mu\text{m}$ ) (Mejía-Velázquez 2010; SEMARNAT 2009; Phallen y Phallen 2007; Sbarato et al. 1997).

Se considera que las  $\text{PM}_{2.5}$  son las más nocivas para la salud humana, ya que pueden penetrar directamente a los alveolos pulmonares (Blanco-Jiménez et al. 2015; Parra-Ochoa 2014). Distintos análisis de las  $\text{PM}_{2.5}$  presentes en el aire del AMM determinaron la presencia de metales pesados tales como hierro, manganeso, níquel, arsénico, cobre, cadmio y plomo (Badillo-Castañeda et al. 2015; Valdez-Cerda et al. 2011).

El plomo es utilizado en la industria con diversos fines y es conocido por causar efectos adversos a la salud humana. Es absorbido principalmente a través de los sistemas respiratorio y gastrointestinal, donde es transportado por la sangre y acumulado en los distintos tejidos (Phallen y Phallen 2007). La exposición crónica a este tóxico comúnmente tiene efectos hematológicos, como anemia, o provoca trastornos neurológicos, como cefalea, irritabilidad, letargo, convulsiones, debilidad muscular, ataxia, temblores y parálisis. La exposición aguda puede provocar trastornos gastrointestinales (anorexia, náuseas, vómitos, dolor abdominal), daño hepático y renal, hipertensión y trastornos neurológicos (malestar, somnolencia, encefalopatía) que pueden causar convulsiones y provocar la muerte (Londoño et al. 2016;

OMS 2013; Nava-Ruiz y Méndez-Armenta 2011). Actualmente en México, el valor máximo de concentración de plomo en sangre considerado tolerable es de  $5\mu\text{g/dl}$  para niños menores de 15 años y mujeres embarazadas o en lactancia; para el resto de la población es de  $25\mu\text{g/dl}$  (DOF 2017).

Una de las estrategias para evaluar la calidad ambiental es el uso de bioindicadores (Dale y Beyeler 2001). Los animales son excelentes ejemplos de monitores de peligros ambientales, ya que humanos y animales comparten el ambiente urbano, el aire y el agua, además que los procesos moleculares, celulares y bioquímicos que se generan en respuesta a agentes tóxicos son comunes entre la mayoría de las especies de vertebrados (Parra-Ochoa 2014; Hofer et al. 2010; Anze et al. 2007).

El interés en usar particularmente aves como bioindicadores de contaminación ambiental por metales pesados ha aumentado debido a que están ampliamente distribuidas, presentan un periodo de vida largo y son sensibles a cambios atmosféricos del ambiente (Parra-Ochoa 2014; Hofer et al. 2010; Paddoa-Schioppa et al. 2006; Esselink et al. 1995; Koskimies 1989).

## ZONA DE ESTUDIO

El campus de Ciudad Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León cuenta con una superficie de 434 Ha y se localiza en el municipio de San Nicolás de los Garza, Nuevo León. Es cede de oficinas administrativas, rectoría, 11 facultades, centros e institutos de investigación, dos bibliotecas, un centro de informática, auditorios y un centro acuático entre otros. Cada día recibe en sus distintas instalaciones más de 100,000 personas entre empleados, docentes, alumnos y visitantes.

## COLECTA DE EJEMPLARES, TOMA Y ANÁLISIS DE MUESTRAS

Las aves fueron capturadas en los jardines del campus mediante el uso de redes de niebla (FAO 2007; Bub 1991) entre los meses de Agosto y Septiembre de 2017. A cada ejemplar se le extrajo una pequeña muestra de sangre de la vena braquial (FAO 2007) y posteriormente fue liberada.

La muestra fue analizada mediante un dispositivo portátil de voltamperometría de redisolución anódica (Lead Care® II Blood Lead Analyzer). El dispositivo permite medir concentraciones de plomo en la sangre (3 µg/dl a 65 µg/dl) en tres minutos usando una muestra de 50 µl de sangre (un tubo capilar) (González-Valdés et al. 2008; LeadCare II Users Guide).

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se capturaron y analizaron 59 individuos pertenecientes a tres órdenes, seis familias y nueve especies de aves (Figura 1). Cuarenta y cinco de ellas presentaron concentraciones superiores a los 3.3 µg/dl, siendo el valor más alto de 14.4 µg/dl (Tabla 1).

