

MONITOREO DE CADMIO Y PLOMO EN TEJIDOS DE *Turdus fuscater* EN
SOGAMOSO (BOYACÁ-COLOMBIA)

MONITORING OF CADMIUM AND LEAD IN TISSUES OF *Turdus fuscater* IN
SOGAMOSO (BOYACÁ-COLOMBIA)

Jairo Antonio Cubillos L¹
Clara Natalia Rodríguez-Flórez²
Carlos Arturo Rocha-Caicedo³
Ricardo Barreto Prieto³

¹ Grupo Catálisis UPTC. Escuela de Química. Facultad de Ciencias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

jairo.cubillos@uptc.edu.co

² Estudiante de Maestría en Ciencias Ambientales, Universidad de Buenos Aires.

³ Grupo de Investigación GESA. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

carlos.rocha@uptc.edu.co

A LA MEMORIA DEL PROFESOR RICARDO BARRETO PRIETO

RESUMEN

En el valle de Sogamoso las actividades siderúrgicas son la fuente principal de contaminación ambiental, donde se destacan emisiones de material particulado compuesto principalmente de metales pesados. Sin embargo, no existe información sobre la bioacumulación de metales pesados en aves de la región, lo cual es aceptado como una medida indirecta de la presencia de estos materiales tóxicos en el ambiente. Para ello se realizó una fase de campo, seguida de una de fase de laboratorio, con el propósito de determinar la concentración de plomo y cadmio en tejidos de hígado, pulmón, riñón, bazo y cerebro de *Turdus fuscater* (Aves: Turdidae). Se encontró la presencia de plomo y cadmio en todos los tejidos. Estos resultados, serán usados como línea base para evaluar la contaminación con metales pesados en aves silvestres en el corredor industrial del Departamento de Boyacá. Las muestras fueron tratadas mediante digestión ácida y la concentración de los metales determinada por espectroscopía de absorción atómica utilizando Horno de Grafito. El límite de detección y de cuantificación para plomo fue de 0.00108 ppm y 0.00291 ppm, respectivamente. Mientras que para el cadmio fue 0.01669 ppm y 0.03898 ppm, respectivamente. El grado de recuperación, para ambos metales, fue superior al 90 %. El patrón de acumulación en peso húmedo de cadmio fue: hígado 4.32 ± 0.53 ppm, pulmón 3.74 ± 1.12 ppm, riñón, 3.97 ± 1.08 ppm, bazo 3.38 ± 1.01 ppm y cerebro 2.9 ± 1.0 ppm, lo que sugiere que las aves silvestres están siendo expuestas a concentraciones de estos elementos en el ambiente. Con la información obtenida se sugiere que la especie *Turdus fuscater* (*T. fuscater*), es

idónea para programas de biomonitoreo ambiental, lo cual permite realizar proyecciones sobre el deterioro de este hábitat.

Palabras clave: altiplano cundiboyacense, siderurgia, metales pesados, biomonitoreo, aves.

ABSTRACT

In the Sogamoso valley, iron and steel industry are the main source of environmental pollution, highlighting particulate emissions mainly composed of heavy metals. However, there is not so much information about heavy metals bioaccumulation in region's birds, which is accepted as an indirect measure of the presence of these toxic materials in the environment. For this reason, in this work a field step, subsequently of a laboratory step were performed to find the concentration of lead and cadmium in tissues of liver, lung, kidney, spleen and brain *T. fuscater* (Aves: Turdidae). Lead and cadmium were found in all tissues. These results will be used as a baseline to evaluate the contamination by heavy metals in wild birds at the industrial route of Boyacá. Samples were treated by using an acid digestion process and the concentration of heavy metals by graphite furnace atomic absorption spectroscopy was measured. The detection and quantification limit for lead was 0.00108 ppm and 0.00291 ppm, respectively. For its part, the cadmium was 0.01669 ppm and 0.03898 ppm, respectively. The recovery degree was over 90%. The accumulation pattern of cadmium (liver 4.32 ± 0.53 ppm ww, 3.74 ± 1.12 ppm ww lung, kidney, 3.97 ± 1.08 ppm ww, 3.38 ± 1.01 ppm ww spleen and brain 2.9 ± 1.0 ppm ww) suggests that wild birds are being exposed to concentrations of these elements in the environment. The collected data suggest that the species *Turdus fuscater* (*T. fuscater*) is suitable for environmental biomonitoring programs, which allows to made projections on the deterioration of this habitat.

