

## Artículo Original

# Comparación de niveles de cadmio en piensos y huevos de codorniz mediante absorción atómica y plasma acoplado inductivamente

## Comparison of cadmium levels in quail feed and eggs by atomic absorption and inductively coupled plasma

Oscar-Pedro Santisteban-Rojas <sup>1</sup>, José Alfonso Apestequia Infantes <sup>2</sup>

Recibido: 10/11/2021 Aceptado: 29/12/2021 Publicado: 29/03/2022

### Resumen

El consumo de huevos de codorniz en Perú está en aumento, el huevo puede almacenar importantes concentraciones de iones metálicos. La presente investigación buscó determinar la concentración de cadmio tanto en yema, clara, piensos y huevos de codorniz y correlacionar su posible contaminación con la alimentación de las aves. Para ello se realizó la mineralización húmeda de la muestra empleando HNO<sub>3</sub>: HCl concentrados y depurados de iones. Se analizaron las soluciones mediante Absorción Atómica (AA) y Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP) obteniéndose 0,136±0,040 y 0,034±0,010; 0,158±0,060 y 0,012±0,002; 0,364±0,010 y 0,095±0,010; 0,020±0,005 y 0,008±0,001; 0,017±0,005 y 0,001±0,000 ppm en yemas, claras, piensos, supermercados y venta ambulatoria, respectivamente. Se halló que las yemas contienen más cadmio que las claras, los piensos son una fuente importante de cadmio para las aves, en las muestras de supermercados y de venta ambulatoria los contenidos son similares. El análisis por ICP detecta menores concentraciones en las muestras.

**Palabras clave:** cadmio; huevo de codorniz; pellets; yemas; claras.

### Abstract

The consumption of quail eggs in Peru is on the rise, the egg can store significant concentrations of metal ions. The present investigation sought to determine the cadmium concentration in both yolk, white, feed and quail eggs and to correlate its possible contamination with the feeding of the birds. For this, the wet mineralization of the sample was carried out using concentrated HNO<sub>3</sub>: HCl and ion cleaners. The solutions were analyzed by Atomic Absorption (AA) and Inductive Coupling Plasma (ICP) obtaining 0,136±0,040 and 0,034±0,010; 0,158±0,060 and 0,012±0,002; 0,364±0,010 and 0,095±0,010; 0,020±0,005 and 0,008±0,001; 0,017±0,005 and 0,001±0,000 ppm in yolks, whites, feed, supermarkets and ambulatory sales, respectively. Yolks were found to contain more cadmium than whites, feed is an important source of cadmium for poultry, in supermarket and outpatient samples the contents are similar. ICP analysis detects lower concentrations in samples.

**Keywords:** cadmium; quail egg; pellets; yolks; whites.

<sup>1</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química. Lima, Perú.

Autor para correspondencia: [oscar.santisteban1@unmsm.edu.pe](mailto:oscar.santisteban1@unmsm.edu.pe) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0126-4142>

<sup>2</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica. Lima, Perú.

E-mail: [japestequia@unmsm.edu.pe](mailto:japestequia@unmsm.edu.pe) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6546-2298>

### Citar como:

Santisteban-Rojas O. y Apestequia, J. (2021). Comparación de niveles de cadmio en piensos y huevos de codorniz mediante absorción atómica y plasma acoplado inductivamente. *Ciencia e Investigación* 2021 24(2):9-14. doi: <https://doi.org/10.15381/ci.v24i2.22520>

© Los autores. Este artículo es publicado por la Ciencia e Investigación de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

