



# **Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Unidad de Posgrado

**Comparación de los niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en piensos y huevos de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*), producidos en empresas formales e informales y comercializados en mercados, supermercados y ambulatoriamente en la región Lima, mediante espectrofotometría de absorción atómica y espectrometría de plasma acoplado inductivamente**

## **TESIS**

Para optar el Grado Académico de Magíster en Toxicología

## **AUTOR**

Oscar Pedro SANTISTEBAN ROJAS

## **ASESOR**

Dr. José Alfonso APESTEGUÍA INFANTES

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Santisteban O. Comparación de los niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en piensos y huevos de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*), producidos en empresas formales e informales y comercializados en mercados, supermercados y ambulatoriamente en la región Lima, mediante espectrofotometría de absorción atómica y espectrometría de plasma acoplado inductivamente [Tesis de maestría]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Unidad de Posgrado; 2021.

---

## Metadatos complementarios

<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	Oscar Pedro Santisteban Rojas
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	15592915
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-0126-4142">https://orcid.org/0000-0002-0126-4142</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	José Alfonso Apestegua Infantes
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09359857
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-6546-2298">https://orcid.org/0000-0001-6546-2298</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	César Augusto Canales Martínez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06269670
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	Amadeo Collado Pacheco
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07535726
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	Tania Torres Aguilar
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	28314802

<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	B.2.3 TOXICOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE B.2.3.2 Toxicología alimentaria
Grupo de investigación	NATURAL RESOURCES RESEARCH miembro INOCAL/METOSMO D
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Latitud: -12.056445 Longitud: -77.085994
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2018 - 2019
URL de disciplinas OCDE	Toxicología <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.07">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.07</a>



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**  
Universidad del Perú. Decana de América  
**Facultad de Farmacia y Bioquímica**  
**Unidad de Posgrado**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS PARA OPTAR**  
**AL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN TOXICOLOGÍA**

Siendo las **14:00 hrs. del 26 de octubre de 2021** se reunieron mediante la plataforma de Google meet de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el Jurado Evaluador de tesis, presidido por el Dr. César Augusto Canales Martínez e integrado por los siguientes miembros: Dr. José Alfonso Apesteagua Infantes (asesor), Mg. Amadeo Collado Pacheco y Mg. Tania Torres Aguilar; para la sustentación oral y pública de la tesis intitulada: **“COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE ARSÉNICO, CADMIO, MERCURIO Y PLOMO EN PIENSOS Y HUEVOS DE CODORNIZ (*Coturnix coturnix japonica*), PRODUCIDOS EN EMPRESAS FORMALES E INFORMALES Y COMERCIALIZADOS EN MERCADOS, SUPERMERCADOS Y AMBULATORIAMENTE EN LA REGIÓN LIMA, MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA Y ESPECTROMETRÍA DE PLASMA ACOPLADO INDUCTIVAMENTE”**, presentado por el Bachiller en Farmacia y Bioquímica **OSCAR PEDRO SANTISTEBAN ROJAS**.

Acto seguido se procedió a la exposición de la tesis, con el fin de optar al Grado Académico de **Magíster en Toxicología**. Formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por el graduando.

A continuación, el Jurado Evaluador de tesis procedió a la calificación, la que dio como resultado el siguiente calificativo:

.....**Dieciocho 18 (MUY BUENO)**.....

Luego, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad proponga que se le otorgue al Bachiller en Farmacia y Bioquímica **OSCAR PEDRO SANTISTEBAN ROJAS**, el Grado Académico de Magíster en **Toxicología**.

Siendo las **16:15** horas se levanta la sesión.

Se extiende el acta en Lima, a las **17:00** horas del 26 de octubre de 2021.

.....  
Dr. César Augusto Canales Martínez (P.P, T.C.)  
Presidente

.....  
Dr. José Alfonso Apesteagua Infantes (P. P, T.C.)  
Miembro - Asesor

.....  
Mg. Amadeo Collado Pacheco (P. Aux, T.P.)  
Miembro

.....  
Mg. Tania Torres Aguilar (P. Aux, T.P.)  
Miembro

Observaciones:

.....Ninguna.....

**DEDICATORIA**

A mis padres, Martha D. (QEPD) y Román (QEPD)

A Martha, Calixta, Sophie, Silvia, Adolph

A Agnetha, Dasha, María

A mis hermanos. Pascual Román, Luis Miguel, Pablo Jesús, Rubén Darío, Gladys, Teodoro Raúl (QEPD).

A todos ellos por su paciencia y tolerancia.

Con nostalgia a:

A Carmen Rosa Acuña M

A Mariella K García V

A Zoraya Ramos B

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis amigos, asesores y correctores, Dr. José Alfonso Apesteguía Infantes y Luis Alberto Inostroza Ruiz por encaminarme y exigir la búsqueda de la excelencia.

A Nelson Bautista, colega y amigo por su apoyo en el análisis estadístico

A María Salazar Salvatierra, colega y amiga por su apoyo incondicional e inmediato.

A los miembros del Jurado de Tesis, Dr. César Augusto Canales Martínez (presidente), Mg Tania Torres Aguilar (miembro), Amadeo Collado Pacheco (miembro) por su exigencia para el perfeccionamiento de la presente Tesis

A los colegas, profesionales de Centro de Producción Farmacéutica, CENPROFARMA FFyB-UNMSM

A los analistas del Servicios Analíticos Generales

A una buena amiga, Scila Reátegui Sánchez

## INDICE

Lista de tablas	VI
Lista de figuras	IX
Resumen	XII
Abstract	XIII
I. INTRODUCCIÓN	
1.1 Situación problemática	1
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Justificación teórica	3
1.4 Justificación práctica	4
1.5 Objetivos	5
II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Marco filosófico de la investigación	7
2.2 Antecedentes	7
2.3 Bases teóricas	
2.3.1 Arsénico	15
2.3.1.1 Fuentes de exposición	15
2.3.1.2 Bioquímica del arsénico	16
2.3.1.3 Efectos en el organismo humano	18
2.3.2 Cadmio	
2.3.2.1 Fuentes de exposición	20
2.3.2.2 Bioquímica del cadmio	25
2.3.2.3 Efectos en el organismo humano	25
2.3.3 Mercurio	
2.3.3.1 Fuentes de exposición	29
2.3.3.2 Bioquímica del mercurio	31
2.3.3.3 Efectos en el organismo humano	36
2.3.4 Plomo	
2.3.4.1 Fuentes de exposición	40
2.3.4.2 Bioquímica del plomo	43

2.3.4.3	Efectos en el organismo humano	46
2.3.5	Determinación de metales pesados	51
2.3.5.1	Metales pesados en alimentos	51
2.3.5.1	Metales pesados en el agua y suelo	52
2.3.6	El huevo de codorniz como alimento	55
2.3.7	La codorniz, crianza, alimentación, piensos	58
2.3.8	Absorción atómica	62
2.3.9	Espectrofotometría de Emisión Atómica de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP)	65
III. METODOLOGÍA		
3.1	Muestreo y recolección	67
3.2	Procesamiento de muestras.	69
3.3	Determinación de arsénico no metálico	70
3.4	Determinación de metal cadmio	72
3.5	Determinación de metal mercurio	74
3.6	Determinación de metal plomo	76
3.7	Tratamiento preliminar de resultados experimentales	78
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	Resultados	78
4.1.1	Absorción Atómica	79
4.1.2	Plasma Acoplado Inductivamente, ICP	84
4.2	Análisis estadístico de resultados	91
4.3	Discusión de resultados	101
V. CONCLUSIONES		
VI. RECOMENDACIONES		
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		
ANEXOS		
	Protocolo de Análisis Toxicológico CICOTOX	147
	Informe de Ensayo SAG	156
	Registro fotográfico de la tesis	164

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles máximos de Cadmio en productos alimenticios (mg/kg peso)	23
Tabla 2. Promedios de ocurrencia de cadmio ajustados aplicando un factor de corrección de muestra en comparación con las medias de ocurrencia originales calculadas a partir de los datos de la muestra, UE.	24
Tabla 3. Principal característica toxicológica clínica de mercurio.	31
Tabla 4. Síntomas clínicos de la intoxicación aguda y crónica con mercurio	38
Tabla 5. Límites de detección de los diferentes métodos.	51
Tabla 6. Alteraciones fisiológicas producidas por metales pesados que contaminan plantas.	54
Tabla 7. Características de las partes de huevo de codorniz comparada con los huevos de otras especies de aves.	55
Tabla 8. Composición química (%) de huevos de diferentes especies de aves de corral	56
Tabla 9. Contenido de minerales (mg/g) de huevos de codorniz.	56
Tabla 10. Clasificación taxonómica de la codorniz.	59
Tabla 11. Producción huevos de gallina comparado con huevos de codorniz.	59
Tabla 12. Características del huevo de codorniz.	59
Tabla 13. Valoración energética de los ingredientes para alimento de codornices japónicas.	61
Tabla 14. Huevos de codorniz adquiridos en mercados informales / cocidos listos para consumo, yema.	67
Tabla 15. Huevos de codorniz adquiridos en mercados informales / cocidos listos para consumo, clara o albúmina.	67
Tabla 16. Alimento balanceados o pellet para aves de corral y codornices	68
Tabla 17. Huevos de codorniz adquiridos en mercados informales / cocidos listos para consumo y/o frescos.	68
Tabla 18. Huevos de codorniz adquiridos en mercados formales, supermercados, frescos.	69
Tabla 19. Condiciones espectrofotométricas para arsénico.	71
Tabla 20. Curva de calibración de Arsénico	72
Tabla 21. Condiciones espectrofotométricas para cadmio.	73

Tabla 22. Rampa de calentamiento del horno de grafito para cadmio.	73
Tabla 23. Curva de calibración de Cadmio.	73
Tabla 24. Condiciones espectrofotométricas para mercurio	75
Tabla 25. Curva de calibración de Mercurio.	75
Tabla 26. Condiciones espectrofotométricas para plomo.	77
Tabla 27. Rampa de calentamiento del horno de grafito para plomo.	77
Tabla 28. Curva de calibración de Plomo.	77
Tabla 29. Tratamiento de las concentraciones reportadas por análisis de AA de las soluciones respectivas, para expresarse en ppm, mg/kg de muestra fresca.	78
Tabla 30. Concentración de metales pesados en huevos de codorniz, yema, cocidos, en $\mu\text{g/g}$ o $\text{mg/kg}$ , muestra fresca, determinados por EAA.	79
Tabla 31. Concentración de metales pesados en huevos de codorniz, clara o albúmina, cocidos, en $\mu\text{g/g}$ o $\text{mg/kg}$ , muestra fresca, determinados por EAA	80
Tabla 32. Concentración de metales pesados en pellets o alimento balanceado, en $\mu\text{g/g}$ o $\text{mg/kg}$ , muestra fresca, determinados por EAA.	81
Tabla 33. Concentración de metales pesados en huevos de codorniz, muestra total, SUPER MERCADOS, CRUDOS, en $\mu\text{g/g}$ o $\text{mg/kg}$ , muestra fresca, determinados por EAA	82
Tabla 34. Concentración de metales pesados en huevos de codorniz, muestra total, venta ambulatória, CRUDOS, en $\mu\text{g/g}$ o $\text{mg/kg}$ , muestra fresca, determinados por EAA	83
Tabla 35. Concentración de iones contenidos en huevos de codorniz, yema, cocidos, de venta ambulatória mediante ICP.	84
Tabla 36. Concentración de iones contenidos en huevos de codorniz, clara, cocidos, de venta ambulatória mediante ICP.	85
Tabla 37. Concentración de iones contenidos en pellets y alimento balanceado, de venta ambulatória mediante ICP.	86
Tabla 38. Concentración de iones contenidos en huevo de codorniz de venta en supermercados, mediante ICP.	87

Tabla 39. Concentración de iones contenidos en huevo de codorniz de venta en supermercados, mediante ICP.	88
Tabla 40. Concentración de iones contenidos en huevo de codorniz de venta ambulatoria, mediante ICP.	89
Tabla 41. Concentración de iones contenidos en huevo de codorniz de venta ambulatoria y soluciones blanco, mediante ICP.	90
Tabla 42. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en yemas de huevos, mediante EAA	91
Tabla 43. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en claras de huevos mediante EAA	92
Tabla 44. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en pellet alimento balanceado por EAA	93
Tabla 45. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en huevos de codorniz de supermercados, mediante EAA	94
Tabla 46. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en huevos de codorniz de venta ambulatoria, mediante EAA	95
Tabla 47. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en yemas de huevos por ICP óptico	96
Tabla 48. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en claras por ICP óptico	97
Tabla 49. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en pellet o alimento balanceado	98
Tabla 50. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en huevos de codorniz de supermercados por ICP óptico.	99
Tabla 51. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en huevos de codorniz de venta ambulatoria por ICP óptico.	100
Tabla 52. ARSÉNICO (Reglamento (UE) 2015/1006, 25 junio 2015, Reglamento (CE) no 1881/2006	133
Tabla 53. CADMIO (Reglamento (UE) No 488/2014, de 12 de mayo de 2014)	133
Tabla 54. MERCURIO (Reglamento (UE) 2018/73, de 16 de enero de 2018)	133
Tabla 55. MERCURIO (Reglamento (CE) no 1881/2006, 19 diciembre 2006)	134
Tabla 56. PLOMO (Reglamento (CE) no 1881/2006, 19 diciembre 2006)	134
Tabla 57. Concentración de iones metálicos por huevo de gallina	135
Tabla 58. Composición nutricional de un huevo entero y con cascara.	135

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Modo de Acción de Arsénico.	19
Figura 2. Fuentes de exposición humana al cadmio.	22
Figura 3. Mecanismo propuesto para la acción prooxidativa del Hg (II).	34
Figura 4. Papel propuesto del mercurio como carcinógeno epigenético/promotr	36
Figura 5. Posibles mecanismos y objetivos para el plomo inducido por estrés oxidativo.	45
Figura 6. Cotización CICOTOX.	136
Figura 7. Condiciones Espectrofotométricas para la medición de metales pesados por Absorción Atómica, arsénico, mercurio, plomo.	137
Figura 8. Condiciones Espectrofotométricas, Rampa de calentamiento del horno de grafito, cadmio.	138
Figura 9. Informe interno, curva de calibración de arsénico.	139
Figura 10. Curva de calibración de cadmio.	140
Figura 11. Curva de calibración de mercurio.	141
Figura 12. Curva de calibración de plomo.	142
Figura 13. Cotización SAG I.	143
Figura 14. Cotización SAG II.	144
Figura 15. Cotización SGA III.	145
Figura 16. Cotización SGA IV.	146
Figura 17. Protocolo de análisis toxicológico I.	147
Figura 18. Protocolo de análisis toxicológico II.	148
Figura 19. Protocolo de análisis toxicológico III.	149
Figura 20. Protocolo de análisis toxicológico IV.	150
Figura 21. Protocolo de análisis toxicológico V.	151

Figura 22. Protocolo de análisis toxicológico VI.	152
Figura 23. Protocolo de análisis toxicológico VII.	153
Figura 24. Protocolo de análisis toxicológico VIII.	154
Figura 25. Protocolo de análisis toxicológico IX.	155
Figura 26. Informe de ensayo SAG I.	156
Figura 27. Informe de ensayo SAG II.	157
Figura 28. Informe de ensayo SAG III.	158
Figura 29. Informe de ensayo SAG IV.	159
Figura 30. Informe de ensayo SAG V.	160
Figura 31. Informe de ensayo SAG VI.	161
Figura 32. Informe de ensayo SAG VII.	162
Figura 33. Informe de ensayo SAG VIII.	163
Figura 34. Huevos de codorniz cocidos de procedencia Bayovar, antes de pelarse y pesarse.	164
Figura 35. Huevos de codorniz cocidos de procedencia Morgue Central, antes de pesarse.	164
Figura 36. Huevos de codorniz cocidos, pelados, antes de pesarse y continuar con el proceso de digestión.	165
Figura 37. Balanza analítica empleada.	165
Figura 38. Aparato de digestión de Kjeldahl, en campana de extracción	166
Figura 39. Aparato de digestión (digestor) de Kjeldahl, acoplado sus componentes y parte frontal del mismo.	166
Figura 40. Ácidos nítrico y clorhídrico depurados de iones empleados en la digestión, en el interior de la campana de extracción.	167
Figura 41. Ambiente de laboratorio de la UNMSM, San Juan de Lurigancho, escuela de Ingeniería Agroindustrial. Se observa el bidón de agua ultra pura y el material de vidrio empleado.	167

- Figura 42. Muestra de huevo de codorniz luego de ser pesada y tubos de digestión conteniendo la yema y clara, separados y separados previamente. 168
- Figura 43. Medición de ácido clorhídrico y nítrico, bajo la campana de extracción para ser añadidas a las muestras de yema, clara, pienso o huevo entero. 168
- Figura 44. Muestras siendo introducidas e introducidas en tubos de digestión. 169
- Figura 45. Muestra total de huevo entero introducida en tubo conteniendo la mezcla para mineralizar y colocación de tubo en el nido de digestión. 169
- Figura 46. Bachiller Académico y tesista Oscar Pedro Santisteban Rojas en el laboratorio de Química Analítica de la sede de San Juan de Lurigancho, UNMSM, 2018, posando junto a la campana de extracción y digestor de Kjeldahl y demás reactivos empleados en su investigación. 170
- Figura 47. Tubo para digestión en nido de calentamiento y tubos de digestión (06) introducidos en el digestor de Kjeldahl. 170
- Figura 48. Evolución del proceso de digestión (izquierda generación de vapores de  $\text{NO}_2$ , derecha, soluciones producidas al terminar el proceso). 171
- Figura 49. Material aforado y limpio empleado en la investigación 171
- Figura 50. Dilución de la solución resultante de digestión previa a su trasvasado cuantitativo, para evitar pérdidas. 172
- Figura 51. Trasvasado del tubo de digestión al vaso de precipitado (beaker) para ser añadido en el matraz aforado o fiola. 172
- Figura 52. Trasvasado desde al beaker a la fiola o matraz aforado. 173
- Figura 53. Culminación del trasvasado cuantitativo. 173
- Figura 54. Muestras de huevo de codorniz luego de mineralización húmeda. Las soluciones se han enrasado a 250 mL 174
- Figura 55. Soluciones rotuladas antes de ser enviadas para su posterior análisis por Absorción Atómica e ICP. 174

## RESUMEN

La presente investigación buscó establecer la concentración de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en piensos y huevos de codorniz procedentes de diferentes fuentes de producción, comercializados en los diversos mercados de la región Lima y consumidos por personas en edad vulnerable, niños y adultos mayores. Se realizó un muestreo completamente al azar de los piensos y huevos de codorniz comercializados en los diversos mercados, una cocción por tiempo y temperatura adecuados, su mineralización empleando la mezcla ácido clorhídrico: nítrico, **HCl:** **HNO<sub>3</sub>**, ambos concentrados, desmineralizados previamente, la mineralización húmeda a una temperatura inferior a 150°C, posterior dilución y aforo a 250 mL. Se envió la misma solución a dos centros de análisis acreditados como son el Centro de Control Analítico, CCA y Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión, CICOTOX del Centro de Producción Farmacéutica, CENPROFARMA de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, UNMSM y Servicios Analíticos Generales, SAG, empresa particular de servicio en el análisis de minerales. Paralelamente se aprovechó los resultados para verificar el contenido de oligoelementos y otros presentes en los huevos de codorniz. Los resultados mostraron concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en ppm que superan en la mayoría de casos los límites permitidos para alimentos de alta frecuencia de consumo; asimismo que el alimento balanceado aporta altas concentraciones de estos elementos. El huevo de codorniz aporta una buena cantidad de nutrientes iónicos que nuestro organismo necesita para su normalidad. También se encontró diferencia en los resultados mostrados para una misma muestra entre el análisis por Absorción Atómica, AA e Plasma Acoplado Inductivamente, ICP óptico, ambos resultados superan los límites permitidos según la reglamentación de la Unión Europea, UE.