Definir el límite a partir del cual la concentración de un contaminante detectado se puede considerar tóxica es difícil. Si esto ya es complicado en humanos, siendo solo una especie, todavía resulta más complejo en las aves, que son miles de especies diferentes con variaciones intraespecíficas a veces importantes (MMA 2006). Con relación al plomo, distintos autores parecen concordar con establecer un rango de 20 µg/dl a 60 µg/dl como límite de concentración no tóxica, cantidades superiores indican intoxicación (Martorell 2009; MMA 2006; Scheifler et al. 2006; Franson 1996).

Básicamente la intoxicación puede manifestarse de diferentes maneras, pero siempre predominan los daños neurológicos, digestivos, renales y del sistema circulatorio (el plomo inactiva una de las enzimas de la síntesis del grupo hemo, esencial para la formación de la hemoglobina en los eritrocitos). Por su carácter de tóxico inespecífico, una vez en el sistema circulatorio se distribuye a los tejidos blandos (riñón e hígado principalmente), afectando a la mayoría de los procesos fisiológicos, sistema nervioso y muscular (Carneiro et al. 2015; Binkowski et al. 2013; Malik y Seb 2009; MMA 2006; Nam y Lee 2006 a y b; Swaileh y Sansur 2006). Lo anterior, hace que la detección de la enfermedad sea difícil, pasando en ocasiones desapercibida o atribuyéndose a otras causas ajenas a la ingestión de plomo.

Si bien todas las muestras analizadas se encontraron por debajo del límite inferior de tolerancia, es importante resaltar dos cosas: 1) La cantidad de aves muestreadas fue baja y por ejemplo en el caso de los zanates el 86% de ellos fueron individuos juveniles que aún no han tenido tiempo suficiente para acumular tóxicos en niveles detectables; y 2) Si comparamos los niveles detectados contra los límites de tolerancia establecidos para el hombre, el 51% de las muestras con detección de plomo se encuentran por encima del límite de tolerancia para niños menores de 15 años y mujeres embarazadas o en lactancia (DOF 2017).


La Ciudad Universitaria de la UANL se encuentra rodeada de una fuerte presión ambiental (hablando de emisiones contaminantes). En su cara Este se encuentra el grupo Ternium de México, que se especializa en la siderurgia y se dedica a la producción