## INTRODUCCIÓN

El cadmio es un elemento químico que no cumple función biológica benéfica, pero se encuentra en la naturaleza por acumularse a partir de sus fuentes naturales. Se encuentra principalmente en plantas<sup>1</sup> y organismos marinos que lo acumulan a partir del suelo. Algunos suelos agrícolas son ricos en cadmio, se explotan como tales y sus productos son un riesgo para el ser humano<sup>2</sup>. El muestreo y detección sigue procedimientos ya establecidos<sup>3</sup> indicando en muchos casos que se emplee la muestra total. El ser humano lo ingiere través de los alimentos, infusiones, humos, fumar<sup>4</sup> y vapores<sup>5</sup>. Se conoce que una vez absorbido es retenido muy eficientemente y se acumula a lo largo de nuestra vida<sup>6</sup>. Su absorción está entre 2 a 6% de lo ingerido y la anemia aumenta su absorción<sup>7</sup>. El cadmio reacciona con todas las estructuras celulares que contengan grupo sulfhidrilo (tiol, -SH) e inactiva parcial o totalmente a las enzimas dependientes de azufre. Otros mecanismos de toxicidad del cadmio son por competencia con los iones  $Zn^{2+}$  y  $Mg^{2+}$ , por inhibición de la síntesis de hem y deterioro de la funcionalidad de la mitocondria induciendo la apoptosis. Los efectos tóxicos se incrementan por interacción con metales como  $Pb^{2+}$  y  $As^{3+}$ <sup>8</sup>. El cadmio inhibe la actividad de la superóxido dismutasa (SOD) y aumenta la peroxidación lipídica en el hígado y riñón<sup>9</sup>. Cuando el cadmio ingresa a las células del testículo afecta las cadenas transportadoras de iones y los canales de calcio dependientes de voltaje, como consecuencia disminuye el recuento de espermatozoides en el semen<sup>9</sup>, el aumento de cadmio sérico también incrementa los niveles de testosterona en hombres infértiles<sup>10</sup>. La ingesta de agua y alimentos con altos niveles de cadmio irritan el estómago y causan vómitos, diarrea y puede ocasionar la muerte<sup>4</sup>. La intoxicación crónica con cadmio daña a los riñones, pulmones, huesos y sistema nervioso, además tiene un elevado potencial teratogénico y cancerígeno (pulmón), causa alteraciones de los parámetros bioquímicos y el riñón es el órgano diana. Lamentablemente este metal ha mostrado efecto sobre el embrión de diversos seres vivos<sup>11</sup>. Debido al alto riesgo generado por el amplio uso de este metal muchos países han adoptado medidas para reducir su uso<sup>7</sup> y minimizar su ingreso al organismo. La OMS en 1992a, estableció como nivel límite tolerable 7 g/semana por kg de peso y la autoridad Europea de Seguridad Alimentaria estableció el valor de 2,5 g/kg de peso corporal. En el agua potable se indica que el nivel tolerable es de 3 g/L, (OMS 1993)<sup>12</sup>. La Agencia Internacional de Investigación sobre Cáncer, IARC, lo clasifica como agente cancerígeno Clase 1<sup>3, 14</sup>. La presente investigación buscó determinar los niveles de cadmio en yemas, claras, para establecer la fracción donde acumula más; determinar las concentraciones en los huevos, muestra completa o total comercializados en supermercados y en forma ambulatoria y establecer la fracción donde más se acumula, medir la concentración de cadmio en alimentos balanceados (pellets, piensos) e indicar si es posible fuente de contaminación de los huevos; para ello se emplearon dos métodos para la determinación de trazas de metales, la absorción atómica

y plasma de acoplamiento inductivo, y se compararon sus resultados. Se encontró que las yemas contienen más cadmio que las claras, los piensos son fuente importante de cadmio para las aves, en las muestras de supermercados y de venta ambulatoria los contenidos son similares. El análisis por ICP detecta menores concentraciones en las muestras.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Tipo de estudio