Se concluye que los centros de producción formales expenden huevos de codorniz con una mayor concentración de los metales pesados estudiados que los centros de producción informales; que es mejor consumir la clara o albúmina que las yemas y los piensos producidos por empresas formales presentan mayor concentración de metales pesados, pero que son la fuente de estos metales pesados para la codorniz y por tanto para su producto, el huevo de codorniz.

PALABRAS CLAVE: Huevo de codorniz, yema, clara, plomo, mercurio, arsénico, cadmio.

#### ABSTRACT

The present investigation sought to establish the concentration of arsenic, cadmium, mercury and lead in quail feed and eggs from different production sources, commercialized in the various markets of the Lima region and consumed by people of vulnerable age, children and the elderly. A completely random sampling was carried out of the feeds and quail eggs sold in the various markets, a cooking for adequate time and temperature, their mineralization using the mixture of hydrochloric acid: nitric, HCl: HNO<sub>3</sub>, both concentrated, previously demineralized, mineralization wet at a temperature below 150 ° C, subsequent dilution and capacity to 250 mL. The same solution was sent to two accredited analysis centers such as the Center for Analytical Control, CCA and Information Center, Toxicological Control and Management Support, CICOTOX from the Center for Pharmaceutical Production, CENPROFARMA from the Faculty of Pharmacy and Biochemistry, UNMSM and General Analytical Services, SAG, a private mineral analysis service company. At the same time, the results were used to verify the content of trace elements and others present in quail eggs. The results showed concentrations of arsenic, cadmium, mercury and lead in ppm that in most cases exceed the limits allowed for foods with high frequency of consumption; also that balanced food provides high concentrations of these elements. The quail egg provides a good amount of ionic nutrients that our body needs for normality. A difference was also found in the results shown for the same sample between the analysis by Atomic Absorption, AA and Inductively Coupled Plasma, optical ICP, both results exceed the limits allowed according to the regulations of the European Union, EU.

It is concluded that formal production centers sell quail eggs with a higher concentration of the heavy metals studied than informal production centers; that it is better to consume the white or albumin than the yolks and the feed produced by formal companies have a higher concentration of heavy metals, but that they are the source of these heavy metals for the quail and therefore for its product, the quail egg.

KEY WORDS: Quail egg, yolk, white, lead, mercury, arsenic, cadmium.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

La situación económica del poblador peruano obliga a padres y madres a ingresar al mercado laboral de manera formal o informal, la mayoría de manera informal, en un horario tal, que descuidan a la familia, entre ellos a los hijos menores de edad y familiares adultos mayores, e inclusive a las madres gestantes. Algunos, inclusive, tienen que llevar consigo a sus hijos menores al trabajo ambulatorio que realizan.

Es en este panorama que deben cubrir las necesidades alimentarias de los individuos dependientes de ellos y de alguna manera que surge la posibilidad de adquirir los huevos de codorniz que se expenden recientemente, cocidos, tibios y que tienen un sabor más agradable que los huevos de gallina al precio de cinco huevos por un sol. Con esto se logra atenuar la sensación de hambre, mientras se espera una adecuada alimentación que muchas veces no llega. A la fecha se observa un aumento de los vendedores ambulantes de huevos de codorniz, por tanto, se deduce el aumento de su consumo.

Los huevos de codorniz son adquiridos en mercados, supermercados de la región Lima y de todo el Perú, pero también son adquiridos directamente del productor a menor costo y si de comercialización se trata, se logra para aumentar la rentabilidad de su comercialización.

La materia prima, granos y otros, piensos, con los que se alimentan a las codornices ponedoras pueden ser obtenidas en forma industrial o de manera artesanal. Muchos criadores de codornices elaboran sus propios alimentos balanceados (piensos), otros criadores optan por adquirir alimentos balanceados producidos por empresas formales de prestigio. Para producir los granos, pastos, y otros, los agricultores pueden recurrir a los fertilizantes y agroquímicos y estos pueden contener en mayor o menor grado metales pesados tales como arsénico, plomo, mercurio, entre otros que son remanentes o propios de su formulación. Las plantas pueden absorber estos metales del suelo a través de sus raíces o de las aguas que irrigan estos suelos.

Se asume que las empresas formalmente constituidas que producen y comercializan alimentos balanceados (piensos) realicen los análisis químicos correspondientes y garanticen su seguridad, mientras que se supone que los productores informales de estos piensos empleen la materia prima tal cual se las entregan, sin un análisis correspondiente confiando en los agricultores.

La codorniz es un ave cuyo desarrollo y tiempo de vida útil (productora de huevos y carne) es variable, a partir de los 45 días de nacida. La cantidad de alimento que consumen las codornices ponedoras adultas es de 25 a 30 g de alimento. Su peso oscila entre 100 a 150 g y ponen un huevo cada 22 horas aproximadamente, durante 2 a 3 años. Si el alimento o el agua que consumen contienen trazas de metales pesados se generará el riesgo de acumularse en su cuerpo y luego, transferirse al huevo que produce en aproximadamente cada 22 horas y ello genera un riesgo para el consumidor asiduo u ocasional.

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que según su naturaleza generan diversos riesgos.

La alimentación y adecuada nutrición es un problema mundial, nacional y local. Los organismos del estado (ministerio de salud, municipalidades, etc.) tienen la obligación de garantizar la inocuidad y mínimo riesgo de los alimentos que la población consume, ya que es parte de los objetivos de su existencia como institución. Nuestro país tiene como característica que las normas y reglamentos en múltiples áreas existen pero lamentablemente, ni las autoridades, ni los pobladores las hacemos cumplir.

En base a lo anterior nos preguntamos: ¿será una alternativa segura el consumo de huevos de codorniz con su potencial contenido de metales pesados arsénico, cadmio, mercurio y plomo para los grupos sensibles como son los niños y adolescentes, cuyo desarrollo y maduración no están completos y pueden ser más vulnerables a distintos agresores? Del mismo modo, ¿será seguro para las personas de la tercera edad, cuyo metabolismo continúa deteriorándose según aumenta su edad?

Esta situación problemática ha llevado a plantear el presente trabajo de investigación.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles serán los niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo, en los piensos y en los huevos de codorniz, *Coturnix coturnix japónica*, producidos por empresas formales e informales y comercializados en mercados, supermercados y ambulatoriamente en la región Lima?

## 1.3 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La legislación peruana e internacional <sup>(1,2)</sup> obliga a los productores de alimentos y otros a rotular el contenido de sustancias químicas en un alimento <sup>(3)</sup>. Por tanto, es importante y necesario conocer los niveles de algunos metales pesados como arsénico, cadmio, mercurio y plomo, por el riesgo que su presencia en los alimentos significa para la salud humana.

Los huevos de codorniz, *Coturnix coturnix japónica*, son un alimento de un sabor muy agradable, bajo costo y cuyo consumo se ha incrementado. Pero este huevo de codorniz es producto del consumo de alimentos y agua que realiza el animal durante su periodo de vida. Por tanto, conocer si los niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo, se encuentran dentro de los límites permitidos para consumo y así ayudar a las instituciones respectivas para su adecuada legislación y control es objetivo de esta investigación.

Conocer los niveles de estos metales en los huevos de codorniz nos permitirá orientar a los consumidores sobre el riesgo potencial que implicaría el consumo de este alimento.

Conocer los niveles de los metales pesados de arsénico, cadmio, mercurio y plomo, en piensos permitirá orientar a los productores de huevos (granjas de codornices) sobre la adecuada selección de las empresas que le expenden los piensos y si ellos producen sus propios piensos, sobre la materia prima proporcionada por los agricultores respectivos.

También informar a los agricultores para que adquieran conciencia sobre el uso de técnicas, suelos, agroquímicos y otros para no ocasionar un daño o lesión, de manera involuntaria e indirecta, al emplear determinadas clases de insumos.

Es decir, esta investigación nos permitirá informar y orientar a los involucrados en la cadena productora de huevos de codorniz para que tomen las medidas correspondientes y ejecuten los correctivos para una producción adecuada.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

La cuantificación de los metales niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo es relativamente sencilla. Luego de una mineralización húmeda continua su mediación mediante técnicas como Absorción Atómica o Emisión Atómica, específicamente, ICP.

A la fecha hay instituciones acreditadas para realizar la medición correspondiente a las cuales se puede recurrir.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Comparar los niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en los piensos y en los huevos de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*), producidos en empresas formales e informales comercializados en mercados, supermercados y ambulatoriamente en la región Lima, en relación a la normatividad de la Unión Europea.

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar los niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo contenidos en las yemas de los huevos de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) comercializados en la región Lima, analizados mediante Absorción Atómica y Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP) y compararlos con los niveles de la normatividad de la Unión Europea.

Determinar los niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo contenidos en las claras de los huevos de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) comercializados en la región Lima, analizados mediante Absorción Atómica y Plasma de Acoplamiento Inductivo, (ICP) y compararlos con los niveles de la normatividad de la Unión Europea.

Determinar los niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo contenidos en los pellets o alimentos balanceados comercializados para alimentación de codornices (*Coturnix coturnix japonica*) en la región Lima, analizados mediante Absorción Atómica y Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP) y compararlos con los niveles de la normatividad de la Unión Europea.

Determinar los niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo contenidos por unidad de huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*), comercializados en supermercados de la región Lima, analizados mediante Absorción Atómica y Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP) y compararlos con los niveles y compararlos con los niveles de la normatividad de la Unión Europea.

Determinar los niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo contenidos por unidad de huevo de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*), comercializados en forma ambulancia de la región Lima, analizados mediante Absorción Atómica y Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP) y compararlos con los niveles y compararlos con los niveles de la normatividad de la Unión Europea.

## II MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco Filosófico de la investigación

Las plantas o vegetales crecen sobre los suelos de cultivos o suelos adecuados a su metabolismo. A través de las raíces absorben los minerales disueltos, tanto los mayoritarios y necesarios, como aquellos con potencial tóxico para las plantas y los humanos <sup>(4, 5, 6, 7)</sup>. Entre aquellos cuya ingesta produce mayor riesgo están el arsénico (aguas), cadmio (suelo), plomo (suelo) y mercurio (productos marinos) <sup>(8, 9, 10, 11)</sup>. Se ha establecido una Ingesta Diaria Admisible, IDA, para cada uno de ellos, pero se desconoce el contenido de ellos en los variados alimentos que ingerimos. La Unión Europea <sup>(12, 13, 14)</sup> posee una legislación muy exigente, donde se registran los contenidos máximos en los diversos alimentos, de forma que la población europea esté sana y a salvo <sup>(15, 16, 17)</sup>. (Cualquier infracción es severamente sancionada, y el producto eliminado. La salud del ser humano es lo primero.

La presente investigación busca dar la tranquilidad o alertar a la población peruana sobre el contenido de arsénico, cadmio, plomo y mercurio en el huevo de codorniz y el riesgo que conlleva su consumo diario, así como también ayudar a mejorar la cadena productiva de este alimento.

### 2.2 Antecedentes

Fabián Innamorato-Costas; Jorge Muñoz-Gil y Gedio Marín-Espinoza, 2018, Universidad de Oriente, Cumaná-Venezuela, el estudio fue para determinar el contenido de metales pesados (HM): cadmio, cromo, cobre, plomo y cinc en tejido sanguíneo y plumaje de codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica* Temminck & Schlegel 1849) relacionaron el peso y el sexo. Utilizaron quince aves (4 machos y 11 hembras) fueron pesados; extrajeron muestra de sangre y se quitaron las plumas de las alas y la cola. Las muestras se procesaron y la determinación se hizo con un espectrofotómetro de Absorción Atómica. En muestras de sangre y plumas no se detectaron Pb y Cd. Los niveles de Cr, Cu, Zn mostraron diferencias estadísticas entre tejidos y HM. Los machos generalmente mostraron niveles más altos de HM que las hembras, lo que puede reflejar diferencias en las vías de síntesis y excreción de metalotioneína

entre sexos. En general, las concentraciones de HM medidas en las codornices no son alarmantes <sup>(18)</sup>.

Yulieth C. Reyes, diciembre, 2016, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, presenta una revisión sobre la problemática de la contaminación por los elementos arsénico, cadmio, mercurio y plomo en el entorno y en los alimentos, describiendo sus fuentes y la exposición a los seres vivos luego de su incorporación y retención en alimentos y producto de consumo <sup>(19)</sup>.

Hashmi M Z, Abbasi N A, Tang X., Malik R N, 2015, Zhejiang University, China, el huevo en las aves es un sistema de soporte vital autosostenido que comprende el contenido del huevo y la cáscara del huevo. Los metales pesados son secuestrados por las hembras durante la producción de huevos Scheuhammer ( 1987 ), se sugirió que la transferencia de metales pesados a los huevos solo tiene lugar si la concentración de los metales respectivos es muy alta en los tejidos corporales. Hasta ahora, se dispone de información muy limitada sobre la tasa de transferencia materna de metales pesados, lo que significa que rara vez se ha estudiado el porcentaje de metales pesados en el huevo respecto a la carga total de metales del cuerpo. El huevo proporciona información solo sobre la concentración en el suelo de los criaderos, faltaría la información sobre la adición de metal en los terrenos de invernada <sup>(20)</sup>.

Oluwamayowa Tolulope Adeniyi, October, 2014, Ahmadu Bello University Zaria, Nigeria, investigó los efectos del huevo de codorniz japonés en el perfil lipídico y los parámetros hematológicos, efecto antioxidante, se investigaron las funciones hepáticas y renales en ratas wistar hiperlipidémicas inducidas por el poloxámero 407. Llegaron a la conclusión que el huevo de codorniz posee propiedades que evitan la peroxidación lipídica y puede tener beneficios potenciales en el manejo del estrés oxidativo asociado con la hiperlipidemia <sup>(21)</sup>

Francisco Javier Raya Torres, 2014, Universidad Autónoma Agraria, México, determino la concentración de plomo en alfalfa (*Medicago sativa*) cultivadas en un suelo irrigado con aguas residuales encontrando como valores 8,29 mg/kg a 62,33 mg/kg <sup>(22)</sup>.

Dominik Tolik y colaboradores, 2014, Warsaw University of Life Sciences, Poland, el estudio se realizó sabiendo que el consumo de huevos de gallina es actualmente el más alto. El consumo de los huevos de otras especies también se está volviendo populares y dado que nuestros conocimientos sobre los huevos de codorniz japonesa son aún limitados, esta revisión buscó mostrar las características de las diversas partes del huevo de codorniz y compararlo con los de otras aves, composición química y valor nutritivo de los huevos de codorniz. Sabemos que los huevos contienen todos los nutrientes, vitaminas, minerales, lípidos, aminoácidos, proteínas y otros necesarios para el crecimiento del embrión cuando se desarrolle, además de factores inmunológicos. Los huevos son también una fuente de otras sustancias con funciones y actividades biológicas, entre otras proteínas <sup>(23)</sup>.

Asociación de Fabricantes de Piensos del País Vasco, marzo 2013, España, definen pienso como “es un alimento para los animales”, constituido por una mezcla de materias primas (vegetales y/o animales y/o minerales) que son transformadas o no con el fin de lograr un alimento nutritivo y sano para los animales. La normativa europea define un pienso como “cualquier sustancia o producto, incluidos los aditivos, destinado a la alimentación por vía oral de los animales, tanto si ha sido transformado entera o parcialmente como si no” <sup>(24)</sup>.

Rodolfo Díaz Zamora, 2013, Instituto Nacional de Salud, Perú, describe la técnica analítica espectrometría de masas con acoplamiento de plasma inductivo, indica que esta forma de análisis es una variación a la espectrometría de masas, MS. Nos recuerda que este procedimiento analítico ya se trabaja de manera rutinaria en los laboratorios como técnica estándar para el análisis de aguas, suelos, alimentos, muestras clínicas, etc. Tiene ventajas como alta precisión, bajo costo y excelente límite de detección. Permite el análisis de numerosos elementos y sus isótopos de forma simultánea en menor tiempo

(menor a cinco minutos), muy importante ventaja para el análisis en este campo de acción <sup>(25)</sup>.

Tanasorn Tunsaringkarn, 2013, Chulalongkorn University, Thailand, realizó un estudio transversal de huevos de codorniz para evaluar las composiciones nutricionales de carbohidratos, grasas, proteínas, calorías, vitaminas, minerales y hormonas sexuales. Los resultados mostraron que el peso promedio de cada huevo de codorniz entero fue de 10,67 g. Sus contenidos de cenizas, carbohidratos, grasas, proteínas y humedad fueron 1.06, 4.01, 9.89, 12.7 y 72.25 g de 100g<sup>-1</sup>, respectivamente. La energía total en calorías obtenida fue de 156,50 kcal 100g<sup>-1</sup> de huevo entero. El aminoácido esencial de mayor proporción en las claras de huevo fue la leucina y el aminoácido no esencial fue el ácido aspártico. Las yemas de huevo contenían mayor cantidad de ácido linoleico, graso esencial y el mayor contenido de ácido oleico, ácido graso no esencial. Además, había un alto contenido de vitamina E en las yemas de huevo y la hormona sexual progesterona tanto en las yemas como en las claras. Los minerales más esenciales y traza de los huevos enteros eran el nitrógeno y el hierro. El hierro tenía un alto contenido en las claras de huevo, mientras que el nitrógeno y el zinc se encontraron altos en las yemas de huevo. Este estudio indicó que los huevos de codorniz contenían altos contenidos nutricionales de aminoácidos, ácidos grasos, vitamina E, hormona sexual P y minerales de nitrógeno, hierro y zinc. Los huevos de codorniz son una buena fuente de nutrientes para la salud humana <sup>(26)</sup>.

A. Genchev, 2012, Trakia University, Bulgaria, investigó los rasgos de calidad y la composición de los huevos de codorniz japonesa en relación con la edad de las ponedoras. Durante todo el período de 7 meses, el índice de yema varió entre 0,234 y 0,577, siendo la calidad más estable de producción entre 3 y 5 meses. Durante la mayor parte del ciclo, los huevos de codorniz “faraón” tenían cáscaras de huevo más gruesas:  $213,77 \pm 0,527 \mu\text{m}$  frente a  $202,01 \pm 0,555 \mu\text{m}$  en “Golden Manchurian” (P <0,001). Comprobó que el contenido de aminoácidos esenciales en huevos de codorniz japonesa comprendía al 50,36% de la proteína de la albúmina y 48,65% de proteína de yema. El contenido de PUFA en la fracción de fosfolípidos de la yema fue casi 2,5 veces mayor que

en la fracción de triglicéridos, mientras que la relación PUFA: SFA fue de 0,52: 1 frente a 0,26: 1-0,28: 1 en la fracción de triglicéridos. De las sustancias minerales de la albúmina, la más alta el contenido fue el de fósforo, calcio y magnesio. La yema era la más rica en fósforo y calcio <sup>(27)</sup>.