Keywords: Cundiboyacense highlands, iron and steel industry, heavy metals, Biomonitoring, birds.

INTRODUCCIÓN

En Colombia la contaminación atmosférica es un factor de preocupación por los costos sociales y ambientales, (1) así como en la gran mayoría de los países de América, el tema es de alto interés; sin embargo, hasta hace poco se comenzaron hacer las determinaciones de las concentraciones de los metales en suelos, siendo el del cadmio el análisis más realizado; en consecuencia, no se ha realizado un trabajo completo que permita establecer los valores de referencia en suelos colombianos (2). Como parte de los contaminantes ambientales se encuentran los metales pesados. Entre estos, el plomo y el cadmio son considerados peligrosos desde el punto de vista ambiental y toxicológico (3). Las fuentes principales de contaminación por cadmio son: la industria minero-metalúrgica de metales no ferrosos, la metalurgia del hierro y acero, la fabricación de fertilizantes fosfatados, la incineración de residuos de madera, carbón o plásticos, la combustión de aceite y gasolina, y las aplicaciones industriales de cadmio; además de las partículas de polvo de caucho resultante del desgaste de los neumáticos del parque automotor y de la industria de cerámica glaseada (4). Las fuentes de contaminación por plomo son: minas, refinerías y fundiciones; reparación de automóviles, fábrica de baterías, lugares de práctica de tiro, municiones, gasolineras, soldadores y cortadores de acero (5).

El plomo y el cadmio se encuentran de manera natural en los ecosistemas y el aumento en la concentración de éstos en el ambiente, se atribuye al incremento de la actividad industrial. Así mismo, la presencia de metales pesados puede inhibir el

crecimiento de ciertos organismos acuáticos, afectando el beneficio de estos en cuerpos de agua (6) La importancia de la investigación con relación a la fauna silvestre está determinada por sus implicaciones: teratogénicas, cancerígenas y mutagénicas, además de su capacidad de bioacumularse y biomagnificarse a través de la cadena alimenticia (7). El cadmio en aves puede producir cambios a nivel histológico en riñón, hígado, tracto gastrointestinal, corazón, vasos sanguíneos y médula ósea. Así mismo, induce hipoplasia testicular e inhibe la espermatogénesis produciendo esterilidad de los machos (8). El plomo en aves afecta el crecimiento y la supervivencia de los polluelos, altera la reproducción y el comportamiento. En caso de envenenamiento por plomo se advierte anemia hemolítica (9,10). Las aves han sido ampliamente utilizadas como biomonitores de contaminación ambiental (11), por ser bioindicadores capaces de reflejar la salud del ecosistema (12). Además, enfatizamos que, por varias características, la avifauna resulta especialmente afectada por la contaminación con metales pesados en el ambiente (13) (14) (15) (16).

El valle de Sogamoso (Boyacá) ha sido reconocido por sus descargas contaminantes, resultado de la actividad industrial siderúrgica y metalúrgica (17) (18). Según el Departamento Nacional de Planeación (19), esta región, ocupa el quinto puesto a nivel nacional, de mayores descargas contaminantes a la atmósfera. De acuerdo con los datos más recientes, el cadmio y el plomo presentaron en el año 2002 valores promedio de $0.002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el aire (18). Otro problema latente en la región cundiboyacense, según (20) es la presencia de residuos de plaguicidas en

los alimentos y su persistencia en el ambiente, la ruptura de los mecanismos de control biológico natural y el desarrollo de resistencia en las poblaciones de plagas, son algunos de los efectos de los pesticidas que atentan contra la salud humana y el ambiente.

El objetivo de este estudio fue realizar un biomonitoreo en aves (*T. fuscater*), para establecer información base, sobre los niveles de plomo y cadmio en tejidos de: hígado, pulmón, riñón, bazo y cerebro, como punto de partida para instaurar programas de monitoreo ambiental en el valle de Sogamoso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de determinar que especie de ave sería la más apropiada para el estudio, se evidenció la avifauna presente en el área de estudio y la abundancia relativa, siguiendo la metodología de (21), empleando el muestreo por bandas. Se muestrearon 4 sectores: vía al crucero (VC), Monquirá (M), los Alisos (LA) y Siatame (S). En cada uno de ellos se muestreó aproximadamente 250 m, con 10 repeticiones y un tiempo de 25 a 30 minutos. Se realizaron recorridos en los sitios de estudio, entre las 06:00 y las 10:00 h (fig. 1).