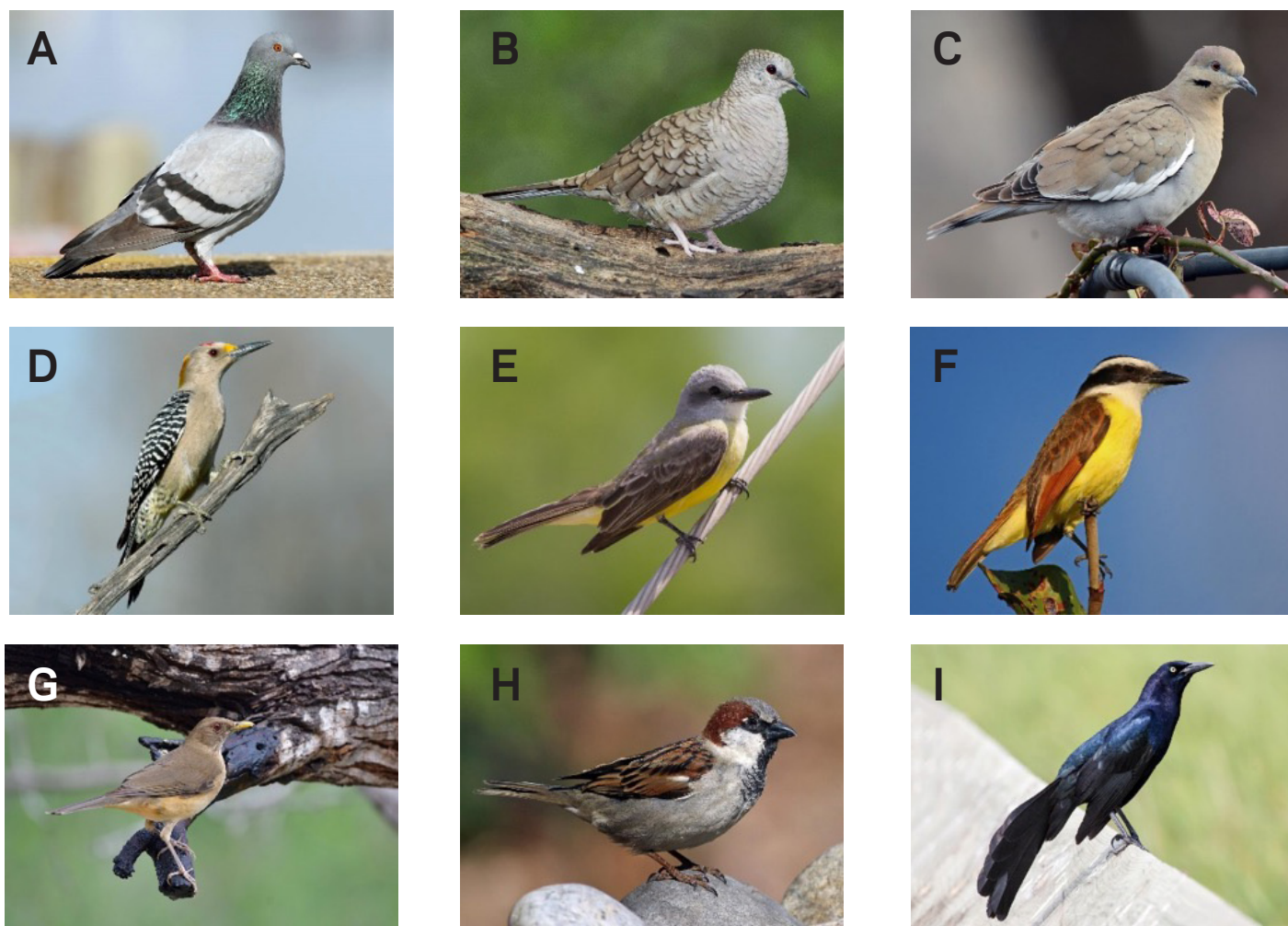
de aceros planos y largos, los cuales pueden contener trazas de plomo debido a la impureza del hierro o a los procesos para mejorar su calidad. Esta empresa cuenta con varias plantas en el AMM y si bien la PROFEPA les ha entregado en distintas ocasiones certificados de "Industria Limpia" a algunas de ellas (los más recientes en 2016) (PROFEPA 2016), no encontramos registro alguno de que se les haya otorgado dicha distinción a las Plantas Guerrero y Universidad (colindantes con Ciudad Universitaria).

Otro factor a considerar dentro de Ciudad Universitaria es el tráfico vehicular. La Secretaría de Sustentabilidad de la UANL (SSUANL 2017) ha estimado una afluencia vehicular de aproximadamente 8,600 unidades, que si bien se considera baja en relación a la cantidad de personas que confluyen en el campus, resulta problemática pues la UANL no cuenta con la infraestructura adecuada para dar un flujo libre y continuo a los automotores. La baja velocidad a la que circulan mientras alumnos y empleados caminan entre ellos, aunado al alto número de vehículos particulares, de transporte y carga pesada que transitan en las avenidas Manuel L. Barragán y Alfonso Reyes, aumentan las probabilidades de inhalación de contaminantes. Si bien desde el año 1997 dejaron de producirse combustibles y aditivos con plomo, las gasolinas hoy en día pueden contener trazas de plomo (hasta 0.5 mg/L) debido a impurezas en las corrientes de alimentación (Scott-Fogler 2008).

En 2011 se publicó un análisis de los metales pesados encontrados en polvos de distintas calles del AMM (Valdez-Cerda et al. 2011); se tomaron muestras de 30 puntos, uno de ellos en Ave. Barragán y Fidel Velázquez (esquina noroeste de Ciudad Universitaria) y otros 10 dentro de un radio de 5 km a la redonda de Ciudad Universitaria. Todas las muestras contenían plomo que fue atribuido en su mayoría a emisiones vehiculares y a formas residuales de diferente especiación (plomo inorgánico oxidado y plomo ligado a moléculas orgánicas).