Mirelys Rodríguez Alfaro et al, abril, 2012, Instituto Nacional de Ciencias Agrarias, Cuba, evaluó el uso del abono orgánico compost que se obtiene empleando los residuos sólidos procedentes de las zonas urbanas como una posibilidad para emplearlos en la producción de alimentos que requieren pocos insumos. Concluyó que los compost logrados a partir de residuos orgánicos domésticos, sin previa clasificación contenían cadmio y plomo por encima de los límites máximos permisibles y no se deben usarse como abono para la obtención de alimentos <sup>(28)</sup> de procedencia vegetal.

Anca Prelipcean & V. Teuşan, 2012, University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Romania, estudiaron los huevos (130) procedentes de codornices domésticas, de 105-112 días y peso vivo 130-145 gramos, que se encontraban en la meseta del período de puesta, determinando la composición química primaria y la calórica de los tres componentes (cáscara mineral, albúmina, yema) y de los huevos enteros. Como se utilizaron métodos de trabajo que los métodos clásicos de análisis. Se obtuvieron los siguientes resultados: El peso promedio de huevos de codorniz producidos en el período meseta de la puesta fue de  $11,17 \pm 0,10$  gramos, de los cuales la cáscara mineral fue del 32,94% ( $3,68 \pm 0,04$  g). La cáscara contiene 1,32% de agua, 89,75% de minerales, 8,64% de proteínas y 0,29% de carbohidratos. La albúmina de los huevos contiene: 87,48% de agua, 0,82% de minerales, 9,91% de proteína, 0,32% de grasa y 1,744% de carbohidratos. La yema contiene: 49,79% de agua, 2,16% de minerales, 16,64% de proteínas, 29,45% de grasas y 1,96% de carbohidratos. Para los huevos enteros se encontró el siguiente contenido: 68,27% de agua, 8,27% de minerales, 12,03% de proteínas, 9,72% de grasas, 1,70% de carbohidratos y 46,89 mg de carotenos. Los huevos tienen un contenido calórico de 18.772 kcal o 78.596 kJ de energía bruta <sup>(29)</sup>.

Salwa A. Abduljalee, M. Shuhaimi- Othman, 2011, National University of Malasia, Malasia, este estudio se centra en evaluar los niveles de metales traza en huevos de cuatro especies de aves domésticas recolectadas en una granja comercial ubicada en la ciudad de Kajang, Malasia. Se midieron las concentraciones de cromo, níquel, cinc, arsénico, cadmio y plomo empleando ICP-MS. Además, este trabajo llevó a cabo métodos de análisis de riesgo probabilísticos para cuantificar la bioacumulación de arsénico, cinc, cadmio y plomo en el contenido de huevo para evaluar el rango de exposición de las personas que consumen los huevos contaminados. En general, el resultado mostró que los huevos de cuatro especies acumulaban niveles relativamente diferentes de metales. El cinc se encuentra en niveles altos, mientras que la carga de cadmio ocurrió en niveles menores en todos los huevos de aves. Se recogieron huevos de codorniz con niveles elevados de cinc, aluminio y plomo. Sin embargo, el arsénico existe en alta concentración en huevos de gallina. Los valores del cociente de riesgo se ordenaron 0,5 – 0,03, 0,09 – 0,03, 0,1 – 0,06 y 0,2 – 0,03 para arsénico, cinc, cadmio y plomo. El cociente de riesgo reveló que la ingesta de metales pesados al comer huevos no representa ninguna amenaza aparente para la población local, ya que ninguna de los metales pesados supera el límite de 1. <sup>(30)</sup>

Ishratullah Siddiqui et al, 2011, University of Karachi, Pakistan, el estudio buscó determinar el nivel de metales traza, esenciales en huevos de gallina recolectados del mercado local de Londres, Reino Unido. Las concentraciones de plomo, cadmio, cromo, cobalto, cobre, hierro, manganeso y cinc se analizaron usando espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). No se encontraron cadmio ni cobalto en muestra alguna de huevo. La concentración promedio en la muestra de huevo de gallina analizada estuvo dentro del límite permisible para plomo, cobre y cinc <sup>(31)</sup>.

Rajaganapathy V, Xavier F, Sreekumar D, Mandal PK, 2011, Department of Livestock Production Management, India, buscó remarcar que la contaminación por metales pesados está convirtiéndose en un grave problema de salud en estos últimos años. Se han publicado altos niveles de metales pesados en el suelo, el agua y los animales en diferentes partes de la India debido a la

contaminación. Los metales pesados de los desechos industriales se encuentran en el agua potable, suelo, piensos y alimentos. Los iones tóxicos como cadmio, plomo y mercurio afectan las funciones biológicas, afectando el sistema hormonal y el crecimiento. Muchos metales pesados se acumulan en uno o más de los órganos del cuerpo en los animales que nos sirven de alimento y se trasladan a través de los alimentos a nosotros, causando un grave peligro para la salud pública <sup>(32)</sup>

Nelli Natalia Larenas Bazán, 2010, Colegio de Postgraduados, Puebla, México, determinó la concentración de metales pesados en agua residual y suelo, y en cultivos de maíz y alfalfa. Emplearon la espectrofotometría de absorción atómica y determinaron sólo el plomo rebasa los límites establecidos por la norma en cultivos de maíz y alfalfa <sup>(33)</sup>.

Miguel A. Mora, 2003, Texas University, USA, se determinaron concentraciones de elementos inorgánicos en huevos de aves paseriformes, incluido papamoscas (*Empidonax traillii extimus*) de cuatro regiones de Arizona. El principal objetivo del estudio fue determinar la distribución de metales en el contenido de huevos y cáscaras de huevo, con énfasis en la deposición de Sr en cáscaras de huevo. Aluminio, bario, cromo, cobre, manganeso, selenio, estroncio y cinc, se detectaron principalmente en el contenido de huevos de todas las especies de aves. A excepción de cobre, manganeso, selenio y cinc, las concentraciones de elementos inorgánicos fueron de 2 a 35 veces mayores en cáscaras de huevo que en los huevos. La mayoría de las concentraciones de metales y metaloides en huevos y cáscaras de huevo de todas las especies de aves estaban por debajo de los niveles que se sabe que afectan la reproducción o que tienen otros efectos nocivos. El estroncio y otros metales podrían estar asociados con una menor eclosión exitosa en algunas áreas. Este estudio muestra que una proporción de muchos elementos inorgánicos se acumula en la cáscara del huevo y que sus posibles efectos sobre la estructura y el funcionamiento adecuados de la cáscara del huevo no deben ser ignorados <sup>(34)</sup>.

Claudia Bonomelli, Carlos Bonilla y Adriana Valenzuela, octubre 2003, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile, evaluaron el efecto del uso

correcto de fertilizantes fosforados sobre la concentración de cadmio en cuatro suelos de Chile, el fertilizante empleado contenía 53,2 mg de cadmio/kg. Obtuvieron resultados estadísticamente significativos sobre la concentración de cadmio disponible en los suelos <sup>(35)</sup>.

KT Song, SH Choi, HR Oh, 2000, Asian-Australasian Association of Animal Production Societies, (AAAP), Korea, compararon las características y composición proximal del huevo de faisán, chukar, codorniz y gallina de Guinea, no se encontraron diferencias de especies en las composiciones próximas de albúmina y yema, excepto en el contenido de ceniza bruta de albúmina <sup>(36)</sup>.

## **BASES TEORICAS**

### **2.3.1 Arsénico**

El arsénico es un elemento ampliamente distribuido en la corteza terrestre. El arsénico ha sido clasificado químicamente como un metaloide. El arsénico en combinación con los elementos de la naturaleza se clasifica como arsénico inorgánico. Combinado con carbono e hidrógeno se clasifica como arsénico orgánico. <sup>(37)</sup>

#### **Formas inorgánicas:**

Trióxido de diarsénico  $As_2O_3$ , pentóxido de diarsénico  $As_2O_5$ , arsenito de sodio  $NaAsO_2$ , arsenato de sodio  $Na_2HAsO_4$ ,  $As(OH)_3$ ,  $AsO(OH)_3$  <sup>(38, 39, 40)</sup>

#### **Formas orgánicas:**

Ácido monometilarsonico (MMA)  $CH_3H_2AsO_3$ , ácido dimetilarsonico (DMA, ácido cacodílico)  $(CH_3)_2As(O)OH$ , arsenobetaina (fish)  $(CH_3)_3AsCH_2CO_2$  <sup>(38, 39)</sup>

Arsénico es uno de los ocho metales que integran la lista de las veintidós sustancias de mayor preocupación en la lista OSWER de la EPA, junto con plomo, mercurio, cadmio, cromo, níquel, zinc y cobre <sup>(40)</sup>.

#### **2.3.1.1 Fuentes de exposición**

El arsénico está presente de modo natural en el ambiente, nos exponemos a pequeñas cantidades de este elemento al ingerir los alimentos, el agua potable o el aire que respiramos <sup>(37, 41, 42)</sup>. El arsénico inorgánico es mucho más tóxico que el arsénico orgánico <sup>(43)</sup>, el uso de arsénico inorgánico está prohibido en agricultura <sup>(37)</sup>. “Los pescados, mariscos, carnes, aves de corral, productos lácteos y cereales también pueden ser fuentes alimentarias de arsénico, aunque la exposición a través de estos alimentos suele ser muy inferior a la exposición a través de aguas subterráneas contaminadas. En el marisco, el arsénico está presente principalmente en su forma orgánica menos tóxica” <sup>(41)</sup>, arsenobetaina  $C_5H_{11}AsO_2$  <sup>(37)</sup>, arsenicosis <sup>(43)</sup> (intoxicación aguda por consumo de arsénico)

El arsénico se usa actualmente para la quimioterapia de inducción y consolidación para la leucemia promielocítica aguda y otros cánceres. Al arsénico le podemos encontrar en algunos medicamentos tradicionales de los países asiáticos. El arsénico también puede ser encontrado en algunos productos naturopáticos u homeopáticos. "Solución de Fowlers", que es trióxido de arsénico al 1%, que se ha utilizado

históricamente para tratar enfermedades de la piel como la soriasis y el eccema. También fue usado para aliviar la leucemia y la estomatitis <sup>(39)</sup>. La arsfenamina, salvarsan curó eficazmente la sífilis y posteriormente reemplazada por antibióticos más adecuados después de la Segunda Guerra Mundial <sup>(39,42)</sup>. El arsénico es una de las pocas sustancias que causan cáncer en el humano a través del consumo de agua potable <sup>(44)</sup>. El agua potable se ha establecido como causal en el desarrollo de cáncer en órganos como la piel, vejiga y pulmón <sup>(44)</sup>.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) ha establecido el nivel máximo de contaminante de arsénico en el consumo público el agua debe fijarse en diez partes por mil millones. La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) determinó el nivel máximo de contaminante para el arsénico en el aire a 10 mg / m<sup>3</sup>. Niveles naturales de arsénico en el suelo generalmente rango de 1 a 40 mg / kg, pero la aplicación o el desperdicio de plaguicidas la eliminación puede producir valores mucho más altos. (ATSDR, 2000) <sup>(41)</sup>.

#### 2.3.1.2 Bioquímica del arsénico

El metabolismo del arsénico es complejo y los metabolitos dependen de los compuestos de arsénico recibidos, vía de administración y células tipo utilizadas para la eliminación de arsénico <sup>(38)</sup>.

El metabolismo del arsénico es importante por su toxicidad y ejerce su toxicidad al inhibir alrededor de 200 enzimas involucradas en las vías de energía celular y la síntesis y reparación del ADN, etc. Se metaboliza mediante la reducción y las reacciones de metilación catalizadas por la glutatión-S-transferasa omega-1 (GSTO1) y arsénico (III) metiltransferasa (AS3MT) que implican la metilación del arsénico mediante el metabolismo de un solo carbono por S-adenosil metionina (SAM) <sup>(45)</sup>.

Se cree que la toxicidad inducida por arsénico está mediada por la formación de especies de oxígeno reactivo (ROS), acumulación de Ca<sup>2+</sup>, regulación positiva de caspasa-3 (apoptosis), regulación descendente de las proteínas Bcl-2 y deficiencia de p-53 (aumento de células anormales, cancerosas). Las alteraciones de estos factores de la fisiología normal pueden desempeñar un papel destacado en la carcinogenicidad, los trastornos cardiovasculares, testiculares, genotoxicidad,

diabetes y del sistema nervioso. Los posibles mecanismos de varios tipos de cáncer inducido por arsénico pueden incluir estrés oxidativo, co-carcinogénesis y promoción de tumores, genotoxicidad, metilación alterada del ADN, proliferación celular alterada, etc. <sup>(45)</sup>.

Durante el metabolismo del arsénico, esos compuestos de arsénico se forman: arsenicales metilados tales como DMA<sup>V</sup> (ácido dimetilarsínico), MMA<sup>V</sup> (ácido monometilarsínico), DMA<sup>III</sup> (ácido dimetilarsinoso) y MMA<sup>III</sup> (ácido monometilarsonous) y As-glutación (GSH) y un recientemente determinado tipo de arsenicales, tiolados como compuestos, incluyendo DMMTA<sup>V</sup> (ácido dimetilmonotioarsínico), DMDTAV (ácido dimetilditioarsínico) y ácidos conjugados DMMTA<sup>V</sup> (ácido dimetilmonotioarsínico) <sup>(38)</sup>.

El papel de los diferentes compuestos aún no se ha aclarado completamente. Se conoce que MMA<sup>III</sup> y DMA<sup>III</sup> son más genotóxicos, y DMDTAV es más citotóxico. Por lo general, los arsenicales trivalentes son más tóxicos que arsenicales pentavalentes <sup>(38)</sup>.

Las dos formas de arsénico inorgánico, arsenato (As<sup>V</sup>) y arsenito (As<sup>III</sup>), son absorbidas fácilmente por la raíz de la planta <sup>(46)</sup>. Una vez en la célula, As<sup>V</sup> se puede convertir fácilmente en As<sup>III</sup>, la más tóxica de las dos formas. Tanto As<sup>V</sup> como As<sup>III</sup> interrumpen el metabolismo de las plantas, pero a través de distintos mecanismos. El arsénico V es un análogo químico del fosfato que puede alterar al menos algunos aspectos del metabolismo dependientes del fosfato. El arsénico V puede translocarse a través de las membranas celulares por las proteínas transportadoras de fosfato, lo que provoca desequilibrios en el suministro de fosfato. Puede competir con el fosfato durante las reacciones de fosforilación, lo que conduce a la formación de aductos de As<sup>V</sup> que a menudo son inestables y de corta duración. La formación y autohidrólisis rápida de As<sup>V</sup>-ADP establecido en lugar de un ciclo funcional que desacopla la fotofosforilación y oxidativa fosforilación, que disminuye la capacidad de las células para producir ATP y llevar a cabo un metabolismo normal <sup>(44)</sup>.

Arsenico<sup>III</sup> es un compuesto reactivo con ditiol que se une y potencialmente inactiva enzimas que contienen residuos de cisteína o cofactores de ditiol muy espaciados. La exposición al arsénico generalmente induce la producción de especies reactivas

de oxígeno que pueden conducir a la producción de metabolitos antioxidantes y numerosas enzimas involucradas en la defensa antioxidante. El metabolismo del carbono oxidativo, las relaciones de aminoácidos y proteínas, y las vías de asimilación de nitrógeno y azufre también se ven afectadas por la exposición al arsénico. Reajuste de varias vías metabólicas, como del glutatión <sup>(44, 45)</sup>. Se ha demostrado que la producción conduce a una mayor tolerancia al arsénico en las plantas. La variación dependiente de la especie y el cultivo en la sensibilidad al arsénico y el modelado de las reservas de metabolitos que se produce en respuesta a la exposición al arsénico da esperanzas de que se identificarán rutas metabólicas adicionales asociadas con la tolerancia al arsénico <sup>(44, 45)</sup>.

### 2.3.1.3 Efectos en el organismo humano

“Los primeros síntomas de la exposición prolongada a altos niveles de arsénico inorgánico (por ejemplo, a través del consumo de agua y alimentos contaminados) se observan generalmente en la piel e incluyen cambios de pigmentación, lesiones cutáneas y durezas y callosidades en las palmas de las manos y las plantas de los pies (hiperqueratosis)” <sup>(40)</sup>. Estos efectos aparecen luego de una exposición por un tiempo mínimo de cinco años y pueden ser generadores de cáncer de piel, también puede causar cáncer de vejiga y de pulmón <sup>(40)</sup>.

A nivel celular y molecular, el arsénico hace muchas cosas, cada una de las cuales podría contribuir a los procesos de enfermedades. No es un mutágeno genotóxico clásico, generalmente es negativo para genotoxicidad y mutagenicidad, transforma células en cultivo, altera la reparación del ADN, co-genotóxico y co-mutágeno, promotor de tumores y tumores progresivos, altera la proliferación celular (división celular), altera las señales de reconocimiento y comunicación celular, altera la metilación del ADN, fosforilación de proteínas, potente disruptor endocrino. Se ha generado una hipótesis emergente ante esto: el arsénico no "causa" nada, aumenta los riesgos de otros factores: otras exposiciones químicas (ocupacional, tabaquismo, etc.), predisposición genética, edad, dieta, estilo de vida, etc. <sup>(47, 48, 49)</sup>.

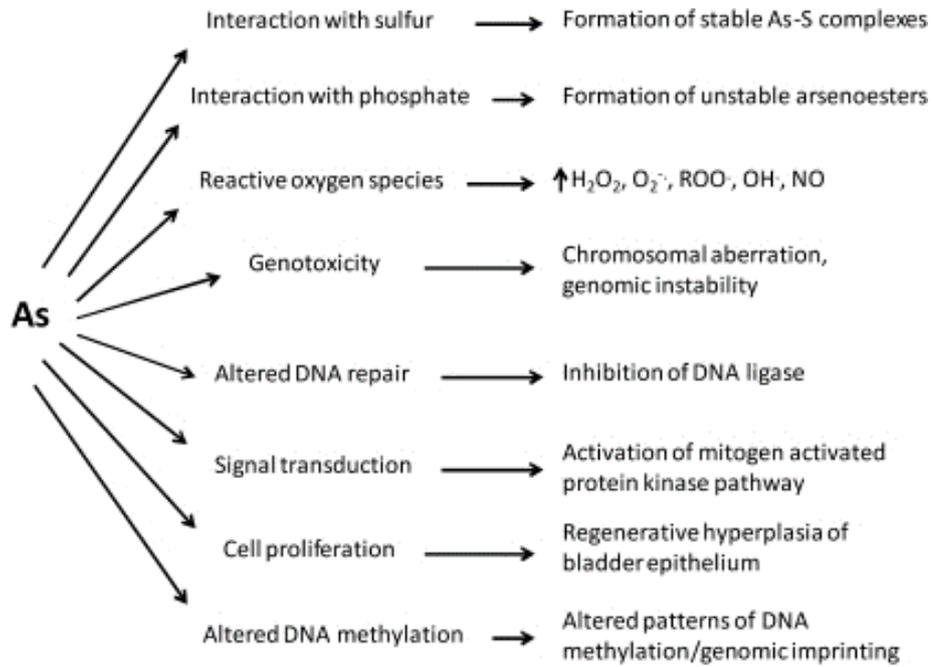


Figura 1. Modo de Acción de Arsénico, MOA, propuesto para el arsénico y ejemplos de efectos bioquímicos que resultan de esta acción. Fuente: <sup>(45)</sup>

### 2.3.2 Cadmio

El metal cadmio tiene un único estado de oxidación de +2. Electrónicamente es muy similar al zinc y ocurre naturalmente con zinc y plomo en minerales de azufre <sup>(50, 51)</sup>. El cadmio se distribuye ampliamente en la corteza terrestre. Es un elemento relativamente raro con un promedio concentración de 0,1- 0,2 mg cadmio / kg (CE, 2001). Se conocen algunos minerales de cadmio raros, como *Greenockkite* (CdS) y *Hawlegite*, *Cadmoisita* (CdSe), *Monteponita* (CdO) y *Otavita* (CdCO<sub>3</sub>) (OSPAR, 2002). Los fosfatos depositados en los lechos marinos y las rocas contienen alrededor de 15 ppm de cadmio (CE, 2001) <sup>(52, 53, 54)</sup>.