La riqueza de especies y sus abundancias relativas, se calcularon mediante el empleo del programa Excel. Con esta información, se definieron categorías para la abundancia considerando como: escasos de 1 a 4 registros, poco común de 5 a 9 registros, común de 10 a 15 y abundante de 16 a 20 o más. Adicionalmente en la selección de la especie, tuvimos en cuenta, los criterios de la UICN, que no esté en algún grado de peligro, que se encuentre tanto en la ciudad como en el área

suburbana, que sea una especie omnívora, y que su peso sea adecuado para la toma de muestras (> a 10 gr). La colecta de individuos de *T. fuscater*, se realizó en septiembre de 2012, en el municipio de Sogamoso (Fig. 1), y se llevó a cabo con redes de niebla. Se capturaron tres individuos, dos machos (un adulto y un juvenil) en el sitio denominado “La Ramada” (N 05° 44′ 15.2″, W 72° 54′ 19.5″; 2434 msnm) y una hembra juvenil en sitio “Buenavista” (N 05° 34′ 10.7″, W 73° 20′ 37.6″; 2524 msnm) (Fig. 1). Los individuos fueron pesados mediante el empleo de pesolas y luego disectados. Los tejidos blandos (hígado, pulmón, riñón, bazo y cerebro) fueron depositados en cajas de Petri y almacenados a -20°C. En total se analizaron 18 muestras: 6 de hígado (2 por ejemplar), 3 de pulmón, 3 de riñón, 3 de bazo y 3 de cerebro.

En cuanto al proceso de digestión húmeda se siguió la metodología de (22), con algunas modificaciones. Se pesaron muestras entre 0.695 g y 1.156 g de los diferentes tejidos, las cuales se depositaron en tubos de ensayo. Luego se añadieron 5 ml de una mezcla de ácidos nítrico, perclórico y sulfúrico a una proporción de 8:8:1. A cada muestra se le aplicó tratamiento térmico progresivo, desde temperatura ambiente hasta 320°C, en un sistema de calentamiento cerrado. Finalmente, el residuo obtenido se ajustó a un volumen de 10 ml con agua desionizada. Todas las lecturas de señal de metal se llevaron a cabo con el respectivo protocolo de temperatura y por duplicado, utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito. Para validar el

método, se estableció el límite de detección y cuantificación, y se analizaron tres muestras del estándar de hígado de bovino SRM 1577c del NIST y ocho blancos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La abundancia de *T. fuscater* para los sitios muestreados, evidencia valores de 16 a 20 o más, que es abundante (ver cuadro I, II, III y IV). Por otro lado, se tiene en cuenta que *T. fuscater*, no es la única especie que presenta los mayores valores de abundancia en los sitios muestreados. Por ejemplo, *Coragyps atratus*, es abundante en dos sitios VC y SA y en los otros dos sitios no se presenta. En contraste, *Zenaida auriculata* y *Zonotrichia capensis* se presentan en los cuatro sitios muestreados, pero *Z. auriculata*, es una especie granívora y *Zonotrichia capensis* se comporta como granívoro o granívoro facultativo (semillas e insectos) dependiendo de la variación en densidad de los recursos (23)(32). Además, *Bubulcus ibis* y *Orochelidon murina*, *B. ibis*, se reportan en tres de los cuatro sitios, adicionalmente se encuentra cerca al ganado y su dieta especialmente insectos por lo general saltamontes, grillos, moscas (adultas y larvas), polillas, arañas, y lombrices (24). Por último, *O. murina*, gregaria o en grupos cerca de las casas y su dieta básica es insectos (25).

Según lo anterior, *T. fuscater* es una de las especies más abundantes, su dieta es omnívora, siendo muy adaptable, ya que se encuentra tanto en zonas silvestres (pastizales y remanentes de bosque), y en sitios intervenidos del altiplano cundiboyacense, como también en ciudad, por ejemplo, en la Universidad Nacional

de Colombia Sede Bogotá y barrios vecinos (Bogotá - Colombia). Según (25), se distribuye desde los Andes de Venezuela hasta Bolivia; en Colombia en las tres Cordilleras y altitudinalmente desde 1400 hasta 4100 msnm, su estatus según IUCN es de preocupación menor (LC) (26).