Observacional, transversal

### Muestreo

Los huevos de codorniz y los piensos se muestrearon siguiendo un Diseño Completamente al Azar. El muestreo se realizó entre los meses de abril a setiembre de 2018 en los mercados y supermercados de la región Lima. Se procesaron un total de 33 muestras por separado, 5 muestras de yemas y 5 de claras, 6 muestras de piensos, 10 muestras de comercialización ambulatoria y 7 muestras comercializadas en supermercados. Los metales contenidos en la matriz alimenticia fueron disueltos mediante una mineralización húmeda siguiendo los lineamientos de una determinación de Kjeldahl, empleando HCl y  $HNO_3$  concentrados, (depurados de iones tóxicos por ósmosis inversa en los laboratorios de CICOTOX) en la proporción 3:1, en el digestor correspondiente; se verificó que la temperatura no exceda los 150°C para evitar la volatilización de arsénico y mercurio. Los ácidos fueron obtenidos de los laboratorios de Química Analítica, marca J.T.Baker. Todas las soluciones obtenidas se enrasaron al mismo volumen, 250 mL. Se enviaron las soluciones a los laboratorios especializados, laboratorio del CICOTOX perteneciente al CENPROFARMA de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y Servicios Analíticos Generales, SAG, se determinó la concentración de cadmio en huevos de codorniz por espectroscopia de Absorción Atómica (Horno de grafito, generación de hidruros) y Plasma de Acoplamiento Inductivo<sup>15</sup>. Las soluciones fueron inyectadas y volatilizadas, se cuantificó cadmio empleando la curva de calibración correspondiente. El análisis estadístico de datos se realizó obteniendo tablas en Microsoft Office Excel 2013 y posteriormente empleando el programa estadístico SPSS v23, se aplicaron métodos descriptivos, medidas de tendencia central y de dispersión, y métodos inferenciales, análisis de rangos múltiples, método de Tukey.

## RESULTADOS

Se obtuvieron los siguientes resultados que se observan en las tablas 1, 2, 3, 4.

En la tabla 1 se evidencia que, mediante AA, la yema de alrededores de UNMSM tiene alto contenido de cadmio ( $0,523 \pm 0,015$  ppm) con respecto a las muestras de los demás lugares. También se evidencia que en las muestras de claras existen diferencias significativas en el contenido de cadmio en las muestras, la muestra proveniente de mercados de Ate contiene alto valor  $0,620 \pm 0,036$  ppm,

los valores de las muestras de Morgue central, SJM y alrededores de UNMSM son estadísticamente iguales. El ICP muestra el mayor contenido en la muestra UNMSM en yema y en la muestra de Ate mercado para clara.

Según la tabla 2, mediante AA, la muestra de Purina ponedora presenta el mayor valor de cadmio,  $0,540 \pm 0,030$ , el menor corresponde a la muestra de Cogorno puntos negros. El análisis por ICP revela el mayor contenido en la muestra Huaral ponedora.

La tabla 3, mediante AA, muestra que existen diferencias significativas en el contenido de cadmio en los huevos de los supermercados. Existe alto contenido en los huevos de Plaza Veá  $0,048 \pm 0,001$ , y Wong San Borja  $0,026 \pm 0,006$ . El análisis usando ICP muestra un contenido de  $0,009$  ppm, un valor relativamente bajo

En la tabla 4, mediante AA, muestra que las muestras de Chosica y Puente Piedra tienen concentraciones elevadas,  $0,024$  ppm. El análisis usando ICP sólo evidencia un contenido mínimo de  $0,001$  ppm de cadmio.

**Tabla 1.** Contenido de cadmio en yemas y claras de huevos mediante AA e ICP

ZONAS DE MUESTREO	CONTENIDO EN YEMA CADMIO		CONTENIDO EN CLARA CADMIO	
	AA	ICP	AA	ICP
Morgue Central	$0,016 \pm 0,002^c$	$0,029 \pm 0,003^b$	$0,014 \pm 0,004^c$	$*0,008 \pm 0,001^c$
Estación Bayovar	$0,070 \pm 0,005^b$	$*0,009 \pm 0,001^c$	$0,091 \pm 0,003^b$	$*0,006 \pm 0,001^c$
SJM	$0,051 \pm 0,003^b$	$*0,008 \pm 0,005^c$	$0,025 \pm 0,003^c$	$*0,005 \pm 0,001^c$
Ate, mercado	$0,021 \pm 0,002^c$	---	$0,620 \pm 0,036^a$	$0,024 \pm 0,001^a$
UNMSM, alrededor	$0,523 \pm 0,015^a$	$0,093 \pm 0,005^a$	$0,042 \pm 0,003^c$	$0,015 \pm 0,001^b$

Nota: Las medias ( $n=3$ ) $\pm$ DS (desviación estándar) las distintas letras en los superíndices manifiestan "diferencia estadísticamente significativa" de iones metálicos en las muestras de yemas de huevo entre las zonas de muestreo según la comprobación de Tukey empleando "un intervalo de confianza al" 95%.