#### 2.3.2.1 Fuentes de Exposición

El cadmio es un elemento de alta toxicidad. El cadmio es tóxico en niveles de exposición muy bajos y tiene efectos agudos y crónicos sobre la salud y el medio ambiente. El cadmio no es degradable por naturaleza y, por lo tanto, una vez liberado al medio ambiente, permanece en circulación. El tabaco es muy buena fuente de exposición de cadmio para los fumadores, ya que las plantas de tabaco, como otras plantas, acumulan cadmio del suelo <sup>(55, 56)</sup>.

El cadmio está presente en el aire en forma de material particulado formado por el óxido de cadmio <sup>(50)</sup>. En la atmósfera está presente en un tiempo relativamente corto (tiempo de residencia de días o semanas). Este metal es transportado tanto a nivel local, nacional o regional <sup>(52)</sup>. Como ocurre con todos los metales catiónicos, la química del cadmio en el medio ambiente del suelo es en gran medida controlado por pH <sup>(52)</sup>.

La acidez del medio o entorno influye en la solubilidad de cadmio aumentándola y a valores de pH superiores a 6 es muy poca la adsorción de cadmio por los coloides del suelo, óxidos hidratados y materia orgánica, este ion es adsorbido por la fase sólida del suelo o se precipita, y por tanto las concentraciones de cadmio disueltas se reducen notablemente. Como todo metal de transición forma complejos solubles enlazándose a ligandos inorgánicos y orgánicos, en particular con los iones cloruro. La formación de estos iones complejos aumentaría la disponibilidad del cadmio en los suelos <sup>(51, 52)</sup> y una mayor absorción por las plantas.

Los niveles de fondo de cadmio en suelos superficiales oscilan entre 0,01 y 2,7 mg / kg, aunque los valores aumentan a 1,781 mg cadmio / kg de suelo se han reportado

en sitios muy contaminados. En Europa, la concentración media de cadmio en suelos cultivados es de 0,5 mg / kg. Una imagen más general de los rangos comunes de cadmio en el suelo lo da el último informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2006) con valores máximos de alrededor de 50 mg / kg <sup>(51)</sup>.

Los niveles de cadmio en aguas no contaminadas, naturales, suelen ser inferiores a 1 µg/L. Concentraciones medias de cadmio disuelto determinadas en 110 estaciones de todo el mundo fueron <1 µg/L, siendo el valor máximo registrado 100 µ L en el Río Rímac en Perú (OMS / PNUMA, 1989) <sup>(50)</sup>, se detecta su bioacumulación de cadmio en algas <sup>(57)</sup>

Nuestros alimentos son la más importante fuente de ingesta de cadmio para las personas que no se exponen ocupacionalmente. Los vegetales que crecen en suelos contaminados o que se riegan con agua contaminada contienen incrementada su concentración, al igual que la carne de animales que se alimentan de estos pastos contaminados (IARC, 1976), hojas de vegetales, granos, frutas, vísceras <sup>(58)</sup>. Los riñones e hígado de los animales acumulan cadmio. Las concentraciones en frutas, carnes y las verduras suelen ser inferiores a 10 µg / kg, en el hígado entre 10 y 100 µg/kg y en el riñón entre 100 y 1000 µg / kg. En los cereales, las concentraciones son de unos 25 µg/kg de peso húmedo. Entre 1980 a 1988, promedio las concentraciones de cadmio halladas en peces fueron de 20 µg/kg de peso húmedo. Se determinaron concentraciones elevadas en mariscos (200-1000 µg / kg) <sup>(50)</sup>.

Los alimentos como el hígado, los hongos, los mariscos, los mejillones, el cacao en polvo y las algas secas son ricos en cadmio. La bioacumulación de cadmio en el cuerpo humano y en la cadena alimentaria conduce a intoxicaciones agudas y crónicas por biomagnificación <sup>(58)</sup>.

El 5–10% del cadmio que se ingiere con los alimentos ingresa al cuerpo <sup>(54)</sup>.

La biodisponibilidad gastrointestinal depende de la fuente de cadmio y del estado fisiológico del organismo. Por ejemplo, el cadmio absorbido por los mariscos a partir del suelo es menor que el del cadmio iónico; el cadmio asociado al arroz es más alto que de otras fuentes <sup>(51, 58)</sup>.

La carencia de hierro incrementa la absorción de cadmio <sup>(59)</sup>. Otra fuente de “contaminación de los alimentos pueden ser las cacerolas y sartenes recubiertos con

esmalte a base de cadmio o soldaduras realizadas con cadmio que se utilizan en las máquinas expendedoras de bebidas calientes y frías”<sup>(59)</sup>. El zinc incrementa el potencial tóxico del cadmio en los invertebrados acuáticos, sus efectos no letales afectan su crecimiento y reproducción; hay efectos estructurales en las branquias de los invertebrados, algunas especies generan resistencia al cadmio. La toxicidad está condicionada a la especie de peces, siendo los salmónidos particularmente susceptibles a cadmio. Han sido informados efectos no letales en peces, pero particularmente malformaciones en la columna vertebral<sup>(50, 51)</sup>.

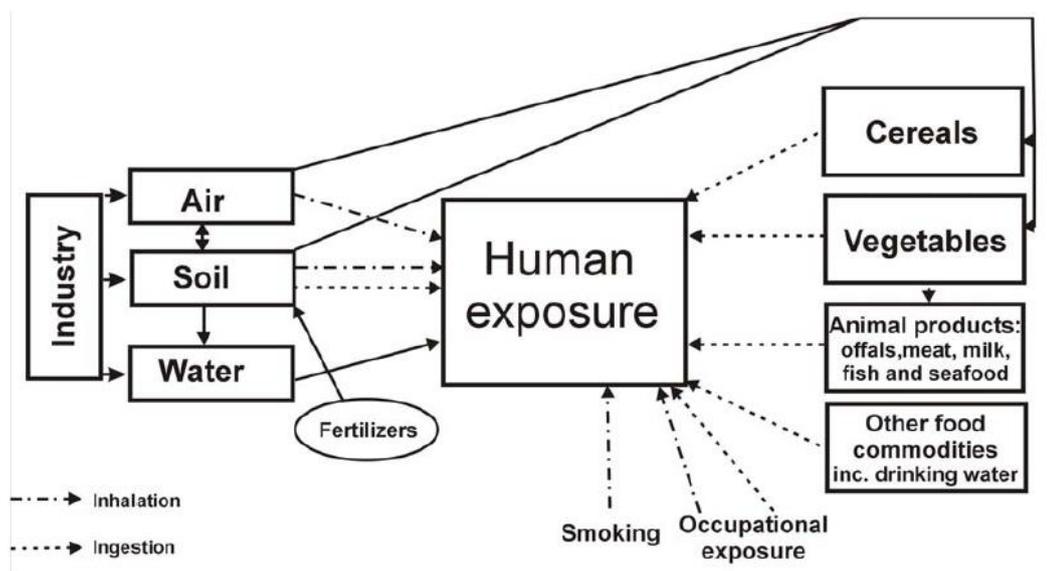


Figura 2. Fuentes de exposición humana al cadmio. Fuente:<sup>(51)</sup>

Tabla 1. Niveles máximos de Cadmio en productos alimenticios (mg/kg peso).

Table 1. Cadmium maximum levels (MLs) in foodstuffs (mg/kg wet weight)<sup>a</sup>

Foodstuffs	ML	Foodstuffs	ML
1. Meat (excluding offal) of bovine animals, sheep, pig, and poultry	0.050	11. Cephalopods (without viscera)	1.0
2. Horsemeat, excluding offal	0.20	12. Cereals, excluding bran, germ, wheat, and rice	0.10
3. Liver of bovine animals, sheep, pig, poultry, and horse	0.50	13. Bran, germ, wheat, and rice	0.20
4. Kidney of bovine animals, sheep, pig, poultry, and horse	1.0	14. Soybeans	0.20
5. Muscle meat of fish, excluding species listed in 6 and 7	0.050	15. Vegetables and fruit, excluding leaf vegetables, fresh herbs, fungi, stem vegetables, root vegetables, and potatoes	0.050
6. Bonito ( <i>Sarda sarda</i> ), common two-banded seabream ( <i>Diplodus vulgaris</i> ), eel ( <i>Anguilla anguilla</i> ), grey mullet ( <i>Mugil labrosus labrosus</i> ), horse mackerel or scad ( <i>Trachurus spp</i> ), louvar or luvar ( <i>Luvarus imperialis</i> ), mackerel ( <i>Scomber spp</i> ), sardine ( <i>Sardina pilchardus</i> ), sardinops ( <i>Sardinops spp</i> ), tuna ( <i>Thunnus spp</i> , <i>Euthynnus spp</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> ), and wedge sole ( <i>Dicologlossa cuneata</i> )	0.10	16. Stem vegetables, root vegetables and potatoes, excluding celeriac. For potatoes the maximum level applies to peeled potatoes.	0.10
7. Muscle meat of bullet tuna ( <i>Auxis spp</i> )	0.20	17. Leaf vegetables, fresh herbs, celeriac and the following fungi: <i>Agaricus bisporus</i> (common mushroom), <i>Pleurotus ostreatus</i> (Oyster mushroom), <i>Lentinula edodes</i> (Shiitake mushroom)	0.20
8. Muscle meat of anchovy ( <i>Engraulis spp</i> ) and swordfish ( <i>Xiphias gladius</i> )	0.30	18. Fungi, excluding those listed in point 17	1.0
9. Crustaceans, excluding brown meat of crab and excluding head and thorax meat of lobster and similar large crustaceans ( <i>Nephropidae</i> and <i>Palinuridae</i> )	0.50	19. Food supplements excl. food supplements listed in point 20	1.0
10. Bivalve molluscs	1.0	20. Food supplements consisting exclusively or mainly of dried seaweed or of products derived from seaweed	3.0

(a): According to Regulation (EC) No 1881/2006 latest amended by Regulation (EC) No 629/2008.

Fuente: (51)

Tabla 2. Promedios de ocurrencia de cadmio ajustados aplicando un factor de ajuste de muestra en comparación con las medias de ocurrencia originales calculadas a partir de los datos de la muestra, UE.

EFSA Concise Food Category	Occurrence Mean (mg/kg)	Adjusted Occurrence Mean (mg/kg)
01. Cereals & cereal products	0.0231	0.0163
02. Sugar & sugar products including chocolate	0.0312	0.0264
03. Fats (vegetable and animal)	0.0062	0.0062
04. Vegetables, nuts and pulses	0.0670	0.0189
05. Starchy roots or potatoes	0.0211	0.0209
06. Fruits	0.0039	0.0039
07. Fruit and vegetable juices, soft drinks and bottled water	0.0016	0.0010
08. Coffee, tea, cocoa (expressed as liquid)	0.0041	0.0018
09. Alcoholic beverages	0.0021	0.0042
10. Meat and meat products, offal	0.0974	0.0165
10.A Meat and meat products and substitutes	0.0173	0.0077
10.B Edible offal and offal products	0.2057	0.1263
10.C Meat based preparations	0.0076	0.0076
11. Fish and seafood	0.0923	0.0268
12. Eggs	0.0030	0.0030
13. Milk and dairy based products	0.0046	0.0039
14. Miscellaneous and food for special dietary uses	0.0941	0.0244
15. Tap water	0.0004	0.0004

Fuente: <sup>(51)</sup>

La comida es la más importante fuente de exposición por día al cadmio. La ingesta oral se ha calculado en 10 a 35 µg por día. Fumar es una importante fuente adicional de exposición al cadmio.

Valor de referencia 0,003 mg / litro

Límite de detección 0,01 mg / litro por ICP / MS; 2 mg / litro por FAAS

Niveles de presencia en el agua de bebida generalmente inferiores a 1 mg/L, PTWI (Ingesta Semanal Tolerable Provisional) 7 µg / kg/semana de peso corporal, sobre la base de que si “los niveles de cadmio en el corteza renal no debe exceder los 50 mg/kg, la ingesta total de cadmio (asumiendo una tasa de absorción de cadmio en la dieta del 5% y una tasa de excreción del 0,005% de la carga corporal) no debe exceder 1 mg / kg de peso corporal por día” <sup>(60)</sup>.

Las Normas Internacionales de la OMS referidas para el agua potable del año 1958 no se refirieron al cadmio. Las Normas de la OMS de 1963 recomendaban una concentración máxima permitida de 0,01 mg/litro, sustentado en preocupaciones de salud. Este valor se mantuvo hasta 1971. Las directivas referidas a la calidad del agua potable, publicado en 1984, establecieron el valor referencial de 0,005 mg/litro para cadmio en agua potable. Este valor fue reducido a 0,003 mg/litro en las

directrices de 1993, basadas en la ISTP (PTWI ) establecida por JECFA <sup>(60)</sup> (Expertos en Aditivos Alimentarios).

#### 2.3.2.2 Bioquímica de cadmio

Se cree que de un 80 a un 90 % de la cantidad total de cadmio que ingresa en el organismo se encuentra enlazado con la metalotioneína. Esto impide que los iones de cadmio viajen libremente por la sangre y ejerzan su efecto dañino. El complejo metalotioneína-cadmio es filtrado a través de los glomérulos hacia la orina primaria. Se supone que cuando la capacidad de las células de los túbulos, para la producción de metalotioneína, es insuficiente, se produce la insuficiencia renal. En los riñones y el hígado se encuentran las concentraciones más elevadas de cadmio, ya que albergan cerca del 50 % del contenido cadmio en el cuerpo <sup>(61)</sup>.

La metalotioneína (MT) es una proteína de bajo peso molecular, 6500 Da con alto contenido de cisteína y alta afinidad por metales, que desempeña un papel importante en la cinética y el metabolismo del cadmio. Se ha demostrado que el equilibrio entre CdMT y cadmio no unido en el tejido renal es de crucial importancia para la expresión de toxicidad <sup>(59)</sup>.

El cadmio induce daño tisular a través creando estrés oxidativo, cambios epigenéticos en el ADN expresión, inhibición o regulación positiva del transporte vías particularmente en el segmento proximal S1 del túbulo renal. “Otros mecanismos patológicos incluir interferencia competitiva con la acción fisiológica de cinc o magnesio, inhibición de la síntesis de hemo, y deterioro de la función mitocondrial que puede inducir apoptosis” <sup>(61)</sup>. Ha sido encontrada una reducción del glutatión, al igual que la deformación estructural de las proteínas causada por el enlace del cadmio los grupos sulfhidrilo. Estos efectos se incrementan por la presencia de otros metales tóxicos como plomo y arsénico <sup>(61)</sup>.

#### 2.3.2.3 Efectos en el Organismo Humano

La absorción de cadmio de la dieta se encuentra entre 3 a 5%, este metal es retenido de manera muy eficiente en el riñón e hígado humano, exhibe un tiempo de vida media que varía entre los 10 a 30 años <sup>(51)</sup>.

Una concentración de referencia para cadmio para preservar la salud es de 7 µg /kg de peso corporal por semana (Ingesta semanal tolerable provisional (ISTP)), FAO/WHO <sup>(51)</sup>.

La exposición a altas dosis de cadmio causa la enfermedad de *Itai-itai* caracterizada por una función tubular y glomerular gravemente deteriorada. La exposición crónica (bajas dosis) de cadmio conduce a deterioro de túbulo e incluye a zinc y cobre unidos a la proteína de unión a metales metalotioneína (MT), glucosa, aminoácidos, fosfato, calcio,  $\beta$ 2-MG y pérdidas de proteína de unión a retinol (RBP). Disminuye la capacidad de reabsorción renal de nutrientes, vitaminas y minerales <sup>(52, 62)</sup>.

El riñón se considera el órgano diana del efecto tóxico del cadmio en humanos. Sus efectos más críticos abarcan el incremento de la excreción de proteínas en la orina como consecuencia del daño de las células del túbulo proximal. La proteinuria renal es un indicador de efectos tempranos. El daño al tejido óseo es también una consecuencia crítica de la exposición crónica al cadmio, en niveles algo más altos, incrementa la osteoporosis. La gravedad está relacionada a la duración e intensidad de la exposición <sup>(52, 58, 62)</sup>. La IARC clasifica el cadmio en el Grupo 1: cancerígeno para seres humanos, los datos epidemiológicos de entornos ocupacionales lo confirman, siendo los pulmones el principal órgano diana. El cadmio no es considerado carcinógeno por vía oral <sup>(52)</sup>. El segmento S1 del túbulo del riñón es un lugar importante para el depósito de cadmio, con efectos clínicamente observables sobre las proteínas, aminoácidos, dextrosa, bicarbonato, y reabsorción del fosfato (síndrome de Fanconi) resultado del daño oxidativo generado por cadmio a las proteínas de transporte y mitocondrias que pueden inducir la apoptosis de las células tubulares. Hay evidencia “in vitro” que el selenio y el zinc puede antagonizar parcialmente los efectos tóxicos del cadmio <sup>(61)</sup> por sus efectos antioxidantes.

Hay una micción anormal con proteínas de bajo peso molecular, calcio, aminoácidos, fosfato y glucosa similares en el síndrome de Fanconi, un trastorno genético del transporte tubular renal desarrolla daño renal y cadmio en sangre como indicador <sup>(58)</sup>.

“La concentración crítica de cadmio en la corteza renal que produce una prevalencia del 10% de proteinuria de bajo peso molecular en la población general es de

aproximadamente 200 mg / kg y se alcanzaría después de una ingesta diaria de aproximadamente 175 mg por persona durante 50 años” <sup>(60)</sup>.

Aproximadamente el 30% de lo ingerido se deposita en el hígado y en los riñones, respectivamente, mientras que el resto es distribuido por todo el cuerpo, con una vida media de depuración de veinticinco años. El tiempo de vida media de cadmio en la sangre es de 75 a 128 días, pero esta vida media representa principalmente su depósito en los órganos, no su eliminación del cuerpo. En consecuencia, sangre, cabello, y los niveles de cadmio en orina son malos indicadores de la carga corporal y reflejan principalmente la exposición reciente, así como también con los otros “metales tóxicos” <sup>(61)</sup>.

La longitud de los telómeros del recién nacido (TL) se considera un marcador potencial de enfermedades futuras y salud de por vida, su medición de cadmio en orina se proporcionan más evidencia de los efectos negativos de la exposición a cadmio ambiental y sugieren que el envejecimiento acelerado o las enfermedades relacionadas con el cadmio pueden comenzar en los primeros años de vida <sup>(59)</sup>.