Adicionalmente con la información anterior, el mejor indicador del grado y el tipo de exposición de la avifauna frente a contaminantes como plomo y cadmio, es la medición del nivel de estos en sangre y en tejidos (22).

Es importante resaltar que estos resultados representan el primer reporte, acerca de la contaminación por Cd y Pb en aves en la ciudad de Sogamoso (corredor industrial), brindando valiosa información sobre la bioacumulación en los tejidos de *T. fuscater*, abriendo la posibilidad para el planteamiento de posibles hipótesis sobre los grados de contaminación en la ciudad de Sogamoso de manera preliminar, debido al tamaño de muestra.

Los valores hallados para Pb en orden decreciente fueron: hígado, pulmón, riñón, cerebro y bazo; mientras que para el Cd: hígado, riñón, pulmón, bazo y cerebro (Cuadro V). Estos resultados preliminares muestran que el Pb y Cd están biodisponibles en el medio ambiente, siendo bioacumulados por *T. fuscater*. El grado de recuperación fue superior al 90 %. El límite de detección y de cuantificación para Pb fueron de 0.00108 ppm y 0.00291 ppm, respectivamente, mientras que para Cd fueron de 0.01669 ppm y 0.03898 ppm, respectivamente. Aún existe poca información sobre la contaminación por Cd en los ecosistemas, a pesar de los requerimientos de biomonitorizar diversos ambientes contaminados en muchos

países (28). Sin embargo, con respecto al patrón de acumulación, (8) determinaron que el cadmio tiende a acumularse en el hígado y el riñón y que, a largo plazo la baja exposición produce que la concentración de cadmio en el riñón sea más alta que la hallada en hígado, pero bajo condiciones a largo plazo y alta exposición, la concentración Cd es más alta en hígado que en riñón. Lo anterior se puede explicar por la disponibilidad de la metalotioneína, cuando la síntesis de este tipo de proteína es insuficiente, como en una situación de larga exposición, los túbulos renales se ven afectados, y proteínas de bajo peso molecular se excretan (8). Por tanto, el patrón de acumulación obtenido para Cd podría sugerir que las aves silvestres están siendo expuestas a altos niveles y a larga exposición de Cd en el ambiente; lo que puede responder a las siguientes causas que ocurren en el lugar de colecta, tales como: fertilizantes fosfatados cercanos, quema de coque usado en la elaboración de ladrillo y en los altos hornos para procesamiento de hierro y utilización de galvanizados en la industria.

(7) evaluaron la contaminación por metales pesados en aves, *Pitangus sulphuratus* del embalse La Florida (San Luis, Argentina). Los niveles más bajos de Cd fueron hallados en cerebro (0.21 ± 0.08 ppm). Así mismo, (22), estimaron los niveles de Cd y Pb en ocho individuos omnívoros (*Larus argentatus* y *L. rudibundus*), reportando que los niveles de bioacumulación en cerebro (Cd: 0.072 ± 0.118 ppm ww, Pb: 0.77 ± 1.34 ppm ww) son más bajos con respecto a otros tejidos. Teniendo en cuenta los resultados de (7) (22), estos coinciden con lo obtenido en este trabajo con respecto a los niveles de cadmio hallados en cerebro.

(28), plantean que, en aves rapaces las concentraciones de plomo en hígado menores a 6 ppm indican exposición de fondo al metal y concentraciones mayores a 8 ppm, envenenamiento. Los valores reportados para Pb establecen una bioacumulación del metal, en donde probablemente se denota una exposición de fondo. La comparación es una aproximación, ya que los hábitos alimenticios de las aves influyen en las concentraciones de Pb (29). Además, si no existe un historial de exposición de la especie, es difícil interpretar las concentraciones de plomo halladas en los tejidos (30). Por otro lado, (31), encontraron que los niveles de Pb en heces (1.5 µg/gww) son más altos con respecto a los hallados en hígado (0.015 µg/gww) y riñón (0.011 µg/gww). Dado que el 90% del plomo ingerido se excreta, lo anterior sugiere la posibilidad de incluir la medición del metal en heces.