## CONCLUSIÓN

La determinación de los niveles de plomo mediante voltamperometría de redisolución anódica, utilizando el equipo LeadCare Analyzer II, funciona como una herramienta sencilla y de bajo costo, para realizar diagnósticos oportunos en aves silvestres como biomonitores de contaminación en zonas urbanas. Aunque se encontraron variaciones en los niveles de plomo entre las especies de aves estudiadas, las concentraciones de este metal no representan riesgo de toxicidad para las aves, según lo reportado para aves de otras regiones del mundo. Sin embargo, considerando la normatividad ambiental vigente en México, los niveles de plomo disponibles en el AMM podrían tener implicaciones toxicológicas para la salud de las personas en condiciones de mayor vulnerabilidad. Se recomienda ampliar el diagnóstico de los niveles de plomo a otras especies de fauna silvestre y a otros sitios dentro del AMM y regiones adyacentes. 



- A. Paloma doméstica  
B. Tortolita cola larga  
C. Paloma ala blanca  
D. Carpintero cheje  
E. Luis bienteveo  
F. Tirano cuir  
G. Mirlo café  
H. Gorrión doméstico  
I. Zanate mayor

**Figura 1.** Especies de aves capturadas dentro Ciudad Universitaria (UANL) para determinación de niveles de plomo en sangre. Imágenes tomadas de: The Cornell Lab of Ornithology.

**Créditos forográficos.** Paloma doméstica: Luke Seitz; Tortolita cola larga: Jeffrey Moore; Paloma ala blanca: Ted Bradford; Carpintero cheje: Guillermo López; Luis bienteveo: Ian Davies; Tirano Cuir y Zanate mayor: Darren Clark; Mirlo café: Marky Mutchler y Gorrión doméstico: Evan Lipton.

**Tabla.1 Concentración de plomo en sangre en aves capturadas en la Ciudad Universitaria (UANL).**

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	N	Concentración de plomo (µg/dl) Media Rango
Columbiformes	Columbidae	Columba livia	Paloma doméstica	1	6.2
		Columbina inca	Tortolita cola larga	1	6.3
		Zenaida asiatica	Paloma ala blanca	13	5.8 3.3 - 9.7
Piciformes	Picidae	Melanerpes aurifrons	Carpintero cheje	18*	6.2 3.4 - 14.4
Passeriformes	Tyrannidae	Pitangus sulphuratus	Luis bienteveo	2	4.5 3.8 - 5.2
		Tyrannus couchii	Tirano cuir	2	< 3.3
	Turdidae	Turdus grayi	Mirlo café	7	4.7 3.5 - 7.5
	Passeridae	Passer domesticus	Gorrión doméstico	1	< 3.3
	Icteridae	Quiscalus mexicanus	Zanate mayor	14**	4.4 3.4 - 5.4
<b>Total</b>				<b>59</b>	<b>5.44 3.3 - 14.4</b>