El cadmio parece interferir con el ovario, producción de esteroides, con producción de progesterona y testosterona, desarrollo mamario precipitado y aumento del peso uterino (Piasek y Laskey, 1999; Johnson et al., 2003). La exposición materna al cadmio está asociada con el bajo peso al nacer y el aborto espontáneo (Frery et al., 1993; Shiverick y Salafia, 1999). Los datos de estudios in vitro y en animales sugieren que el cadmio tiene efectos en el eje hipotálamo-pituitario y los sistemas endocrinos (Schoeters et al., 2006) <sup>(63)</sup>. Se dice que el cadmio es embriotóxico <sup>(64)</sup>

Los efectos sobre la salud incluyen diarrea, dolores de estómago, fractura ósea, insuficiencia reproductiva y posiblemente incluyan infertilidad, daños al sistema nervioso central e inmunológico, trastornos psicológicos, etc. El cadmio también puede provocar la transformación de células epiteliales normales en células cancerígenas al inhibir la biosíntesis de proteínas <sup>(58)</sup>.

La exposición al cadmio disminuye el recuento de espermatozoides en el semen. Las exposiciones agudas al cadmio pueden provocar inflamación seguida de tos, sequedad e irritación de la nariz y la garganta, dolor de cabeza, mareos, dolor de pecho, neumonitis y edema pulmonar <sup>(58)</sup>.

El cadmio inhibe la unión del *xeroderma pigmentosum* grupo A (XPA) al ADN que reconoce los daños en el ADN. El cadmio también reduce la eficiencia de unión del supresor de tumores p53 al ADN que es responsable de la reparación por escisión de bases de la exposición a la luz UV en el ADN. El cadmio inhibe una enzima 8-oxo-dGTPasa humana que protege contra la incorporación de 8-oxo-dGTP en ADN <sup>(58)</sup>.

El cadmio interfiere con el estrés antioxidante al unirse a la metalotioneína (proteína que regula la homeostasis del zinc y el eliminador de radicales libres y aumenta la formación de especies reactivas de oxígeno) <sup>(58)</sup>.

Hay muchas alteraciones hormonales inducidas por cadmio, como el efecto en las vías metabólicas de la vitamina D, que está relacionado con el cadmio cambios óseos debidos a la liberación de calcio de los huesos que se producen en ausencia de hormona paratiroidea circulante y calcitonina.

En las vías de la hormona estrógeno, las concentraciones de cadmio activan el receptor de estrógeno (RE) y bloquean su unión al estrógeno, afectan indirectamente al esqueleto y causan osteotoxicidad y múltiples fracturas óseas <sup>(58)</sup>.

### 2.3.3 Mercurio

El mercurio existe en múltiples estados de oxidación, como sales inorgánicas, y como complejos orgánicos. Los iones de mercurio producen efectos tóxicos al precipitar proteínas, inhibir enzimas, y acción corrosiva generalizada. El envenenamiento por mercurio es frecuentemente mal diagnosticado debido a su insidiosa aparición, junto con signos inespecíficos y síntomas <sup>(65, 66, 67)</sup>. Los mecanismos de protección y tóxicos, conducen a afirmar que el mercurio sigue siendo un "elemento de misterio" <sup>(68)</sup>.

El mercurio es 1 de los 2 elementos (bromo es el otro) que son líquidos a temperatura ambiente. Su símbolo elemental es Hg, derivado de la palabra griega *hydrargyrias* que significa "agua plateada" <sup>(67, 70)</sup>.

#### 2.3.3.1 Fuentes y vías de exposición

Algunos materiales particulares de exposición a mercurio que han sido publicadas, incluyen ingestión de mariscos contaminados, administración de vacunas para lactantes, uso en odontología amalgamas e inclusión en remedios caseros y rituales <sup>(65, 67, 71)</sup>.

Las rutas comunes de exposición incluyen el tracto Gastro Intestinal, GI, (después de la ingestión oral) y la piel. Los estudios con voluntarios han mostrado que alrededor del 7% al 15% de una dosis ingerida de cloruro de mercurio se absorbe del tracto GI. La absorción es, en parte, relacionada con la solubilidad en agua de este compuesto <sup>(67)</sup>.

Los iones de mercurio producen efectos tóxicos al precipitar proteínas, inhibición de enzimas, y acción corrosiva generalizada. Mercurio no solo se une a grupos tiol o sulfhidrilo, sino que también a los grupos fosfato, carboxi, amido y grupos amino. Una vez unido al mercurio, la mayoría las proteínas se vuelven inactivas. La toxicidad es en parte relacionado con el estado oxidativo y con la forma química (orgánica versus inorgánica) <sup>(67)</sup>.

El mercurio elemental, el vapor, es altamente soluble en lípidos lo que permite que atraviese fácilmente las membranas celulares, así como las barreras hematoencefálica y placentaria para llegar a los órganos diana <sup>(62, 63)</sup>. Se puede oxidar al estado mercúrico y dado que las sales divalentes de mercurio son compuestos más solubles, estas formas son más tóxicas que las sales mercuriosas

que también se forman, por tanto, cuando los compuestos monovalentes de mercurio se ingieren se absorben más rápidamente y producen mayor toxicidad. Solo alrededor del 10% de una sal inorgánica (independientemente del estado oxidativo) se absorbe en comparación con el 90% de absorción a través del TGI seguimiento de las formas orgánicas. Esto significa que si las formas inorgánicas están disponibles dentro del tracto GI ejercen efectos corrosivos en la mucosa gastrointestinal <sup>(65, 67)</sup>.

Los riesgos para la salud derivados del metilmercurio en los tejidos comestibles del pescado <sup>(65, 72)</sup> han sido objeto de varias investigaciones epidemiológicas importantes y siguen siendo objeto de un intenso debate. El etilmercurio en forma de conservante, timerosal, agregado a ciertas vacunas, es la forma más reciente de mercurio que se ha convertido en un problema de salud pública <sup>(68)</sup>.

El mercurio se emplea para la generación electrolítica de cloro, en electrodomésticos, en amalgamas dentales y es insumo de los diversos productos con mercurio. Ha sido encontrado en agua dulce y en agua salada (mar). Piensa que casi todo el mercurio presente en el agua potable no contaminada contiene  $Hg^{2+}$ . Consecuentemente, es improbable el riesgo directo de ingesta de mercurio orgánico, especialmente de alquil mercuriales, como resultado de la ingesta de agua potable <sup>(60)</sup>.

Sin embargo, es probable que el metilmercurio se convierta en mercurio inorgánico. El mercurio presente en los alimentos es la fuente más importante de mercurio en las poblaciones expuestas. En muchos países la ingesta promedio con la dieta se encuentra entre 2 a 20  $\mu g/día$  por persona <sup>(60, 72)</sup>.

Tabla 3. Principal característica toxicológica clínica de mercurio (datos fueron adaptados de Gossel y Bricker)

Table 1. The Major Clinical Toxicologic Features of Mercury.*				
Variable	Mercury Vapor	Inorganic Divalent Mercury	Methyl Mercury	Ethyl Mercury
Route of exposure	Inhalation	Oral	Oral (from fish consumption)	Parenteral (through vaccines)
Target organ	Central nervous system, peripheral nervous system, kidney	Kidney	Central nervous system	Central nervous system, kidney
Systemic clinical signs				
Kidney	Proteinuria (>500 µg/m <sup>3</sup> of air)	Proteinuria, tubular necrosis		Tubular necrosis
Peripheral nervous system	Peripheral neuropathy (>500 µg/m <sup>3</sup> of air)	Acrodynia		Acrodynia
Central nervous system	Erethism (>500 µg/m <sup>3</sup> of air), tremor		Paresthesia, ataxia, visual and hearing loss (>200 µg/liter of blood)	Paresthesia, ataxia, visual and hearing loss
Approximate half-life (whole body) (days)	60	40	70	20†
Treatment‡	Meso-2,3-dimercaptosuccinic acid	Meso-2,3-dimercaptosuccinic acid	Chelators not effective§	Chelators not effective§

Fuente: (72)

Las manifestaciones clínicas varían con el grado y la duración de la exposición.

La concentración urinaria media en los EE. UU, en la población en general es de 0,72 µg por litro (intervalo de confianza del 95 por ciento, 0,6 a 0,8), y la concentración sanguínea media es de 0,34 µg por litro (intervalo de confianza del 95 por ciento, intervalo, 0,3 a 0,4) (72).

En Europa y otras partes del mundo, las concentraciones sanguíneas parecen ser algo más altas. La media urinaria las concentraciones aumentan según el número de superficies de amalgama dental, y las concentraciones en sangre aumentan según el nivel de pescado consumo.

### 2.3.3.2 Bioquímica del mercurio

La ingestión de compuestos de mercurio se ha asociado con toxicidad sistémica tanto en humanos como en animales. Los principales órganos diana de toxicidad tras la exposición oral al mercurio inorgánico y orgánico son los riñones y el sistema nervioso central, respectivamente. También se ha observado que la exposición oral al mercurio, especialmente la forma de mercurio orgánico, tiene como resultado efectos adversos para el desarrollo en seres humanos y reactivos biológicos (animales de experimentación) (71).

Han reportado toxicidad cardiovascular tras la ingestión de cloruro de mercurio y cloruro de mercurio en humanos. Personas que consumieron cloruro de etilmercurio presentaban ritmos cardíacos anormales. La ingestión de mercurio metálico produce una absorción insignificante y un efecto mínimo en el tracto gastrointestinal (71). La

ingestión de cloruro de mercurio es muy irritante para los tejidos del tracto gastrointestinal y produce precipitación extensa de proteínas de la mucosa intestinal, necrosis de la mucosa, dolor abdominal generalizado, diarrea sanguinolenta, y conmoción. Si el paciente sobrevive, insuficiencia renal aguda puede seguir <sup>(71)</sup>.

Altas concentraciones de metilmercurio se localizan en tejidos y órganos de alta liposolubilidad como el cerebro, hígado, riñones, placenta y feto, especialmente en el cerebro del feto, también en los nervios periféricos y la médula ósea. El metilmercurio depositado sufre una lenta desmetilación a mercurio inorgánico <sup>(71)</sup>. El tiempo de vida media de depuración del metilmercurio en el hombre es alrededor de 70 días, eliminándose aproximadamente el 90% en las heces. Al parecer, ocurre cierto grado de circulación entero hepática. Aproximadamente el 20% del metilmercurio se secreta en la leche materna, esta cantidad varía con la gravedad o el grado de la exposición <sup>(71)</sup>.

Mercurio es un tóxico de la función celular, el mercurio divalente,  $Hg^{2+}$ , al enlazarse a los grupos sulfhidrilo y selenohidrilo altera la conformación terciaria y cuaternaria de las proteínas inactivándolas <sup>(71)</sup>.

La excreción del ión mercúrico se realiza principalmente a través de la orina y heces, aunque se eliminan cantidades significativas a través del sudor, lágrimas, leche materna y saliva <sup>(71)</sup>.

El metilmercurio reacciona con los grupos sulfhidrilo de las proteínas de todo el organismo, potencialmente interfieren con la actividad de cualquier proteína celular o subcelular. Se piensa que el mercurio también interfiere con la transcripción del ADN y por tanto con la síntesis de proteínas, inclusive la síntesis de proteínas en el cerebro en desarrollo, genera la destrucción del retículo endoplásmico y destrucción de los ribosomas. Los hallazgos sugieren la interrupción del funcionamiento de numerosas estructuras subcelulares del sistema nervioso central y otros órganos, en las mitocondrias. También se han descrito efectos sobre la síntesis de hemo, pérdida de la integridad de la membrana celular, generación de radicales libres, interrupción de la neurotransmisión y estimulación de producción de citocinas neurales, resultando el daño en muchas zonas del cerebro y sistema nervioso periférico <sup>(71)</sup>.

El metilmercurio <sup>(69)</sup> ha sido asociado con una disminución de actividad de las células asesinas naturales, también un desequilibrio en las proporciones de Th2: Th1 que favorecen la autoinmunidad. El mercurio también está posiblemente asociado con la alteración de la reparación del ADN. “La afinidad del mercurio por los grupos sulfhidrilo del complejo de fosforilación oxidativa mitocondrial asociado con la destrucción de las membranas mitocondriales puede contribuir al síndrome de fatiga crónica” <sup>(71)</sup>.

La elevada afinidad de unión del ión mercúrico a los grupos tiol o sulfhidrilo de las proteínas es sustento de su mecanismo <sup>(73)</sup> e importante para la actividad biológica del mercurio. Las proteínas que contienen grupos sulfhidrilo se encuentran en las membranas y orgánulos extracelulares e intracelulares, y estos grupos sulfhidrilo desempeñan un papel integral en la estructura o función de la mayoría de las proteínas <sup>(74)</sup>.

El mercurio inactiva varias enzimas, proteínas estructurales o procesos de transporte, altera la permeabilidad de la membrana celular porque forma mercáptidos. El mercurio puede enlazarse a los grupos funcionales (por ejemplo, amino, grupos carboxílico) en menor proporción que a los grupos sulfhidrilo <sup>(74)</sup>.

También induce alteraciones como, incremento del estrés oxidativo, la disfunción de la formación de micro túbulos, aumenta la permeabilidad de la barrera hematoencefálica, alteración de la “síntesis de proteínas, alteración de la replicación del ADN y la actividad de ADN polimerasa, deterioro de la transmisión sináptica”, membrana alteración, deterioro de la respuesta inmunitaria y alteración de homeostasis del calcio <sup>(74)</sup>.

El selenio (Se), es un oligoelemento esencial conocido por reducir e incluso prevenir la toxicidad del MeHg. La afinidad de unión del mercurio para selenio ( $\log K 10^{45}$ ) es un millón de veces mayor que su afinidad por azufre ( $\log K 10^{39}$ ) en formas análogas. Varios estudios han demostrado que Se puede ofrecer un efecto protector contra la toxicidad inducida por mercurio a través de varios mecanismos que incluyen:

- Secuestro de mercurio
- Efecto antioxidante
- Síntesis de GSH

- Mayor actividad de GSH peroxidasa (GPx)
- Niveles altos de selenoproteína
- Mayor desmetilación

Además, la toxicidad por MeHg no parece ocurrir cuando Se presente en exceso molar de mercurio en los tejidos <sup>(74)</sup>.

El efecto citotóxico del mercurio en su forma iónica divalente  $\text{Hg}^{2+}$  se ha relacionado con el estrés oxidativo celular por muchos autores. La creencia general es que dada la bien conocida reactividad del  $\text{Hg}^{2+}$  con tioles para formar mercaptanos, esto puede resultar en el agotamiento de los tampones antioxidantes basados en tiol constituidos en las células principalmente por glutatión. De acuerdo con esta noción, se ha informado repetidamente en la literatura sobre el aumento de la proporción GSSG / GSH y la producción de  $\text{H}_2\text{O}_2$  en diferentes fenotipos celulares expuestos a compuestos que contienen mercurio <sup>(75)</sup>.

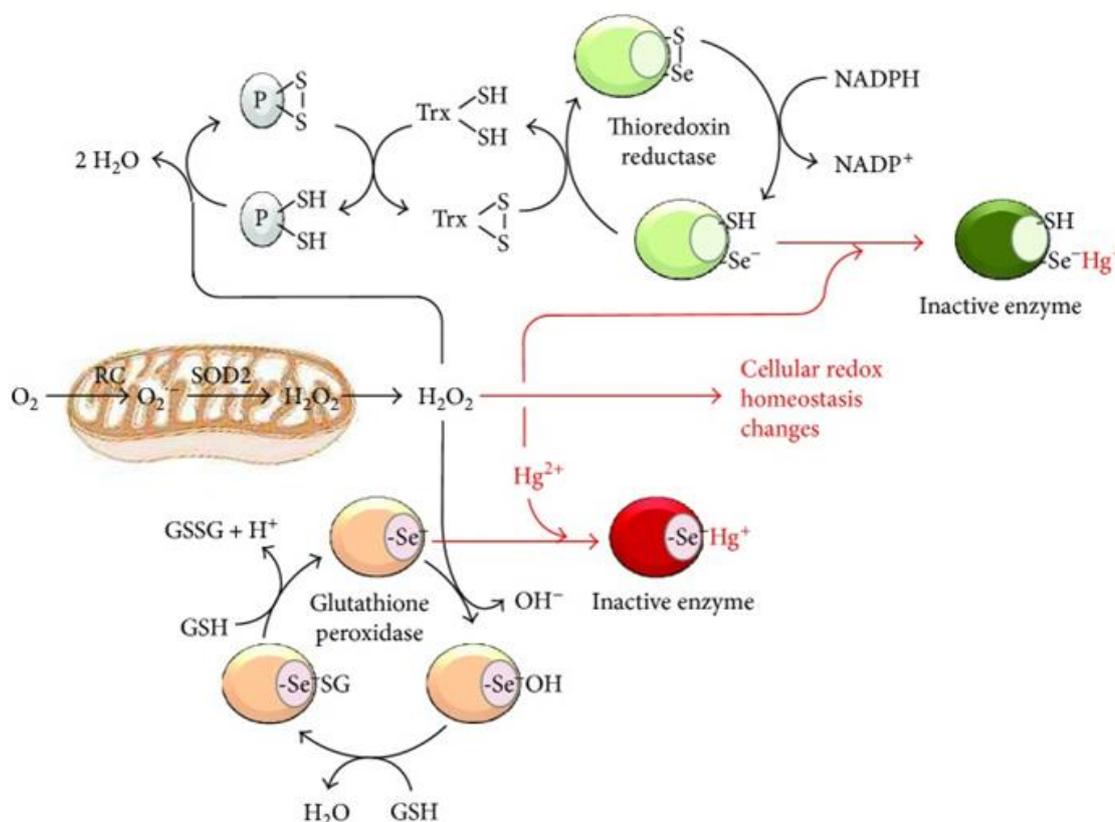


Figura 3. Mecanismo propuesto para la acción prooxidativa del Hg (II).

Se muestra que el ión mercurio ( $\text{Hg}^{2+}$ ) se une a la forma disociada del resto selenol (-Se-) del residuo de selenocisteína catalítico de glutatión peroxidasa y tiorredoxina reductasa, inactivando así las enzimas; el resultado es un mayor nivel de especies reactivas de oxígeno debido a su menor inactivación. También se muestran los ciclos catalíticos de las dos enzimas antioxidantes: la glutatión peroxidasa convierte  $\text{H}_2\text{O}_2$  en 2 moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$  a expensas de 2 moléculas de glutatión reducido (GSH), que se oxidan a GSSG; La tiorredoxina reductasa reduce la tiorredoxina oxidada (Txr) a expensas de NADPH, lo que permite que la Txr reducida preserve el estado redox de las cisteínas proteicas (P) de la oxidación mediada por  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Las mitocondrias se ilustran como un importante productor intracelular de ROS generados a partir de fugas de electrones de la cadena respiratoria (RC) al  $\text{O}_2$  para formar el anión superóxido ( $\text{O}_2 \bullet^-$ ). Esto se convierte además en  $\text{H}_2\text{O}_2$  por la isoforma mitocondrial de la superóxido dismutasa ( $\text{SOD}_2$ ).