CONCLUSIONES

Debido al número de muestras analizadas, no se pueden hacer aseveraciones muy concretas, pero es claro que, en todas las muestras de tejidos, de *T. fuscater* en Sogamoso, se encontró Cd y Pb, evidenciando que estos metales pesados son biodisponibles y bioacumulables, y que la avifauna está expuesta a niveles de cadmio en el ambiente y posible exposición de fondo al plomo. Por tanto, se evidencia la importancia de instaurar programas de biomonitoreo ambiental, para establecer los niveles de contaminantes en este sector (Sogamoso – Boyacá), información de gran valor, que proporciona conocimiento para el posible riesgo y

efecto para la salud de los habitantes del corredor industrial, dadas sus implicaciones para la salud humana y la vida silvestre.

REFERENCIAS

- (1) MAVDT. Política de prevención y control de la contaminación del aire. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia. 2010.
- (2) Ramírez M.Á., M.A. Navarro R. Análisis de metales pesados en suelos irrigados con agua del río Guatiquía. *Ciencia en desarrollo* 2015; 6(2) 167-175.
- (3) García-Fernández A., Sánchez-García J., Gómez-Zapata M. y Luna A. Distribution of Cadmium in Blood and Tissues of Wild Birds. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 1996; 30, 252-258.
- (4) Ramírez, A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.* 2002; 63, (1) 51 – 64.
- (5) Poma P. Intoxicación por plomo en humanos. *An. Fac. med.* 2008; 69(2):120-6.
- (6) Tejada, C., A Herrera., E. Ruiz. Utilización de biosorbentes para la remoción de níquel y plomo en sistemas binarios. *Ciencia en Desarrollo.* 2016; 7 (1) 31-36
- (7) Cid F., Gatica-Sosa C., Antón R. y Cavides-Vidal E. Contamination of heavy metals in birds from Embalse La Florida (San Luis, Argentina). *Journal of Environmental Monitoring.* 2009; 11, 2044-2051.

- (8) Mayack L., Bush P., Fletcher O., Page R. y Fendley T. Tissue Residues of Dietar y Cadmium in Wood Ducks. Arch. Environ.Contam. Toxicol. 1981; (10) 637.
- (9) Medina, W., Macana García, D. C., & Sánchez, F. Aves y mamíferos de bosque altoandino-páramo en el páramo de Rabanal (Boyacá-Colombia). Ciencia en Desarrollo. (2015); 6(2), 185-198.
- (10) Lucia M., André J., Gontier K., Diot N., Veiga y S. Davail S. Trace element concentrations (mercury, cadmium, copper, zinc, lead, aluminium, nickel, arsenic, and selenium) in some aquatic birds of the southwest atlantic coast of France. Arch. Environ. Contam. Toxicol, 2010; 58:844–853.
- (11) Martínez-López E., María-Mójica P., Martínez J.E., Calvo J.F. y García-Fernández A.J. Pluma de Águila calzada (*Hieraaetus pennatus*) como Unidad Biomonitora de la exposición ambiental a Cadmio Y Plomo. An. Vet. (Murcia) 2002;18: 69-74.
- (12) Andersern N. My bioindicator or yours? Making the selection. Journal of Insect Conservation. 1999; (3) 61 – 64. 1999.
- (13) Mockus, A. Introducción del libro, en: A. GUARNIZO & B. CALVACHI (eds). Los humedales de Bogotá y la Sabana. Tomo I. Acueducto de Bogotá y Conservación Internacional, Bogotá, Colombia. 2003.
- (14) Chaparro B. Reseña de la vegetación en los humedales de la Sabana de Bogotá. En: A. GUARNIZO y CALVACHI B. (eds.). Los humedales de Bogotá y La Sabana. Tomo I. Acueducto de Bogotá y Conservación Internacional, Bogotá, Colombia. 2003.