\* 2 individuos presentaron valores <3.3 µg/dl

\*\* 12 individuos presentaron valores <3.3 µg/dl



## LITERATURA CITADA

- Anze, R., M. Franken, M. Zaballa, M.R. Pinto, G. Zeballos, M. Cuadros y S. Granado. 2007. Bioindicadores en la detección de la contaminación atmosférica en Bolivia. *Revista Virtual REDESMA*. 53-74. [https://www.researchgate.net/publication/277502418\\_Bioindicadores\\_en\\_la\\_deteccion\\_de\\_la\\_contaminacion\\_atmosferica\\_en\\_Bolivia](https://www.researchgate.net/publication/277502418_Bioindicadores_en_la_deteccion_de_la_contaminacion_atmosferica_en_Bolivia)
- Badillo-Castañeda, C. T., L. Garza-Ocañas, M.C.H. Garza-Ulloa, M.T. Zanatta-Calderón y A. Caballero-Quintero. 2015. Heavy Metal Content in PM 2.5 Air Samples Collected in the Metropolitan Area of Monterrey, México. *Human and Ecological Risk Assessment*. 21(8): 2022-2035. <http://dx.doi.org/10.1080/10807039.2015.1017873>
- Binkowski, L.J., K. Sawicka-Kapusta, J. Szarek, E. Strzyżewska, M. Felsmann. 2013. Histopathology of liver and kidneys of wild living Mallards *Anas platyrhynchos* and Coots *Fulica atra* with considerable concentrations of lead and cadmium. *Science of the Total Environment*. 450-451: 326-333. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.002>
- Blanco-Jiménez S., F. Altúzar, B. Jiménez, G. Aguilar, M. Pablo y M.A. Benítez. 2015. Evaluación de Partículas Suspendidas PM2.5 en el Área Metropolitana de Monterrey. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). México. 34pp. [http://www.ni.gob.mx/sites/default/files/reporte\\_wg3\\_pm2.5\\_monterrey.pdf](http://www.ni.gob.mx/sites/default/files/reporte_wg3_pm2.5_monterrey.pdf)
- Bub, H. 1991. *Bird trapping and bird banding: a handbook for trapping methods all over the world*. Cornell University Press. USA. 328pp.
- Carneiro, M., B. Colaço, R. Brandão, B. Azorín, O. Nicolás, J. Colaço, M. Pires, S. Agustí, E. Casas, S. Lavin y P. Oliveira. 2015. Assessment of the exposure to heavy metals in Griffon vultures (*Gyps fulvus*) from the Iberian Peninsula. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 113: 295-301. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.12.016>
- Dale, V. H. y S.C. Beyeler. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*. 1(1): 3-10. [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(01\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(01)00003-6)
- DOF. 2017. Norma Oficial Mexicana NOM-199-SSA1-2002. Salud ambiental. Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente. Diario Oficial de la Federación del 17 de Marzo de 2017. México, D.F.
- Esselink, H., F.M. Geld, L.P. Jager, G.A. Posthuma-Trumpie, P.E.F. Zoun y A.J. Baars. 1995. Biomonitoring heavy metals using the barn owl (*Tyto alba*): sources of variation especially relating to body condition. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 28(4): 471-486. <https://doi.org/10.1007/bf00211630>
- FAO. 2007. Blood Sampling. En: D. Whitworth, S.H. Newman, T. Mundkur y P. Harris (Eds.). *Wild Birds and Avian Influenza: an introduction to applied field research and disease sampling techniques*. FAO Animal Production and Health Manual, No. 5. Rome. 120pp.
- Franson, J.C. 1996. Interpretation of tissue lead residues in birds other than waterfowl. En: Beyer, W.N., G.H. Heinz y A.W. Redmon-Norwood (Eds.). *Environmental contaminants in wildlife: interpreting tissue concentrations*. Boca Raton, FL, USA. 265-279pp.
- González-Valdez, E.G., E. González-Reyes, C. Bedolla-Cedeño, E.L. Arrollo-Ordaz y E. Manzanares-Acuña. 2008. Niveles de plomo en sangre y factores de riesgo por envenenamientos en niños mexicanos. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. 43: 114-119. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n43/n43a10.pdf>
- Guajardo-Quiroga, R. y J. Arrambide-Olvera. 2002. Índices de intensidad de contaminación atmosférica: Una aplicación para el área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 18(4): 179-189. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/25186/46639>
- Hofer, C., F.J. Gallagher y C. Holzapfel. 2010. Metal accumulation and performance of nestlings of passerine bird species at an urban brownfield site. *Environmental Pollution*. 158(5): 1207-1213. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.01.018>
- Koskimies, P. 1989. Birds as a tool in environmental monitoring. *Annales Zooligici Fennici*. 26: 153-166. <http://www.sekj.org/PDF/anzf26/anz26-153-166.pdf>
- LeadCare® II Blood Lead Analyzer. User's Guide. Magellan Diagnostics. 70pp.
- Londoño-Franco, L.F., P.T. Londoño-Muñoz y F.G. Muñoz-García. 2016. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 14(2): 145-153. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
- Malik, R. N. y N. Zeb. 2009. Assessment of environmental contamination using feathers of *Bubulcus ibis* L., as a biomonitor of heavy metal pollution, Pakistan.