**Tabla 2.** Contenido de cadmio en pellet o alimento balanceado

MARCAS/PROCEDENCIA	AA	ICP
Cogorno	$0,417 \pm 0,060^b$	$0,108 \pm 0,007^b$
Cogorno puntos verdes	$0,460 \pm 0,030^b$	$0,104 \pm 0,002^b$
Cogorno puntos negros	$0,187 \pm 0,021^d$	$0,054 \pm 0,002^d$
Purina ponedora	$0,540 \pm 0,030^a$	$0,095 \pm 0,003^c$
Huaral ponedora	$0,353 \pm 0,021^c$	$0,114 \pm 0,002^a$
Inicio Huaral	$0,433 \pm 0,035^b$	---
Balanceado Huacho	$0,157 \pm 0,031^d$	

Nota: Las medias ( $n=3$ ) $\pm$ DS (desviación estándar) las distintas letras en los superíndices manifiestan "diferencia estadísticamente significativa" de iones metálicos en las muestras de yemas de huevo entre las zonas de muestreo según la comprobación de Tukey empleando "un intervalo de confianza al" 95%.

**Tabla 3.** Contenido de cadmio en huevos de codorniz de supermercados

SUPERMERCADOS	AA	ICP
WONG, San Borja	$0,026 \pm 0,006^b$	$*0,009 \pm 0,002^a$
WONG, Avicod	$0,015 \pm 0,001^c$	$*0,008 \pm 0,002^a$
WONG, Reyál	$0,014 \pm 0,001^c$	$*0,009 \pm 0,002^a$
PVEA, La Calera	$0,014 \pm 0,001^c$	$*0,009 \pm 0,002^a$
PVEA, Bells	$0,048 \pm 0,001^a$	$*0,009 \pm 0,003^a$
METRO, Av Emancipación	$0,013 \pm 0,001^c$	$*0,009 \pm 0,001^a$
TOTTUS, Av Tacna	$0,012 \pm 0,001^c$	----

Nota: Las medias ( $n=3$ ) $\pm$ DS (desviación estándar) las distintas letras en los superíndices manifiestan "diferencia estadísticamente significativa" de iones metálicos en las muestras de yemas de huevo entre las zonas de muestreo según la comprobación de Tukey empleando "un intervalo de confianza al" 95%.

**Tabla 4.** Contenido de cadmio en huevos de codorniz de venta ambulatória

COMERCIALIZACIÓN AMBULATORIA	AA	ICP
Chosica	$0,024 \pm 0,001^f$	$0,001 \pm 0,000^a$
Chosica Alcarr	$0,017 \pm 0,001^g$	$0,001 \pm 0,000^a$
Chancay	$0,013 \pm 0,001^g$	$0,001 \pm 0,000^a$
Estación VMT	$0,012 \pm 0,001^g$	$0,001 \pm 0,000^a$
Puente piedra	$0,024 \pm 0,001^f$	$0,001 \pm 0,000^a$
SJL	$0,015 \pm 0,001^g$	$0,001 \pm 0,000^a$

Nota: Las medias ( $n=3$ ) $\pm$ DS (desviación estándar) las distintas letras en los superíndices manifiestan "diferencia estadísticamente significativa" entre las concentraciones de iones metálicos en las muestras de yemas de huevo entre las zonas de muestreo según la comprobación de Tukey empleando "un intervalo de confianza al" 95%.

## DISCUSIÓN

La investigación bibliográfica no reporta concentración de cadmio en huevos de codorniz, por ello los resultados obtenidos en la presente investigación se comparan con la Normatividad de la Comunidad Europea para diversos tipos de alimentos. El Reglamento (CE) N° 1881/2006 fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios, entre ellos metales pesados como plomo, cadmio, mercurio<sup>16</sup>. El Reglamento (CE) N° 333/2007 establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los niveles de plomo, cadmio, mercurio e indican usar la totalidad de la muestra<sup>17</sup>. El Reglamento (UE) N° 488/2014<sup>18</sup> que modifica el Reglamento (CE) N° 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios se indica: hortalizas, frutas 0,050 mg/kg; hortalizas de raíz, 0,100 mg/kg; hortalizas de hojas, 0,20 mg/kg; cereales (no trigo, arroz) 0,1 mg/kg, trigo, arroz, soya, 0,20 mg/kg; cacao y derivados 0,10 a 0,8 mg/kg; carne, 0,050 mg/kg; vísceras, 0,50 a 1,0 mg/kg; carne de pescados, 0,10 a 0,25 mg/kg, entre otros. Las concentraciones indicadas están condicionadas a la frecuencia de ingesta del alimento por semana.