- (15) Kolf-Clauw M., Guénin A y Pérez M. Micromamíferos y metales pesados: Biomonitorización del medio ambiente. Observatorio Medioambiental. 2007; (10)19-37.
- (16) PINILLA G. An index of limnological conditions for urban wetlands of Bogotá city, Colombia. Ecological Indicators. 2010; (10) 848 – 856.
- (17) Calderón C., Romero F. y Gómez L. Salud Ambiental y Desarrollo. Santafé de Bogotá. Escolar Ltda. 380 pp. 1995.
- (18) Ulloa M. y Daza N. Caracterización de metales pesados en el material particulado en el aire ambiente del valle de Sogamoso. Trabajo de grado. Ingeniería sanitaria y ambiental. Fundación Universitaria de Boyacá, Icsc-World Laboratory-Laps, Corpoboyacá y Alcaldía de Sogamoso. 263 pp. 2002.
- (19) DNP. Conpes 3394. Lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire. Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación. 2005.
- (20) Pérez María Emilia Pérez, Diego Manuel Ruiz, Marcela Schneider, Juan Carlos Autino, Gustavo Romanelli. La química verde como fuente de nuevos compuestos para el control de plagas agrícolas. Ciencia en Desarrollo. 2013; (2) 83 -91
- (21) Ralph C.J., Geupel G.R., Pyle M. Thomas E., DeSant, D.F. y Milá B. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen.

- Tech. Rep. PSW – GTR- 159. Albany, CA. Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p. 1996.
- (22) García-Fernández A., Sánchez-García J., Jimenez-Montalba P. y Luna A. Lead and Cadmium in wild birds in Southeasth Spain. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 1995; Vol. 14, No. 12, pp.
- (23) López-Calleja MV. Dieta de *Zonotrichia capensis* (Emberizidae) y *Diuca diuca* (Fringillidae): efecto de la variación estacional de los recursos tróficos y la riqueza de aves granívoras en Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural*. 1995; 68:321-331.
- (24) Siegfried, W. R. The Food of the Cattle Egret. *Journal of Applied Ecology* (British Ecological Society) 1971; 8 (2): 447-468.
- (25) Hilty S. y Brown W.L. Guía de Aves de Colombia. Traducción al español por Humberto Álvarez-López. Segunda Impresión: Asociación Colombiana de Ornitología ACO. Impreso en Colombia por Cargraphics S.A. 2009.
- (26) Renjifo L.M., Franco M., Amaya D., Kattan G., y López-Lanus B. Libro Rojo de Aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 2002.
- (27) Mochizuki M., Hondo R., Kumon K., Sasaki R., Matsuba H. y Ueda F. Cadmium contamination in wild birds as an indicator of environmental pollution. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2000. 73: 229–235.

- (28) Clarck A., Scheuhammer A. Lead Poisoning in Upland-foraging Birds of Prey in Canada. *Ecotoxicology*. 2002; 12, 23-30.
- (29) Binkowski L J., Meissner W. Levels of metals in blood samples from Mallards (*Anas platyrhynchos*) from urban areas in Poland. *Environmental Pollution*. 2013; 178: 336-342.
- (30) Martínez-López E. Evaluación a la exposición a contaminantes ambientales persistentes (cadmio, plomo y compuestos organoclorados) en rapaces forestales y uso de células sanguíneas para evaluar sus efectos. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia, Murcia. 2005.
- (31) Ek K., Morrison G., Lindberg P. Rauch S. Comparative Tissue Distribution of Metals in Birds in Sweden Using ICP-MS and Laser Ablation ICP-MS. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2004; 47, 259–269.
- (32) Cortés Díaz, G. M., Prieto Suárez, G. A., & Rozo Nuñez, W. E. Caracterización bromatológica y fisicoquímica de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) y su posible aplicación como alimento nutracéutico. *Ciencia en Desarrollo*. (2015); 6(1), 87-97.