- Ecotoxicology 18: 522-336. <https://doi.org/10.1007/s10646-009-0310-9>.
- Martorell, J. 2009. Intoxicaciones en aves. Revista AVEPA Clínica Veterinaria de Pequeños Animales. 29(3): 172-178. <https://ddd.uab.cat/pub/clivetpeqani/11307064v29n3/11307064v29n3p1.pdf>
- Mejía-Velázquez, G. 2010. Calidad del aire en la Ciudad de México: Una aproximación multidisciplinaria para su adecuada gestión. ITESM. En: <http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transerencia/Transerencia55/eli2-55.html> (consultado el 14/01/2016).
- MMA. 2006. Ministerio de Medio Ambiente. Diagnóstico de la intoxicación por plomo. En: [http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies-amenazadas/cap1\\_5\\_tcm7-20813.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies-amenazadas/cap1_5_tcm7-20813.pdf). (consultado el 07/05/2016).
- Nam, D. H. y D.P. Lee. 2006 (a). Monitoring for Pb and Cd pollution using feral pigeons in rural, urban, and industrial environments of Korea. Science of the Total Environment. 375: 288-295. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.08.017>
- Nam, D. H. y D.P. Lee. 2006 (b). Reproductive effects of heavy metal accumulation on breeding feral pigeons (Columba livia). Science of the Total Environment. 366: 682-687. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.02.004>
- Nava-Ruiz, C. y M. Méndez-Armenta. 2011. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). Archivos de Neurociencias. 16(3): 140-147. <https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2011/ane113f.pdf>
- OMS. 2013. Guía breve de métodos analíticos para determinar las concentraciones de plomo en la sangre. Organización Mundial de la Salud. Programa Interinstitucional para la Gestión Racional de las Sustancias Químicas (IOMC). 21 pp.
- Padoa-Schioppa, E., M. Baietto, R. Massa y L. Bottoni. 2006. Bird communities as bioindicators: The focal species concept in agricultural landscapes. Ecological Indicators. 6(1): 83-93. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.08.006>
- Parra-Ochoa, E. 2014. Aves silvestres como bioindicadores de contaminación ambiental y metales pesados. Revista CES Salud Pública. 5(1): 59-69. file:///C:/Users/Alina%20Olalla/Downloads/Dialnet-AvesSilvestresComoBioindicadoresDeContaminacionAmb-4804774.pdf
- Phallen, R.F. y R. N. Phallen. 2013. Introduction to Air Pollution Science: A Public Health Perspective. Jones & Bartlett Learning. United States of America. 331 pp.
- PROFEPA. 2016. Entrega PROFEPA 4 certificados de industria limpia a empresa Ternium en Nuevo León. Disponible En: [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/8635/1/mx/entrega\\_profepa\\_4\\_certificados\\_de\\_industria\\_limpia\\_a\\_empresa\\_ternium\\_en\\_nuevo\\_leon.html](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/8635/1/mx/entrega_profepa_4_certificados_de_industria_limpia_a_empresa_ternium_en_nuevo_leon.html). (consultado el 01/09/2017).
- Sbarato, V., R. Basan, P. Manzo, J.E. Ortega, M. Campos y M.R. Salort. 1997. Análisis y Caracterización del Material Particulado. Córdoba, Argentina. 1-27. <http://www.monitoreoambiental.com/download/16.%20An%C3%A1lisis%20del%20Material%20Particulado-paper24.pdf>
- Scheifler, R., M. Coeurdassier, C. Morilhat, N. Bernard, B. Faivre, P. Flicoteaux, P. Giraudoux, M. Noël, P. Piote, D. Rieffel, A. de Vaulfleur y P.M. Badot. 2006. Lead concentrations in feathers and blood of common blackbirds (Turdus merula) and in earthworms inhabiting unpolluted and moderately polluted urban areas. Science of the Total Environment. 371: 197-205. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.09.011>
- Scott-Fogler, H. 2008. Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas. Prentice-Hall. 1120pp.
- SEMARNAT. 2009. Metales pesados. INECC Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. En: <http://www.inecc.gob.mx/sqre-temas/763-aqre-metales>. (consultado el 03/09/2015).
- SSUANL. 2017. Secretaría de Sustentabilidad de la UANL. En: <http://sds.uanl.mx/movilidad-sustentable/> (consultado el 02/09/2017).
- Swaleh, K.M. y R. Sansur. 2006. Monitoring urban heavy metal pollution using the House Sparrow (Passer domesticus). Journal of Environmental Monitoring. 8: 209-213. <https://doi.org/10.1039/b510635d>
- Valdez-Cerda, E., L. Hinojosa-Reyes, M. Alfaro-Barbosa, P. Elizondo-Martínez y K. Acuña-Askar. 2011. Contamination and chemical fractionation of heavy metals in street dust from the Metropolitan Area of Monterrey, Mexico. Environmental Technology. 32(10): 1163-1172. <https://doi.org/10.1080/09593330.2010.529466>