Fuente: <sup>(75)</sup>

La epigenética se define como un complejo de eventos que conducen al control y la regulación de la expresión génica sin la participación de ningún cambio en la secuencia genética. Los procesos, que pueden alterarse en la modificación epigenética, incluyen metilación del ADN, modificación de histonas, regulación del ARN, reparación del ADN, transcripción, estabilidad del ARN, corte y empalme alternativo del ARN, degradación de proteínas, número de copias de genes y activación de transposones. Los contaminantes como los metales pesados, así como los productos farmacéuticos, las hormonas, la nutrición y el comportamiento, pueden modificar la expresión de los genes. El patrón de las alteraciones epigenéticas puede ser tanto transitorio como permanente para transmitirse a las crías <sup>(75)</sup>.

Los efectos epigenéticos de los metales pesados se han investigado extensamente, en particular el arsénico, cadmio, cobalto, cromo, níquel y mercurio. Con respecto al arsénico, numerosos autores observaron hipometilación global, pero también hipermetilación global y específica de genes, particularmente P53, más modificación de histonas (alquilación) e incremento de miARN como miR-22 o decremento de miR-210 y miR-19a. Para el cadmio, se ha informado tanto de hipometilación global como de hipermetilación dependiendo del tiempo de exposición. El mercurio indujo hipometilación e hipermetilación global de la proteína G de señalización GTPasa Rnd2 <sup>(75)</sup>.

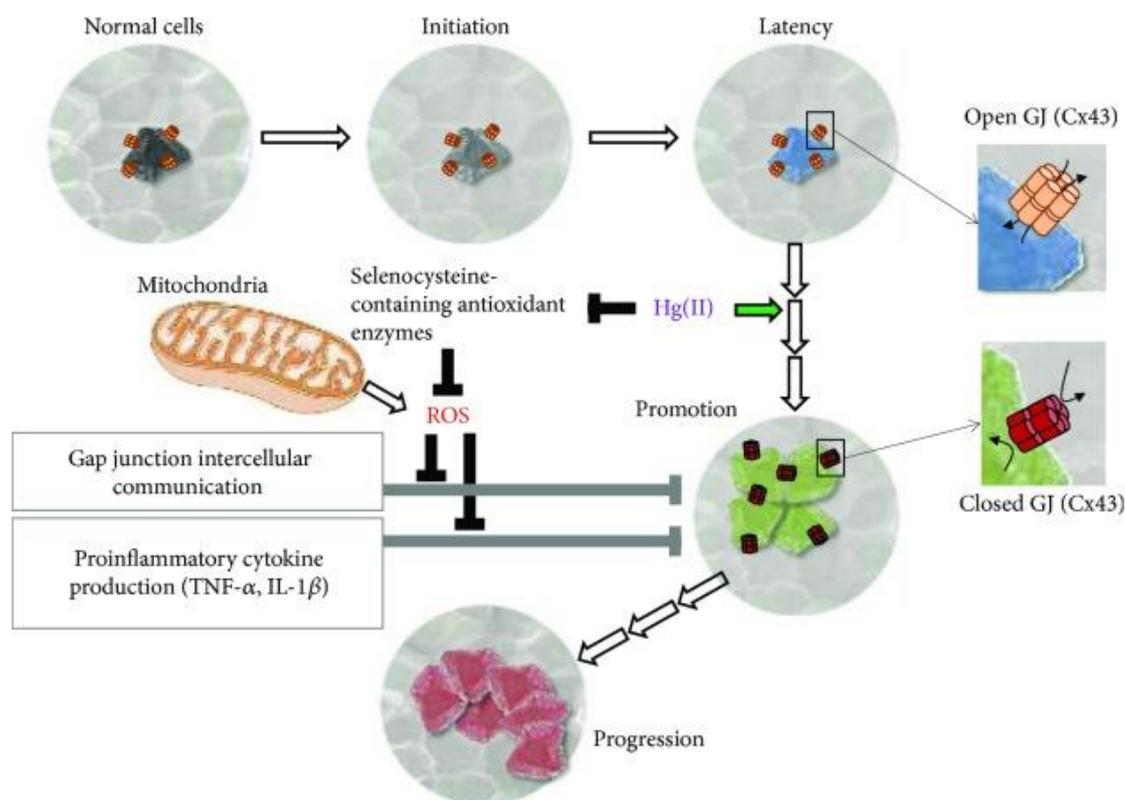


Figura 4. Papel propuesto del mercurio como carcinógeno epigenético / promotor. Se muestra esquemáticamente la transformación progresiva de múltiples pasos de una célula normal a una célula cancerosa. Las fases indicadas (es decir, inicio → latencia → promoción → progresión) son las comúnmente aceptadas para el desarrollo del cáncer. El mercurio (Hg (II)) está indicado para actuar en la fase de promoción provocando un desequilibrio en la homeostasis de las especies reactivas de oxígeno (ROS) que se logra mediante la inhibición selectiva de las enzimas antioxidantes selenocisteína. Las mitocondrias también se muestran como un importante generador de ROS. El estado prooxidativo inducido por Hg (II), a su vez, daría como resultado la inhibición de la comunicación intercelular de unión gap (GJIC) y de la liberación de citocinas proinflamatorias. Ambos mecanismos podrían, por un lado, aislar las células de la homeostasis específica de tejido promoviendo su proliferación y, por otro lado, alterar la defensa / vigilancia del sistema inmunológico, haciendo jaque mate a todo el organismo. Se muestra que la unión de espacio abierto relacionada con Cx43 se cierra progresivamente en las transiciones que siguen al estado "latente".

Fuente: <sup>(75)</sup>.

### 2.3.3.3 Efectos en el organismo humano

El mercurio está presente en la corteza terrestre y todos estamos expuestos a alguna forma de mercurio a través del aire que inhalamos, el agua que la bebida y la comida que comemos <sup>(74)</sup>.

Las quejas subjetivas comunes como fatiga, ansiedad, depresión, parestesias extrañas, pérdida de peso, memoria pérdida y dificultad para concentrarse, pero estos son los síntomas de la exposición crónica al mercurio de bajo grado. Dada la capacidad de las diversas formas de mercurio para depositarse en la mayor parte del cuerpo, la gama de síntomas potencialmente causados por el mercurio es bastante grande <sup>(65)</sup>.

Se ha propuesto que el MeHg se desmetila en las células gliales y luego el mercurio se transporta a las neuronas con el consiguiente desarrollo de neurotoxicidad. La selección de neuronas dañadas podría atribuirse a su vecino glial siendo sus células eficaces para desmetilar MeHg. El lento proceso de desmetilación y transferencia de mercurio de las células gliales a las neuronales podría explicar el retraso en la aparición de los síntomas.

El proceso de desmetilación está activo en el tejido cerebral y produce más  $\text{Hg}^{2+}$  intracelular de lo que se absorbe a través de la barrera hematoencefálica <sup>(74)</sup>.

Varios estudios han demostrado toxicidad equipotente para MeHg y etilmercurio en experimentos de cultivo de tejidos, mientras que  $\text{Hg}^{2+}$  ha demostrado ser menos tóxico que el MeHg en vertebrados <sup>(74)</sup>.

Los estudios mostraron que el  $\text{Hg}^{2+}$  derivado de la desmetilación de MeHg no es el mecanismo para el desarrollo de efectos neurológicos durante la fase latente de exposición crónica <sup>(74)</sup>.

Metilmercurio afecta el desarrollo del cerebro y sistema nervioso central. Puede alterar la migración celular en el cerebro fetal e interfiere con la diferenciación y división de las células nerviosas, evitando el desarrollo de la estructura normal del cerebro <sup>(71)</sup>. Incluso a bajos niveles de exposición prenatal, síntomas sutiles efectos neurológicos se han observado, incluyendo un pobre rendimiento en pruebas neuroconductuales, particularmente en pruebas de atención, motricidad fina, lenguaje, habilidades visual-espaciales y memoria <sup>(45)</sup>. El metilmercurio es también un posible carcinógeno, y la exposición continua a niveles bajos se puede encontrar en la población en general. Sus probables los efectos cancerígenos y neurotóxicos no tienen umbral de dosis baja. Esto sugiere que hay no hay un nivel seguro de exposición al mercurio <sup>(76)</sup>.

Tabla 4. Síntomas clínicos de la intoxicación aguda y crónica con mercurio.

<b>Sistema diana</b>	<b>Agudo</b>	<b>Crónico</b>
Cardiovascular	Hipertensión, palpitaciones cardíacas, shock hipovolémico, colapso	hipertensión, taquicardia
Pulmonar	Dificultad para respirar, neumonitis, edema, enfisema, neumatocele, dolor torácico pleurítico, tos, intersticial fibrosis, RDS	
Tracto Gastrointestinal, GI	Náuseas, vómitos, dolor abdominal intenso, diarrea, heces con sangre	diarrea, estreñimiento, malestar generalizado
Sistema Nervioso Central	Temblores, irritabilidad, letargo, confusión, psicomotricidad y anomalías electroencefalográficas, EEG, convulsiones, disminución de reflejos, conducción nerviosa y marcha	temblor, insomnio, timidez, pérdida de memoria, depresión, anorexia, cefalea, ataxia, disartria, inestabilidad auditiva, alteraciones visuales y vasomotoras, periféricos neuropatía, parestesias
Piel y tejidos queratinizados	Inflamación de las mucosas (estomatitis) y membranas grisáceas, dolor bucal, ardor y sangrado, dermatitis de contacto, erupción cutánea eritematosa y pruriginosa, alopecia	gingivitis, acrodinia (enfermedad rosada), presencia de líneas azules en las encías, alopecia
Hepático	Enzimas séricas elevadas	
Renal	Oliguria, anuria, hematuria, proteinuria, fallo	Poliuria, polidipsia, albuminuria
Reproductivo / Fetal	Abortos espontáneos	Aborto espontáneo, daño cerebral fetal (retraso, falta de coordinación, ceguera, habla problemas, sordera, convulsiones, parálisis)
Muscular esquelético	Dolor lumbar	Debilidad muscular, pérdida del tono muscular, temblor, parálisis
Otros	Fiebre, escalofríos, sabor metálico, mal aliento, aflojamiento de los dientes	Pérdida de peso, transpiración, rubor, salivación, fotofobia

Abreviatura: síndrome de dificultad respiratoria RDS; GI- gastrointestinal; Electrocardiograma EEG

Fuente: <sup>(67)</sup>.

DMPS, Ácido 2,3-dimercapto-1-propanosulfónico, es un agente quelante, es un análogo de British Anti-Lewisite (BAL) con alta afinidad por el mercurio. Debido a su seguridad superior, tiene ha sido ampliamente utilizado en Alemania durante los últimos cincuenta años y es disponible sin receta en ese país <sup>(65)</sup>

Se han publicado detalles sobre el tratamiento con ácido meso-2,3-dimercaptosuccínico <sup>(72)</sup>

Los quelantes pueden eliminar el metil y etil mercurio del cuerpo, pero no pueden revertir el daño al sistema nervioso central. Sin embargo, pueden evitar un mayor deterioro <sup>(72)</sup>

No se encuentran datos confiables sobre la concentración de mercurio divalente inorgánico asociado con efectos adversos. Su tiempo de vida media en tejido sanguíneo es de aproximadamente 20 días en adultos, pero puede ser tan corta como 7 días en bebés <sup>(72)</sup>

### 2.3.4 Plomo

El plomo es un elemento metálico gris azulado, de elevada densidad, de bajo punto de fusión, se encuentra naturalmente en la corteza terrestre, rara vez se encuentra libre o en forma nativa. Por lo general, se encuentra combinado con otros elementos formando compuestos de plomo <sup>(77)</sup>.

El plomo es un elemento clasificado en el grupo 14 (IVA) de la tabla periódica. El elemento plomo es una “mezcla de cuatro isótopos estables. <sup>208</sup>Pb (51–53%), <sup>206</sup>Pb (23.5–27%), <sup>207</sup>Pb (20.5–23%) y <sup>204</sup>Pb (1.35–1.5%)” <sup>(77)</sup>. Los isótopos de plomo son producto de desintegración estable de tres elementos radiactivos naturales: <sup>207</sup>Pb de actinio, y <sup>208</sup>Pb de Thorio <sup>(77)</sup>.

El plomo metálico casi inerte a la corrosión (no es reacciona fácilmente por el aire o el agua) <sup>(72)</sup>. Cuando se expone al aire o al agua, se forma delgadas películas de compuestos que aíslan al metal interno de ataques posteriores. El plomo es fácilmente moldeable. El plomo se puede mezclar con otros metales formando aleaciones. El plomo y sus aleaciones son componentes muy comunes en tuberías, baterías de almacenamiento, pesas, perdigones y municiones, cubiertas de cables y láminas que empleamos para evitar nuestra exposición a la radiación. El plomo actualmente se usa en la construcción de las baterías o acumuladores empleados en automóviles y otros vehículos motorizados <sup>(77)</sup>.

Entre los compuestos que forman las películas que protegen al metal se encuentran el sulfato de plomo, óxidos de plomo y carbonatos de plomo. “Estas películas actúan como una barrera protectora que ralentiza o detiene la corrosión del metal subyacente. El plomo es anfótero y forma sales plomizas y plúmbicas en ácido y plumbitos y plumbatos en medio alcalino”. El plomo es colocado muy cerca del hidrógeno en la serie electromotriz y, por lo tanto, “teóricamente debería reemplazar al hidrógeno en los ácidos. Sin embargo, la diferencia de potencial es pequeña y la alta sobretensión de hidrógeno evita el reemplazo” <sup>(77)</sup>.

#### 2.3.4.1 Fuentes y vías de exposición

El plomo es un elemento que no es necesario en el funcionamiento de ningún ser vivo, tampoco en el ser humano, luego de ingresar a la célula sus efectos adversos inciden sobre diferentes ciclos bioquímicos esenciales y muestra toxicidad a bajos niveles de exposición. Encontrarlo en los líquidos biológicos y órganos es debido a

su ingreso de alguna fuente externa <sup>(78)</sup>. Existe de “forma natural en estado sólido y no es biodegradable” <sup>(78)</sup>.

La mayor parte del plomo en el aire, se encuentra bajo la forma de partículas finas. Las formas químicas frecuentes emitidas por las diversas fuentes contaminantes son haluros, óxidos, sulfuros, sulfatos y carbonatos de plomo; no obstante, son los sulfatos, los compuestos predominantes en el aire <sup>(78)</sup>.

Al plomo lo encontramos en el agua de ríos, lagos y océanos. En el agua de mar por ejemplo, se han detectado concentraciones de plomo entre 0,003 y 0,20 mg/L. Algunas investigaciones han encontrado una relación causal, cercana entre las concentraciones de plomo en las aguas y las concentraciones de plomo en tejidos blandos de invertebrados y peces <sup>(78)</sup>.

El plomo se encuentra en el suelo de manera natural, los suelos o terrenos cercanos a una fuente industrial de contaminación porque procesa plomo tienen niveles más elevados que aquellos terrenos alejados. Con los terrenos que se emplean para pastoreo y para sembrado se debe tener especial cuidado con las concentraciones de plomo presentes, este metal puede ser absorbido por las plantas y posteriormente por los animales que se alimentan y luego nos sirven de alimento. Este metal se acumula y distribución en diferentes ecosistemas <sup>(78)</sup>.

La mayoría de sales inorgánicas de plomo son casi insolubles en agua, su absorción depende de la solubilidad, del tamaño de las partículas, pH y la presencia de otros componentes en el tubo digestivo procedentes de la dieta <sup>(78)</sup>.

El plomo genera disfunciones neurológicas que pueden poner en peligro la supervivencia de peces de gran valor comercial <sup>(78)</sup>.

Tras ingestión del metal y luego de su absorción pasa al torrente sanguíneo donde es transportado por los glóbulos rojos ligado a las proteínas plasmáticas en un 95 %, “distribuido por la sangre hacia los huesos y tejidos blandos (hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central); la vida media del metal en sangre es de 35 días, en tejidos blandos de 40 días y en los huesos 27 años”. La ruta de distribución del plomo es semejante en niños y adultos. En los adultos ocurre su depósito y almacenamiento en los huesos <sup>(78)</sup>. En la mayoría de los casos de plomo Las

intoxicaciones se deben a la ingestión oral y la absorción a través del intestino <sup>(79)</sup>. Por lo tanto, mientras que los adultos absorben un promedio del 10 al 15% de la cantidad ingerida, esta cantidad puede aumentar al 50% en lactantes, niños pequeños y mujeres embarazadas <sup>(79)</sup>.

El grado y la velocidad de absorción gastrointestinal del plomo inorgánico ingerido están influenciados por los estados fisiológicos del individuo expuesto (por ejemplo, edad, ayuno, estado nutricional de calcio y hierro, embarazo) y las características fisicoquímicas del medio ingerido (por ejemplo, tamaño de partícula, mineralogía, solubilidad y especies de plomo). La absorción de plomo también puede variar según la cantidad de plomo ingerida <sup>(77)</sup>.

Efecto de la edad. La absorción gastrointestinal de plomo soluble en agua parece ser mayor en niños que en adultos. Las estimaciones derivadas de estudios de equilibrio dietético realizados en lactantes y niños (de 2 semanas a 8 años) indican que se absorbe aproximadamente del 40 al 50% del plomo ingerido. En adultos, las estimaciones de absorción de compuestos de plomo solubles en agua ingeridos (por ejemplo, cloruro de plomo, nitrato de plomo, acetato de plomo) oscilaron entre el 3 y el 10% en sujetos alimentados. La absorción del plomo disuelto disminuye por la presencia de alimentos en el tubo digestivo. En adultos, la absorción de una dosis trazadora de acetato de plomo en agua fue aproximadamente del 63% cuando lo ingirieron sujetos en ayunas y del 3% cuando se ingirió con una comida <sup>(77)</sup>.

La absorción de plomo en los niños se ve afectada por el estado nutricional, los niveles de hierro. Los niños con niveles de hierro inferiores a los normales muestran concentraciones de plomo en sangre más altas que los niños expuestos de manera similar con niveles normales de hierro, lo que sugeriría que la deficiencia de hierro puede resultar en una mayor absorción de plomo o posiblemente <sup>(77)</sup>.

La absorción gastrointestinal del plomo está influenciada por el estado nutricional y dietético de calcio y hierro. Se ha observado una relación inversa entre la ingesta dietética de calcio y la concentración de plomo en sangre <sup>(77)</sup>.

El plomo de la sangre es absorbido rápidamente por los glóbulos rojos, donde se une a varias proteínas intracelulares <sup>(77)</sup>.

El metabolismo del plomo inorgánico consiste principalmente en reacciones de ligandos reversibles, incluida la formación de complejos con aminoácidos y tioles no proteicos y la unión a diversas proteínas <sup>(77)</sup>.

El tetraetil y el tetrametil plomo sufren desalquilación oxidativa a los metabolitos altamente neurotóxicos, trietil y trimetil plomo, respectivamente <sup>(77)</sup>.

En el hígado, la reacción es catalizada por un sistema de monooxigenasa dependiente del citocromo P-450 <sup>(72)</sup>.

También se produce la oxidación completa del plomo alquilo a plomo inorgánico <sup>(77)</sup>.

“El plomo interfiere con el metabolismo del calcio y de la vitamina D, además compite con el calcio y el hierro, originando hipocalcemia y anemia. Los niños los más vulnerables, absorben hasta un 50 % del plomo que ingresa en su cuerpo, en comparación con el nivel de absorción de plomo en los adultos, que oscila entre el 10 % y el 15 %” <sup>(78)</sup>.