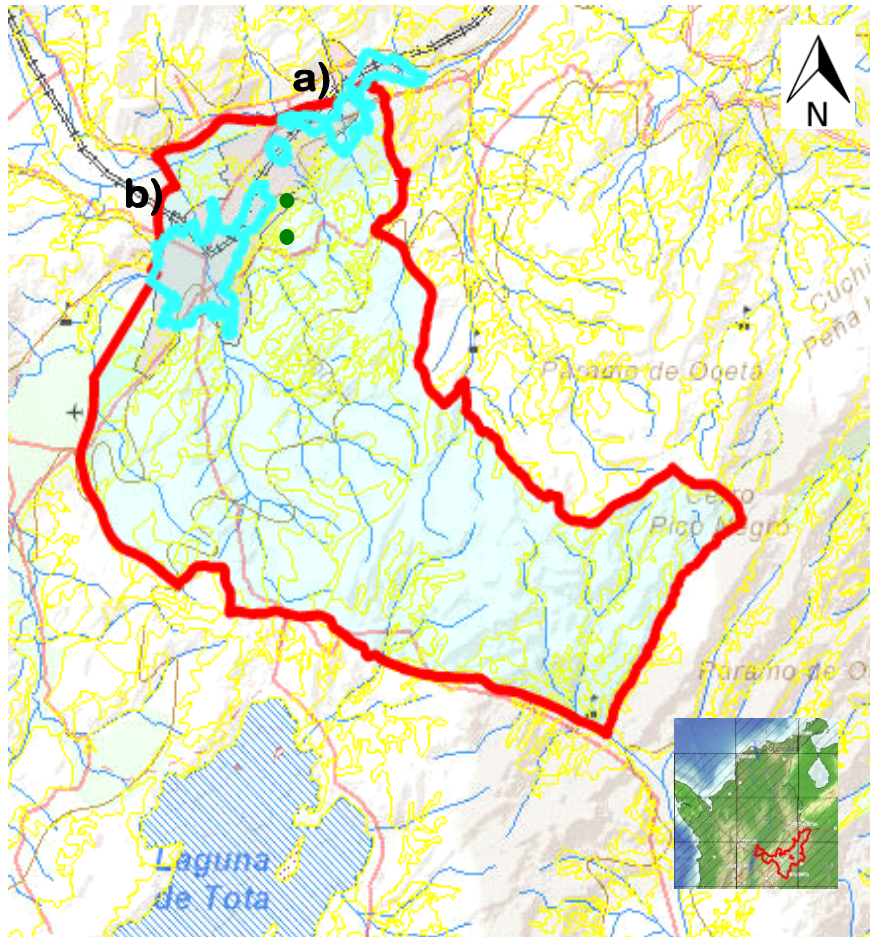


Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo, en verde. a) Zona Industrial. b) Tejido urbano continuo. Municipio de Sogamoso, departamento de Boyacá, Colombia (modificado de IGAC 2013, [http:// http://mapascolombia.igac.gov.co](http://mapascolombia.igac.gov.co)).

Cuadro I. Abundancia relativa en el sector Vía el Crucero (Sogamoso)

Especie	Abundancia	Abundancia relativa
<i>Coragyps atratus</i>	30	0,183
<i>Zonotrichia capensis</i>	24	0,146
<i>Turdus fuscater</i>	19	0,116
<i>Zenaida auriculata</i>	18	0,720

Cuadro II. Abundancia relativa en el sector Monquirá (Sogamoso)

Especie	Abundancia	Abundancia relativa
<i>Bubulcus ibis</i>	25	0,0962
<i>Orochelidon murina</i>	37	0,1423
<i>Zonotrichia capensis</i>	28	0,1077
<i>Turdus fuscater</i>	24	0,0923

Cuadro III. Abundancia relativa en el sector los Alisos (Sogamoso)

Especie	Abundancia	Abundancia relativa
<i>Coragyps atratus</i>	31	0,1275
<i>Orochelidon murina</i>	43	0,1769
<i>Turdus fuscater</i>	31	0,1275
<i>Zonotrichia capensis</i>	29	0,1193

Cuadro IV. Abundancia relativa en el sector los Siatame (Sogamoso)

Especie	Abundancia	Abundancia relativa
<i>Bubulcus ibis</i>	24	0,0784
<i>Coragyps atratus</i>	27	0,0880
<i>Orochelidon murina</i>	71	0,2320
<i>Zonotrichia capensis</i>	36	0,1176
<i>Zenaida auriculata</i>	33	0,1070
<i>Turdus fuscater</i>	24	0,0784

Cuadro V. Media, \pm error estándar del rango de la concentración de Pb y Cd (ppm, ww (peso húmedo)) en tejidos de *T. fuscater*.

Especie: *Turdus fuscater*

N: 3 individuos

Masa Corporal: 150.67 \pm 9.82 g

Tejido	N	Pb ppm (ww)	Cd ppm (ww)
Higado	6	0.29 \pm 0.04	4.32 \pm 0.53
Pulmón	3	0.24 \pm 0.09	3.74 \pm 1.12
Riñon	3	0.21 \pm 0.09	3.97 \pm 1.08
Bazo	3	0.17 \pm 0.09	3.38 \pm 1.01
Cerebro	3	0.18 \pm 0.09	2.9 \pm 1.00
N	18		