Además, se observa que la legislación de la Unión Europea sobre metales pesados en alimentos estableció 1 mg/kg equivale a 0,001 mg/g, equivale a 1 g/g y que el rango de concentración de cadmio oscila entre 0,050 mg/kg a 1,0 mg/kg, pero que es más estricto cuando se refiere a lactantes. La concentración en huevo no está indicada, manifiesta. En los alimentos la ingesta diaria en la dieta se calcula en el rango de 10 a 35 µg. La ingesta del agua de bebida suele ser inferior a 2 µg/día (JECFA, 1989)<sup>8</sup>

En la tabla N° 1 se muestra los resultados del análisis relacionado al contenido de cadmio en yemas y claras. Estos resultados nos indican que el cadmio se encuentra en mayor concentración en las yemas probablemente debido a la elevada densidad proteica y la presencia de grupos tiol a los que se enlazaría. No hay estudios similares donde se hubiera separado la yema de la clara para determinar su contenido de iones metálicos y metales pesados. Los valores máximos superan la concentración 0,050 ppm que es la máxima permitida para alimentos consumidos con poca frecuencia. Los valores de concentración mínima se aproximan al valor 0,020 ppm que es el nivel máximo tolerable para individuos sensibles (bebés). Estos valores superan el nivel máximo permitido según el Reglamento (UE) N° 488/2014 respecto al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios 0,0050 / 0,010 mg/kg lactantes; 0,10 mg/kg carne de caballa, cacao, chocolate, papa, hortalizas

En la tabla N° 2 se muestra los resultados del análisis relacionado al contenido de cadmio en los piensos o alimentos balanceados. Estos niveles tan altos podrían contribuir a la incorporación de este metal pesado en la carne y huevos de codorniz haciendo que su consumo diario o frecuente sea potencialmente tóxico al ser humano. Estos alimentos balanceados son producidos en empresas formales y se asume que para garantizar

su prestigio deben analizar sus insumos, ese procedimiento no se espera en los pequeños productores que formulan sus piensos con insumos de la localidad sin análisis previos, solo confiando en el manifiesto de sus proveedores que no han usado fertilizantes ni pesticidas con presencia de metales pesados. Estas empresas deben exigir a sus proveedores agricultores y otros que se preocupen por el contenido de cadmio en suelos, en los pesticidas y fertilizantes que emplean, tal como lo sostiene Luis Marti, 2002<sup>19</sup> en su investigación titulada metales pesados en fertilizantes fosfatados, nitrogenados y mixtos donde determina un máximo 30,30 ppm en un superfosfato triple y un mínimo: 0,25 ppm en un producto de fertirriego con valores promedios 8,20 ppm de cadmio. Otra probable razón para el hallazgo de estos elevados valores puede deberse a que los fabricantes de alimentos balanceados incorporan a sus formulaciones, minerales, proteínas, lípidos y otros de diversas procedencias, con el objetivo de obtener una mezcla con mayor nutritivo.

En la tabla N° 3 se muestra los resultados del análisis relacionado al contenido de cadmio en huevo entero, completo de codorniz (clara y yema) que se comercializan en los supermercados de la región Lima. Estos valores son relativamente bajos y podría deberse a que estas empresas formales seleccionan sus proveedores para salvaguardar la salud de sus clientes probablemente exigiendo un certificado de calidad. Finalmente, se debe indicar que los valores superan el Nivel máximo permitido según el Reglamento (UE) N° 488/2014 respecto al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios 0,0050 / 0,010 mg/kg para lactantes, pero no superan el valor 0,050 ppm que es el máximo permitido en promedio.