El plomo es removido desde los huesos hacia la sangre. Esta remoción se observa principalmente en las gestantes y es motivo de preocupación debido a que el plomo puede atravesar fácilmente la barrera placentaria y acumularse en los huesos del nuevo ser en formación. La concentración hallada en el cordón umbilical es 85-90 % de la encontrada en la sangre de la madre, ocasiona riesgo para el feto, es causa de partos prematuros, bajo peso al nacer e incluso abortos <sup>(78)</sup>.

Si está expuesto al plomo, muchos factores determinarán si sufrirá daños. Estos factores incluyen la dosis (cuánto), la duración (cuánto tiempo) y cómo entra en contacto con él. También debe considerar cualquier otro químico al que esté expuesto y su edad, sexo, dieta, rasgos familiares, estilo de vida y estado de salud <sup>(80)</sup>.

#### 2.3.4.2 Bioquímica del plomo

El plomo inorgánico no se metaboliza; sin embargo, los compuestos de alquil plomo son oxidados por el sistema hepático P 450 <sup>(79)</sup>.

La importancia del plomo en la generación de anemia, se explica porque inhibe la “enzima delta-deshidratasa del ácido D-aminolevulínico (ALAD) y la actividad de la ferroquelatasa, esta última encargada de catalizar la inserción del hierro en la

protoporfirina IX, y es muy sensible al plomo”. Un decrecimiento de la actividad de esta enzima genera la acumulación de la protoporfirina eritrocitaria (EP) en los glóbulos rojos. El incremento del ácido D-aminolevulínico y de las protoporfirinas eritrocitarias libres, son marcadores asociados a la exposición al plomo <sup>(78)</sup>.

La afinidad química del plomo por el sulfuro (grupo sulfhidrilo) explica este mecanismo. Los grupos sulfhidrilos de las metaloenzimas dependientes de zinc son el objetivo, así es posible modificar estructura y su función de estas proteínas. También compite con otros metales esenciales por los sitios activos de éstas, el resultado final es el aumento de las protoporfirinas, “resulta al final la anemia e incremento del punteado basófilo al reducir la producción de hemoglobina, y disminuye la vida media de los eritrocitos, tanto en niños como en adultos” <sup>(78)</sup>.

La presencia de plomo en el organismo origina afecciones del sistema nervioso central y periférico. El mecanismo de acción es complicado; inicialmente el plomo interfiere con el metabolismo del calcio debido a sus características similares, aparentemente a bajas concentraciones reemplaza al calcio intracelular, actuando como segundo mensajero intracelular, altera la proporción de distribución del calcio en los compartimientos internos de la célula. Posteriormente, activa la proteína C quinasa, “una enzima que depende del calcio vinculada con el crecimiento y la diferenciación celular, la conservación de la barrera hematoencefálica; y se piensa que la potenciación a largo plazo está relacionada con la memoria y que interviene en múltiples procesos intracelulares”. Finalmente, se enlaza a la calmodulina (proteína reguladora) con mayor afinidad que el calcio. Esta modificación reemplazando al calcio conduciría a consecuencias en la neurotransmisión y en la tonicidad vascular, esto explicaría en parte la hipertensión y la neurotoxicidad <sup>(78)</sup>.

### **Mecanismo de toxicidad**

El plomo es probablemente el metal pesado más estudiado. Los estudios realizados en este campo han informado presencia de diversas células, intracelulares y moleculares mecanismos detrás de las manifestaciones toxicológicas causadas por el plomo en el cuerpo <sup>(81)</sup>.

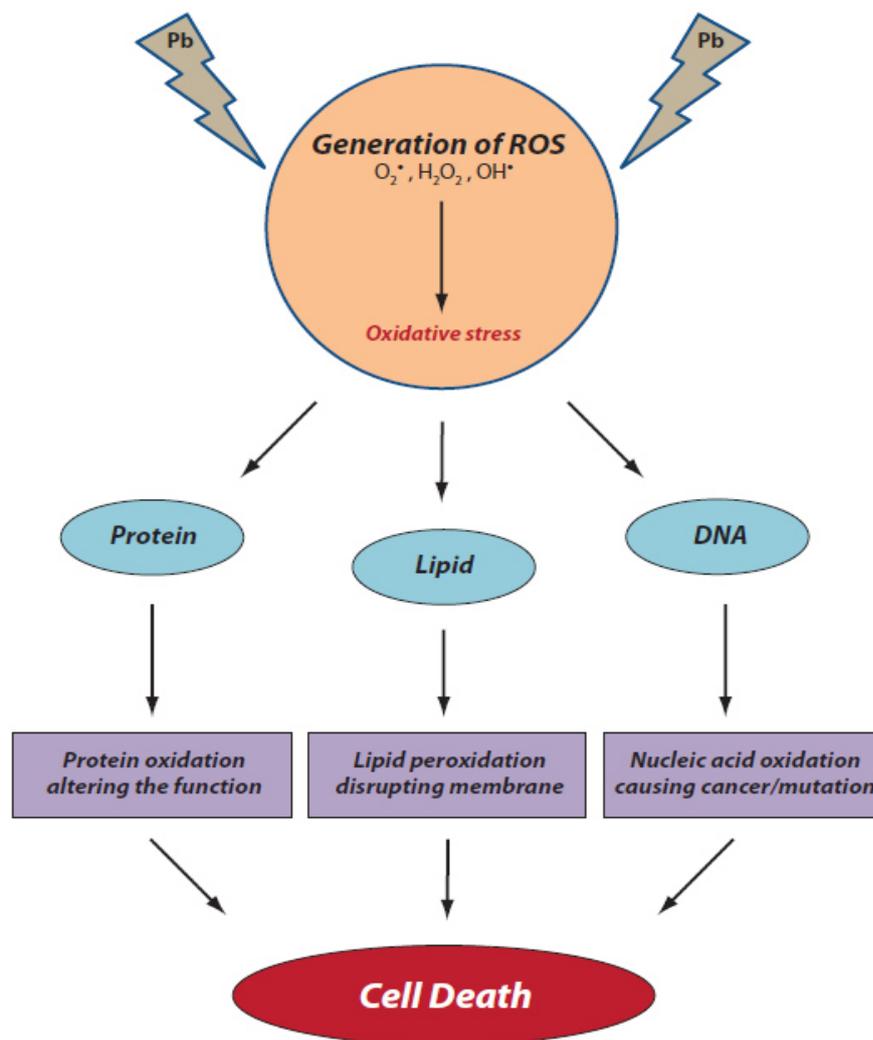


Figura 5. Posibles mecanismos y objetivos para el plomo inducido por estrés oxidativo. Fuente: <sup>(81)</sup>.

Los mecanismos moleculares de la toxicidad del plomo aún no están claramente definidos. Los efectos del plomo sobre los flujos de calcio y los eventos regulados por el calcio se han sugerido como los principales mecanismos de neurotoxicidad del plomo. El plomo también estimula la calmodulina y la fosfodiesterasa de AMPc y mejora la fosforilación de proteínas mediada por calmodulina en vesículas sinápticas, lo que interfiere con la liberación de neurotransmisores mediada por calcio / calmodulina. Otro mecanismo potencial de toxicidad por plomo es la capacidad del plomo para inducir estrés oxidativo. Los efectos deletéreos de la exposición al plomo pueden implicar tanto la generación de especies reactivas de

oxígeno o nitrógeno (ROS) como el agotamiento directo de las reservas de antioxidantes. El plomo disminuye los niveles de glutatión al unirse directamente a los grupos tiol e inhibir la glutatión reductasa. El plomo también inhibe la deshidrogenasa del ácido  $\delta$ -aminolevulínico (ALAD), lo que produce un aumento de los niveles de ácido  $\delta$ -aminolevulínico (ALA), que se sabe que estimula la producción de ROS. El plomo también puede estimular la per oxidación lipídica de la membrana uniéndose a la fosfatidilcolina en la membrana celular e induciendo cambios en las propiedades biofísicas de la membrana. La producción de ROS y la generación de otros compuestos potencialmente genotóxicos son posibles mecanismos de carcinogenicidad del plomo <sup>(82)</sup>.

A nivel del riñón el plomo interrumpe la conversión de la pro vitamina D a su forma activa. Asimismo, “nefritis intersticial ha sido reportada a concentraciones de plomo mayores a 40  $\mu\text{g}/\text{dL}$ ” <sup>(78)</sup>.

El daño hepático se manifiesta debido que el plomo altera la función de la enzima hepática citocromo P450 y estimula la síntesis de lípidos en varios órganos. Algunas investigaciones sugieren que la per oxidación de la membrana celular, es un paso necesario para los efectos tóxicos del plomo en el metabolismo de lípidos, tanto en modelos *in vitro* e *in vivo*. Las evidencias muestran, que el plomo no induce la per oxidación de manera directa, “los iones aceleran el proceso promoviendo la producción de superóxidos y la generación de especies reactivas de oxígeno” <sup>(78)</sup>. Este plomo puede modificar la integridad del material genético generando efectos tóxicos conocidos como genotóxicos, otras consecuencias de los efectos celulares son: en la inhibición de la bomba de Na-K-ATPasa, aumento del calcio intracelular e incrementándose la permeabilidad celular, la síntesis de ADN, ARN y de proteínas <sup>(78)</sup>.

El plomo también forma enlace con los compuestos nitrogenados y por tanto puede enlazarse con porciones del ADN afectando a los genes de expresión enzimática y de su actividad proteica <sup>(78)</sup>.

Los iones plumboso pueden reemplazar a los iones zinc en ciertas metalo proteínas que participan en la regulación de la transcripción <sup>(78)</sup>.

### 2.3.1.3 Efectos en el Organismo Humano

La constancia y gravedad de los síntomas de la intoxicación con plomo aumenta con el incremento de la concentración de plomo en sangre. Los efectos de una intoxicación crónica se localizan en varios sistemas, entre los más importantes tenemos el nervioso, hematopoyético, renal y el reproductor <sup>(78)</sup>.

Las respuestas celulares al plomo se correlacionaron con los niveles de plomo en sangre y se alteraron significativamente en individuos con un mayor contenido de plomo, lo que resulta en un impacto en el sistema nervioso, la regulación negativa de la transcripción y la inducción de apoptosis <sup>(82)</sup>.

Los niños con mayores niveles de plomo pueden verse afectados con retraso en el crecimiento, disminución de la inteligencia, memoria a corto plazo y pérdida auditiva. En niveles más altos, el plomo puede causar daño cerebral permanente e incluso la muerte. Hay evidencia que sugiere que la exposición a niveles bajos de plomo afecta significativamente el coeficiente intelectual junto con el comportamiento, la capacidad de concentración y la atención de los niños <sup>(81)</sup>.

El envenenamiento por plomo afecta a varios órganos del cuerpo. Las manifestaciones neurológicas y gastrointestinales son predominantes en el envenenamiento por plomo. La exposición crónica en adultos conduce a pérdida de memoria a corto plazo, incapacidad para concentrarse, aumento de la excitabilidad, estado de ánimo depresivo, parestesia de las extremidades, pérdida de coordinación, dolor abdominal generalizado y náuseas. Los pacientes también pueden quejarse de dolores de cabeza, debilidad y mialgia. La anemia, la línea de plomo (línea de Burton) y el tiempo de reacción anormal de los reflejos tendinosos profundos (DTR) son signos comunes en la intoxicación crónica por plomo <sup>(83)</sup>.

El plomo afecta directamente al sistema hematopoyético a través de disminuir la síntesis de hemoglobina inhibiendo varias enzimas clave involucradas en la ruta de síntesis de hemo. También reduce el tiempo de vida útil de los hematíes circulantes debido a que las membranas se hacen más frágiles <sup>(81)</sup>. La acción combinada de estos dos procesos genera anemia. Una anemia causada por la intoxicación por plomo puede ser de dos tipos: anemia hemolítica, que se asocia con una exposición alta y aguda al plomo y una anemia franca, que es causada solo cuando el nivel de plomo en sangre es significativamente elevado para períodos prolongados <sup>(81)</sup>.

La disfunción renal ocurre principalmente con niveles altos de plomo exposición ( $> 60 \mu\text{g} / \text{dL}$ ) pero el daño a niveles más bajos ( $\sim 10 \mu\text{g} / \text{dL}$ ) daño funcional. La anomalía en la función renal puede ser de dos tipos: nefropatía aguda y nefropatía crónica <sup>(81)</sup>. No provoca la “aparición de proteínas en la orina pero puede dar lugar a una excreción anormal de glucosa, fosfatos y aminoácidos, una combinación conocida como Síndrome de Fanconi” <sup>(81)</sup>.

“La nefropatía se caracteriza por la citomegalia en las células del epitelio del túbulo proximal y se manifiesta como aminoaciduria, hipofosfatemia y glucosuria. Cambios morfológicos como la formación de cuerpos de inclusión nuclear, cambios mitocondriales y disfunción de los túbulos proximales. Así mismo, nefritis intersticial ha sido reportada en concentraciones de plomo mayores a  $40 \mu\text{g}/\text{dL}$ ” <sup>(78)</sup>.

Efectos cardiovasculares: tanto el envenenamiento crónico como agudo por plomo causa problemas cardíacos y daño vascular con consecuencias potencialmente letales incluyendo hipertensión y enfermedad cardiovascular <sup>(81)</sup>.

“Según la Agencia de protección de la Salud, existen estudios epidemiológicos que manifiestan una débil asociación entre el plomo y la presión sanguínea; es la elevación sanguínea mayor en adultos que en jóvenes. También se ha reportado que una exposición ocupacional crónica de plomo ( $> 30 \mu\text{g}/\text{dL}$ ), causa una elevación de la presión sistólica” <sup>(78)</sup>.

Son numerosos los estudios epidemiológicos muestran efectos adversos sobre el sistema cardiovascular asociados con la exposición al plomo. La mayoría de los estudios evaluaron los efectos en adultos, aunque se han realizado algunos estudios en niños. El efecto de la exposición al plomo sobre la presión arterial es el resultado cardiovascular más estudiado, y los resultados proporcionan evidencia consistente de asociaciones positivas entre concentración de plomo y la presión sanguínea <sup>(84)</sup>.

Efecto neurológico: la presencia de plomo en sangre afecta al sistema nervioso central y periférico, se acumula en el espacio neuronal de los nervios periféricos causando edema, aumenta la presión y finalmente daño en los axones. “La exposición crónica del plomo ocasiona fatiga, disturbios al dormir, dolor de cabeza, irritabilidad, tartamudeo y convulsiones. También puede producir debilidad muscular, ataxia, mareos y parálisis, asimismo, la habilidad visual, el tacto fino y la noción del tiempo se pueden ver alterados, presentándose cuadros de ansiedad,

alterándose el humor y la habilidad cognitiva”. La neurotoxicidad del plomo se observa tanto en niños como en adultos. En niños la neurotoxicidad está en relación con la cantidad de tóxico, se ha demostrado que la neurotoxicidad tiene asociación con el comportamiento, el grado de ansiedad y los niveles intelectuales <sup>(78)</sup>.

El sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico son afectados por la exposición al plomo. Los efectos en el sistema nervioso periférico son más pronunciados en los adultos, mientras que el sistema nervioso central se ve más afectado en niños <sup>(81)</sup>.

Efectos sobre la salud reproductiva: efectos comunes observados en los hombres incluyen: libido reducido, espermatogénesis anormal (motilidad y número reducidos), cromosómico daño, infertilidad, función prostática anormal y cambios en los niveles de testosterona sérica. Las mujeres son más predispuestas a la infertilidad, aborto espontáneo, rotura prematura de membranas, pre eclampsia, asociada con muerte fetal, nacimientos prematuros, recién nacidos de bajo peso, embarazo con hipertensión y parto prematuro <sup>(81)</sup>.

“El impacto de la exposición crónica al plomo en los hombres produce además alteración en la espermatogénesis (reducción en cantidad y motilidad, e incremento de formas anormales de los espermatozoides), daño cromosómico, función prostática anormal y cambios en los niveles de testosterona” <sup>(78)</sup>.

Efecto sobre el hueso: el sitio principal de almacenamiento de plomo en el cuerpo humano son los huesos. Existen dos compartimentos en los huesos donde se cree que el plomo está almacenado. La zona intercambiable presente en la superficie de hueso y la zona no intercambiable ubicada más profundamente en el hueso cortical. El plomo puede entrar al plasma con facilidad el grupo intercambiable pero puede dejar el no intercambiable agruparse y moverse a la superficie solo cuando el hueso está activo siendo reabsorbido <sup>(81)</sup>.

#### Tratamiento

Agentes quelantes Dimercaprol (BAL) Dimercaprol, también conocido como *British Anti-Lewisite* (BAL), fue desarrollado en 1946 por los británicos para contrarrestar los alemanes gases de guerra a base de arsénico <sup>(79)</sup>.

Este también ha sido el foco de los estudios biológicos de los mecanismos de toxicidad del plomo. Los marcadores biológicos son indicadores de eventos en

sistemas biológicos o muestras. El National Research Council (NRC, 1989a, b) ha clasificado los marcadores biológicos en tres tipos: marcadores de exposición, de efecto y de susceptibilidad <sup>(85)</sup>.

Un marcador biológico de exposición es una sustancia exógena o su metabolito o el producto de una interacción entre un agente xenobiótico y alguna molécula o célula objetivo. Un marcador biológico de efecto es una modificación bioquímica, fisiológica u otro tipo medible dentro de un organismo que, dependiendo de la magnitud, puede reconocerse como una enfermedad o deterioro de la salud establecido o potencial. Un marcador biológico de susceptibilidad es un indicador de una limitación inherente o adquirida de la capacidad de un organismo para responder al desafío de la exposición a una sustancia xenobiótica específica <sup>(85)</sup>.

La terapia con CaNa<sub>2</sub>EDTA puede trasladar el plomo al sistema nervioso central y aumentar el potencial de encefalopatía <sup>(79)</sup>.

Succímero (ácido 2,3-meso-dimercaptosuccínico o DMSA) <sup>(79)</sup> se usa para el tratamiento del envenenamiento por plomo en los niños y también es eficaz en adultos. Es químicamente similar al BAL, pero tiene mayor solubilidad en agua, tiene un alto índice terapéutico y se absorbe a través del tracto gastrointestinal. La dosis recomendada por el fabricante es de 10 mg / kg tres veces al día durante cinco días, seguido de 10 mg / kg dos veces al día durante dos semanas <sup>(79)</sup>.

El uso de moduladores celulares de tioles ha sido usado para la atenuación del efecto de las especies reactivas del oxígeno (ROS), se está empleando como estrategia terapéutica contra la intoxicación por plomo la N-acetilcisteína, el ácido  $\alpha$ -lipoico, la vitamina E, la quercetina y algunos extractos de hierbas muestran efectos profilácticos contra la mayoría de las lesiones mediadas por plomo tanto en estudios “*in vitro*” e “*in vivo*” <sup>(81)</sup>.

El diagnóstico de intoxicación por plomo se ha basado tradicionalmente en la medición de las concentraciones de protoporfirina de zinc y plomo en sangre. Se acepta comúnmente que la concentración sanguínea es el mejor indicador de una exposición reciente al plomo. En los Estados Unidos los Centros para el Control de Enfermedades establecieron una concentración de plomo en sangre de 10  $\mu$ g/dL como límite de preocupación para la exposición de los niños <sup>(82)</sup>.

El plomo altera una serie de funciones corporales que se evidencian con una alteración del sistema nervioso central, hematopoyético, hepático y renal produciendo trastornos graves <sup>(86)</sup>.