En la tabla N° 4 se muestra los resultados del análisis relacionado al contenido de cadmio en huevo entero, completo de codorniz (clara y yema) que se comercializan en pequeños mercados y de forma ambulatoria en la región Lima. Estos valores son mucho menores a los comercializados en los supermercados y podría deberse a que los productores informales de estos huevos (provincias y distritos alejados) no tienen acceso a aquellos insumos que “refuerzan a los alimentos balanceados” y emplean mayormente maíz duro. Finalmente, se debe indicar que estos valores superan el nivel máximo permitido según el Reglamento (UE) N° 488/2014 respecto al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios 0,0050 / 0,010 mg/kg para lactantes, pero no superan el valor 0,050 ppm que es el máximo permitido en promedio.

Los resultados promedio de la presente investigación empleando AA son 0,020 y 0,017 ppm y difieren de los resultados de Quispe<sup>20</sup>, 2018, quien emplea como referencia la Norma Oficial Mexicana NOM-159-SSA1-1996 para el Cadmio (0,05 mg/kg) y cuyos resultados empleando 0,5 g de muestra de huevo y digestión asistida por microondas fluctuaron entre 0,04 mg/kg y 0,14 mg/kg con un promedio de 0,083 mg/kg. También difieren de los resultados de Salazar<sup>21</sup>, 2021 que emplea

la NOM-159-SSA1-1996, el procedimiento EPA 213-2 para cadmio que emplea horno de grafito, sus valores determinados en batidos de huevo fresco no superaron los 0,010 ppm. Los resultados encontrados en esta investigación son menores a los de Quispe, pero superiores a los de Salazar. Si los resultados los comparo con los hallados en huevos de gallina por, Gonzáles<sup>22</sup>, 2015, quien reporta 0,003 ppm y la investigación de Ríos, 2019, quien reporta 0,006 ppm, ambos son inferiores a los presentes valores, aunque son de dos especies diferentes, dos metabolismos diferentes, analizan huevos de consumo humano.

Finalmente, se debe indicar que el valor determinado mediante ICP óptico son menores que los encontrados mediante AA (método oficial para la determinación de metales pesados en alimentos)

El riesgo de consumo de este alimento se encuentra en el consumo de 5 unidades diarias vez, cada huevo con un peso promedio de 10,5 g, por tanto se ingiere 50,25 g de huevo y su contenido de cadmio varía entre 0,0007 a 0,0082 mg/día (0,7 a 0,8 µg/día).

Teniendo en cuenta que las codornices consumen 20 a 25 g alimento diario recibirían 0,0004 a 0,0112 mg/día (0,4 a 11,2 µg /día) de cadmio diario el cual se va acumulando y luego debe transferirse al huevo, esta cantidad es de riesgo.

## CONCLUSIONES

Se concluye que el consumo de huevos de codorniz presenta niveles altos y en muchas muestras superiores a los niveles máximos permitidos por la Normatividad de la Comunidad Europea. Los piensos contienen niveles muy altos de cadmio y contaminan al ave y a su producto, el huevo de codorniz.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ardiyansyah O, Sudarno, Rosmanida. Bioaccumulation of cadmium (Cd) heavy metal on seaweed (*Gracilaria* sp.) in traditional fishpond of Jabon subdistrict, sidoarjo district. IOP Conf Ser Earth Environ Sci [Internet]. 2019;236:012059. Available from: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/236/1/012059>
2. Sánchez Barrón G. Ecotoxicología del cadmio riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio. [ESPAÑA]: COMPLUTENSE; 2016.
3. Guía metodológica de muestreo de detección de Cadmio [Internet]. Issuu. 2013 [citado 27 de diciembre de 2021]. Disponible en: [https://issuu.com/riicchperu/docs/guia\\_metodologica\\_muestreo](https://issuu.com/riicchperu/docs/guia_metodologica_muestreo)
4. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [Internet]. Cdc.gov. 2021 [cited 2021 Dec 27]. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/es>
5. Organización Mundial de la Salud. (28 de Enero de 2003) Cadmium Review. Nordic Council of Ministers. Report N°1 Issue N° 04 Available from: [https://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum5/nmr\\_cadmium.pdf](https://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum5/nmr_cadmium.pdf)
6. Bernard A. Cadmium & its adverse effects on human health. Indian J Med Res [Internet]. 2008 [cited 2021 Dec 27];128(4):557–64. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19106447/>
7. Nordberg G. Capítulo 63 Metales: propiedades químicas y toxicidad. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT); 2012.
8. Robin A. Bernhoft, “Cadmium Toxicity and Treatment”, *The Scientific World Journal*, vol. 2013, Article ID 394652, 7 pages, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/394652>
9. H. Aliu, S. Dizman, A. Sinani, G. Hodolli, “Comparative Study of Heavy Metal Concentration in Eggs Originating from Industrial Poultry Farms and Free-Range Hens in Kosovo”, *Journal of Food Quality*, vol. 2021, Article ID 6615289, 7 pages, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6615289>
10. Faroon O, Ashizawa A, Wright S, Tucker P, Jenkins K, Ingerman L, et al. Health effects. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2012.
11. Al-Qahtani K.M. Cadmium removal from aqueous solution by green synthesis zero valent silver nanoparticles with *Benjamina* leaves extract. *Egypt. J. Aquat. Res.* 2017;43:269–274. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ejar.2017.10.003>
12. Cadmium in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality [Internet]. Who.int. Available from: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/waterquality/guidelines/chemicals/cadmium.pdf?ua=1](https://www.who.int/water_sanitation_health/waterquality/guidelines/chemicals/cadmium.pdf?ua=1)
13. Rani A., Kumar A., Lal A., Pant M. Cellular mechanisms of cadmium-induced toxicity: A review. *Int. Environ. Health Res.* 2014;24:378–399. doi: <http://doi.org/10.1080/09603123.2013.835032>
14. Himeno S., Sumi D., Fujishiro H. Toxicometallomics of cadmium, manganese and arsenic with special reference to the roles of metal transporters. *Toxicol. Res.* 2019;35:311–317. doi: <http://doi.org/10.5487/TR.2019.35.4.311>
15. European Food Safety Authority (EFSA). Cadmium in food - Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. EFSA J [Internet]. 2009;7(3). Available from: <http://dx.doi.org/10.2903/j.efsa.2009.980>
16. Genchi G, Sinicropi MS, Lauria G, Carocci A, Catalano A. The Effects of Cadmium Toxicity. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 May 26;17(11):3782. doi: <http://doi.org/10.3390/ijer-ph17113782>. PMID: 32466586; PMCID: PMC7312803.
17. Kar I, Patra AK. Tissue Bioaccumulation and Toxicopathological Effects of Cadmium and Its Dietary Amelioration in Poultry-a Review. *Biol Trace Elem Res.* 2021 Oct;199(10):3846–3868. doi: <http://doi.org/10.1007/s12011-020-02503-2>
18. Esposito M, Cavallo S, Chiaravalle E, Miedico O, Pellicanò R, Rosato G, Sarnelli P, Baldi L. Trace elements in free-range hen eggs in the Campania region (Italy) analyzed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). *Environ Monit Assess.* 2016 Jun;188(6):326. doi: <http://doi.org/10.1007/s10661-016-5316-1>
19. Salar-Amoli J, Ali-Esfahani T. Determination of hazardous substances in food basket eggs in Tehran, Iran: A preliminary study. *Vet Res Forum.* 2015 Spring;6(2):155-9.
20. Chemical safety and pollution prevention, persistent bioaccumulative and toxic (PBT) chemical program. Environment protection agency (EPA) [Accessed March 27, 2013]. Available at: <http://www.epa.org/chemical>.

21. Salwa A. Abduljaleel and M. Shuhaimi- Othman, 2011. Metals Concentrations in Eggs of Domestic Avian and Estimation of Health Risk from Eggs Consumption. *Journal of Biological Sciences*, 11: 448-453. DOI: <http://doi.org/10.3923/jbs.2011.448.453>
22. Prévéral S, Gayet L, Moldes C, Hoffmann J, Mounicou S, Gruet A, Reynaud F, Lobinski R, Verbavatz JM, Vavasseur A, Forestier C. A common highly conserved cadmium detoxification mechanism from bacteria to humans: heavy metal tolerance conferred by the ATP-binding cassette (ABC) transporter SpHMT1 requires glutathione but not metal-chelating phytochelatin peptides. *J Biol Chem*. 2009 Feb 20;284(8):4936-43. doi: <http://doi.org/10.1074/jbc.M808130200>

---

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran no tener conflictos de interés.

**Fuente de financiamiento:** Auofinanciado.