### 2.3.5 Determinación de metales pesados

A los metales pesados los encontramos en cantidades de microgramos o nanogramos en la naturaleza, por tanto, los métodos analíticos instrumentales muestran su vigencia en su determinación. El tratamiento de la muestra para la cuantificación propiamente dicha depende de muchos factores, entre ellos, la naturaleza del elemento a cuantificar, la matriz, etc.

Se presenta a continuación un ejemplo del límite de detección, LOD, para cadmio por los diferentes métodos analíticos mencionado anteriormente. Para cualquier determinación dada, el método real LOD puede ser un orden de magnitud mayor o mayor <sup>(51)</sup>.

Tabla 5. Límites de detección de los diferentes métodos

Técnica	Límite de detección (ug/L)
FAAS	0,8 – 1,5
ICP-OES	0,1 – 1
GFAAS	0,002 – 0,02
ICP-MS	0,00001 – 0,001

Fuente: <sup>(51)</sup>

#### 2.3.5.1 Metales pesados en alimentos

Se encuentran elementos metálicos en el agua y en los alimentos <sup>(69, 80)</sup>, arsenicosis por consumo de agua de pozo con alta concentración de arsénico en diversos países asiáticos <sup>(69)</sup>.

Los metales pesados tóxicos como cadmio, plomo, mercurio afectan las funciones biológicas, afectando el sistema hormonal y el crecimiento. Muchos metales pesados se acumulan en uno o más de los órganos del cuerpo en los animales

destinados a la alimentación y se transmiten a través de los alimentos causando un grave peligro para la salud pública <sup>(88)</sup>.

Se ha detectado de cobre, cinc, molibdeno, plomo y cadmio en hígado de bovinos sanos <sup>(89)</sup> provenientes de la Región Metropolitana en Chile, superando el plomo los niveles permitidos y el cadmio dentro de los límites <sup>(90)</sup>. La Unión Europea ha prohibido la comercialización de productos alimenticios en los que se haya comprobado la presencia de un contaminante en proporciones inaceptables amparándose los límites toxicológicos <sup>(91)</sup>.

En la leche de vaca se ha detectado arsénico, cadmio, plomo, cobre y mercurio que excede 2,2 veces el máximo permitido <sup>(92, 93, 94)</sup>, al igual que peces destinados a consumo humano se han cuantificado mercurio, cobre, níquel, cinc, cadmio, plomo y molibdeno <sup>(95)</sup> también se han evaluado frutas de consumo masivo <sup>(96)</sup> al igual que en bolsas de filtrantes para infusiones <sup>(97)</sup>

En muchos lugares se consume el jugo de alfalfa en mercados informales y formales por sus propiedades nutricionales, se encontraron trazas de cadmio, cobre, níquel, plomo que sobrepasa los límites permitidos <sup>(98)</sup> de igual modo se ha determinado metales pesados, plomo, cadmio, en toronjil y diente de león <sup>(99)</sup> lechuga de agua, plomo, cadmio, cromo <sup>(100)</sup>

#### 2.3.5.1 Metales pesados en el agua y suelo

Los metales ligeros, pesados y otros elementos con importancia para el medio ambiente y por su trascendencia en la contaminación de suelos, de los cultivos agrícolas pueden ser de naturaleza geogénica (natural) o antropogénica <sup>(5, 101)</sup>.

En la actividad agrícola el suelo puede contaminarse por metales pesados cadmio, plomo, cinc, a través de la aplicación de fertilizantes <sup>(102)</sup> que también contienen trazas de metales pesados, de plaguicidas con metales pesados, de estiércol, composta, lodos de aguas residuales <sup>(5, 7, 9, 10, 103)</sup>. Un ejemplo es el tomate que acumula arsénico principalmente en las raíces (85% del total), el resto se acumula en brotes (14%) y frutos (1%) <sup>(104)</sup>

Otro ejemplo, en el agua residual se determinó una cantidad total promedio de 0,23 mg/L de plomo. La cantidad total promedio de plomo en suelo resultó ser baja (87 mg/kg), valores promedio de 14,82 mg/kg. Se encontró diferencia significativa entre el contenido de plomo en la raíz y la parte aérea <sup>(7)</sup>.

El empleo de compostas con la finalidad de enriquecer el suelo es una práctica habitual, ya que se conceptúa que la composta es un producto libre de patógenos y metales tóxicos, sin embargo algunas de estas compostas contienen plomo, cadmio, hierro, cinc, etc. <sup>(103)</sup>.

Los terrenos aledaños a la industria minera se encuentran contaminados de arsénico, cadmio, plomo, mercurio, cinc a diversas distancias de la fuente <sup>(105, 106)</sup>.

“Los oligoelementos o micronutrientes, que son los requeridos en pequeñas cantidades, o cantidades traza por plantas y animales, y son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital” <sup>(107, 108)</sup>.

Las rocas ígneas ultra básicas (peridotitas y serpentinas) son las que contienen las mayores cantidades de metales pesados, seguidas de las ígneas básicas (gabros y basaltos). Las concentraciones menores se han encontrado en las “rocas ígneas ácidas (como el granito) y en las sedimentarias (como las areniscas y las calizas)” y contienen en cantidades variables cadmio, mercurio, plomo, cobre, níquel, antimonio, bismuto, arsénico, cobalto entre otros <sup>(79, 107, 109)</sup> y las plantas bioacumulan estos metales en sus tejidos <sup>(109)</sup> luego se ingieren como pastos <sup>(110)</sup>; estos metales se encuentran en los excrementos de los animales que se alimentan de estos vegetales <sup>(111)</sup>.

Tabla 6. Modificaciones fisiológicas generadas por algunos metales pesados que contaminan las plantas.

**Tabla 5.-** Alteración fisiológicas que producen algunos metales pesados que contaminan las plantas (Nastusch, 1997).

Metal	Efecto en los vegetales
Aluminio	Inhibición y alteración de las funciones de la membrana celular, a nivel del citoplasma.
Arsénico	Reducción del crecimiento y alteración de la concentración de Ca, K, P y Mn en la planta.
Cadmio	Inhibición de la fotosíntesis y la transpiración. Inhibición de la síntesis de clorofila. Modificación de las concentraciones de Mn, Ca y K.
Cobre	Desbalance iónico, alteración de la permeabilidad de la membrana celular, reducción del crecimiento e inhibición de la fotosíntesis.
Cromo	Degradación de la estructura del cloroplasto, inhibición de la fotosíntesis, alteración de las concentraciones de Fe, Ca, K y Mg.
Mercurio	Alteración de la fotosíntesis, inhibición del crecimiento, alteración de la captación de K.
Plomo	Inhibición de la fotosíntesis, el crecimiento y de la acción enzimática.
Zinc	Alteración de la permeabilidad de la membrana celular, inhibición de la fotosíntesis, alteración en las concentraciones de Cu, Fe y Mg.

Activar  
Ve a Conf

Fuente: <sup>(109)</sup>/80

Es muy probable que las aguas de los ríos se encuentren contaminados por metales pesados (arsénico, cadmio, plomo y mercurio) proveniente de las diversas fuentes y luego irrigan suelos de cultivo <sup>(112, 113, 114, 115)</sup>.

El agua de consumo humano puede estar relacionada con enfermedades aparentemente relacionadas con el agua potable contaminada con metales pesados como plomo, cadmio, cobre, molibdeno, níquel y cromo. La insuficiencia renal está relacionada con contaminan el agua potable con plomo y cadmio <sup>(116, 117, 118, 119)</sup>, la cirrosis hepática al cobre y molibdeno, pérdida de cabello por níquel y cromo, y anemia crónica por cobre y cadmio <sup>(120, 121)</sup>.

Actualmente se busca la biorremediación de los suelos. Algunas estrategias utilizadas para la disminución de metales con potencial tóxico (“pesados”), como cadmio y cromo, de los suelos agrícolas son:

a) la incorporación al suelo de material orgánico, por su capacidad para formar complejos estables con los iones de estos metales;

- b) el aumento del pH, mediante uso de sustancias alcalinas, óxidos e hidróxido de calcio, a un pH entre 6-7, intervalo que estos metales pesados forman compuestos insolubles y pierden la capacidad de ser absorbidos por las plantas;
- c) la adición de fosfatos, para inducir la formación de fosfatos insolubles de estos metales pesados y
- d) la adición de silicatos solubles para inducir la formación de complejos y además su efecto indirecto sobre el pH, puesto que el anión  $\text{SiO}_3^-$  ionizado en el agua del suelo se convierte en una base Bronsted-Lowry.

Además, se puede emplear remediación microbiana, en esencial, de suelos contaminados con cadmio. “La lechuga Romana (*Lactuca sativa*) y el pasto ryegrass anual (*Lolium multiflorum*) son especies vegetales sembradas y tienen la capacidad de absorber estos metales pesados”<sup>(122)</sup>.

### 2.3.6 El huevo de codorniz como alimento

Todos los nutrientes necesarios para la sobrevivencia de un ser vivo se encuentran en los huevos de las aves, por ejemplo, proteínas y enzimas, lípidos simples y complejos, vitaminas hidrosolubles y liposolubles, minerales y factores de defensa y crecimiento requeridos por el embrión en desarrollo. Los huevos son también una fuente de otras sustancias con funciones y actividades biológicas, entre otras proteínas con función inmunizadora<sup>(18, 20, 123)</sup>.

Tabla 7. Características de las partes de huevo de codorniz comparada con los huevos de otras especies de aves

Especie	Peso del huevo (g)	% de masa de huevo		
		Albúmina	Yema	Cáscara
Codorniz	11,3	59,7	32,7	7,4
Pollo	58	55,8	31,9	12,3
Ganso	200	52,5	35,1	12,4
Pavo	85	55,9	32,3	11,8
Pato	80	52,9	35,6	12,5
Avestruz	1580	59,8	20,4	19,4
Gallina de Guinea	40	52,3	35,1	12,6
Faisán	32,8	58,1	33,0	8,9

Fuente: <sup>(23)</sup>

Tabla 8. Composición química (%) de huevos de diferentes especies de aves de corral

Parámetro	Especies		
	Codorniz	Pollo	Avestruz
	Albúmina		
Agua	87,8	87,9	88,7
Proteínas	10,4	10,6	8,9
Cenizas	1,0	0,6	0,9
	Yema		
Agua	49,7	48,7	50,6
Proteínas	16,0	16,6	15,0
Grasas	31,5	32,6	31,3
Cenizas	1,8	1,0	1,9

Fuente: <sup>(23)</sup>

Tabla 9. Contenido de minerales (mg/g) de huevos de codorniz.

Mineral	Yema	Albúmina
Calcio	1490	85
Fósforo	4880	100
Magnesio	111,41	83,25
Hierro	39,29	0,45
Cobre	0,62	0,45
Zinc	18,98	1,37

Fuente: <sup>(23)</sup>

Estudios adicionales comprueban que los huevos de codorniz en el periodo óptimo de ovipostura tienen un peso de 11.170 gramos, 7,88% de cáscara mineral; 59,18% de albúmina y 32,94% de yema. La cáscara mineral contiene: 1,32% de agua; 89,75% mineral sustancias; 8,64% de proteínas y 0,29% carbohidratos. La albúmina contiene: 87,48% de agua; 0,82% de sustancias minerales; 9,91% de proteínas; 0,033% de lípidos y 1,74 carbohidratos. La yema de estos huevos de codorniz contiene: 49,79% de agua; 2,16% de sustancias minerales; 16,64% de proteínas; 29,45% de lípidos y 1,96% carbohidratos. Finalmente, los huevos de codorniz enteros producidos en la fase de meseta del período de puesta contiene: 68,27% de agua; 8,27% de sustancias minerales; 12,03% de proteínas; 9,72% de lípidos; 1,70% carbohidratos y 46,89 mg de caroteno <sup>(19)</sup>. Se ha determinado de forma muy específica de su composición en aminoácidos y lípidos <sup>(34, 124)</sup>, los beneficios de su consumo valor nutritivo <sup>(125)</sup>.

Los niveles de aluminio, cromo, níquel, cinc, arsénico, cadmio y plomo en huevos de aves domésticas fueron medidos usando ICP-MS y se evaluó el riesgo mediante un análisis probabilístico de la acumulación de arsénico, cinc, cadmio y plomo <sup>(22)</sup>, metales pesados y metaloides en huevos de aves paseriformes de Arizona <sup>(21)</sup>, en el puerto de Nueva York <sup>(126)</sup>, en aves, como bioindicadores de contaminación por metales pesados <sup>(127)</sup>. Las plumas y los huevos son muy especiales para los estudios de acumulación de metales no solo porque pueden ser recolectados sin afectar la vida de un pájaro, pero también porque tienen cierta información importante que no es posible adquirir de otra manera <sup>(33)</sup>, también se han hecho determinaciones en la carne de las aves como el alcatraz <sup>(128)</sup>, la cáscara del huevo de alcatraz marrón <sup>(33)</sup> hígado de gaviota dominicana <sup>(129)</sup>

Los huevos de codorniz son preciosos alimentos y también tienen un valor farmacológico importante. Es una fuente natural de vitaminas y sustancias minerales <sup>(19)</sup>. Se ha evaluado el contenido de lípidos, materia seca no lipídica y agua de los huevos del estornino, la codorniz, la paloma de luto, la gaviota reidora y el ánade real y compara los datos con los publicados de los huevos de otras especies <sup>(130)</sup>.

Se han investigado los efectos del huevo de codorniz japonés sobre el perfil lipídico y los parámetros hematológicos, efecto antioxidante, las funciones hepática y renal. El huevo de codorniz posee propiedades que previenen per oxidación lipídica y puede tener beneficios potenciales en el manejo del estrés oxidativo asociado con la hiperlipidemia <sup>(27)</sup>.

La carne y huevos de codorniz son muy nutritivos y se pueden criar en un espacio corto o residencia estrecho. Un análisis de sus componentes sanguíneos valiosos como la prueba hematológica, se encontraron hemoglobina ( $13,13 \pm 0,22\%$ ), linfocitos ( $64,30 \pm 3,47\%$ ) y monocitos ( $3,60 \pm 0,97\%$ ). Los análisis bioquímicos como el calcio fueron “( $10,06 \pm 0,42$  mg/dL), glucosa ( $193 \pm 4,42$  mg dL) y colesterol ( $144 \pm 2,58$  mg/dL) y en estudio serológico mostró que para la albúmina fue ( $15549 \pm 141,85$  mg/dL), globulina ( $14915,50 \pm 128,29$  mg/dL) y proteína total ( $30464,50 \pm 238,50$  mg/dl)”. Por lo antes mencionado, los componentes son suficientes por su naturaleza y considerarse un magnifico alimento que salva vidas <sup>(131)</sup>.

Se ha estimado el contenido de metales pesados, cromo, cobre, cinc, plomo, y cadmio en sangre y plumas de codorniz, no encontrándose plomo y cadmio en sangre <sup>(23)</sup>.

### 2.3.7 La codorniz, crianza, alimentación, piensos

La FAO ha elaborado un Código de Prácticas de Higiene para los Huevos y los Productos de Huevo que tiene por objeto proporcionar orientación para la producción inocua de huevos y productos de huevo. “Este Código se basa principalmente en los huevos producidos por gallinas domésticas. Los principios también pueden aplicarse a las prácticas de higiene para la producción de huevos de otras especies de aves domésticas productoras de huevos (por ejemplo pato, codorniz y ganso)” <sup>(132)</sup>.

Las características de calidad del huevo a nivel comercial están estrechamente relacionadas entre sí y definidas “por el peso, la forma, el color de la cáscara, la solidez de la cáscara y el grado de limpieza, otros parámetros internos directamente relacionados con el grado de frescura y envejecimiento del huevo” <sup>(133)</sup>.

La calidad del huevo, su uniformidad, que favorece su comercialización se fija en las siguientes categorías o características:

- Categoría A (huevos frescos)
- Categoría B (incluye los huevos conservados e industriales) <sup>(133)</sup>

Los huevos deben ser recogidos, manipulados, almacenados y transportados de forma que se produzca una contaminación mínima y/o que no se dañe al huevo o su cáscara, preservando la calidad, enfatizando la atención a las consideraciones de tiempo y temperatura, en particular, a las fluctuaciones de temperatura <sup>(133, 134, 135)</sup>. que ocasionarían una disminución en su tiempo de vida en el anaquel.

La cotornicultura es la actividad económica de criar y fomentar la producción de codornices <sup>(136, 137, 138, 139)</sup>, para conseguir así la utilización de sus productos, ofreciendo alternativas como: <sup>(140, 141)</sup>

- “Producción de carne (en pie, canal, congelada, encurtida).
- Producción de huevo (lío-filizado fértil, para consumo, encurtido).
- Aprovechamiento de subproductos (plumas y excrementos, o codornaza)”.

Una codorniz consume en promedio 25 gramos de alimento al día. El huevo de codorniz tiene bajas concentraciones de colesterol y elevado índice proteico, que lo

convierte en muy recomendable para la nutrición de niños y ancianos; además los huevos de codorniz tienen mejor sabor que los de gallina <sup>(140)</sup>.

Tabla 10. “Clasificación taxonómica de la codorniz.

Reino	Animal
Tipo	Vertebrado
Clase	Ave
Subclase	Carenadas
Orden	Gallináceas
Familia	Phasianidae
Género	<i>Coturnix</i>
Especie	<i>Coturnix japonica</i>
Nombre común	Codorniz”

Fuente: <sup>(140)</sup>

Tabla 11. Producción de huevos de gallina vs huevos de codorniz.

<b>Característica</b>	<b>Gallina</b>	<b>Codorniz</b>
Periodo para la incubación	21 días	16 días
Peso del huevo comparado con el ave	3%	10%
Inicio de la postura	154 días	42 días
Postura anual	300	260
Tiempo de postura	Cada 26 horas	Cada 22 horas
Peso del huevo	50 – 60 g	10 – 12 g
Relación 12 huevos: kilo de alimento	2,2	0,3
Vida útil de ponedora	2 años	1 año

Fuente: <sup>(140)</sup>

Tabla 12. Características del huevo de codorniz.

“Estructura	%	Características
Cáscara	10,2	Elemento de protección formado por carbonato de calcio, manganeso, citrato de sodio y potasio. Su misión es permitir el intercambio gaseoso entre el huevo y el exterior
Albúmina (clara)	46,1	Rodea completamente a la yema, es transparente, ligeramente amarillenta y de consistencia gelatinosa; sirve de alimento al embrión
Yema	42,3	Es una esfera de color amarillo situada en el centro del huevo, es menos densa que la clara, aquí se encuentra el disco embrionario en donde se desarrolla el embrión.
Membranas	1,4	Separan las estructuras mencionadas”.

Fuente: <sup>(140)</sup>

Se define trazabilidad como “la posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución de un alimento o sustancia destinada a ser incorporada en alimentos o con probabilidad de serlo”<sup>(142)</sup>. La cadena productiva de alimentos concentrados y balanceados se da a nivel industrial<sup>(143)</sup>. En Perú tenemos a la empresa Purina<sup>(144)</sup> y Cogorno, a nivel internacional Ergonomix<sup>(145)</sup> con sus líneas de productos industriales, los piensos para alimentación animal<sup>(28)</sup>.

La ración de inicio para las codornices debe contener 27% de proteínas y de ello un 25% proteínas de alto valor biológico (fácilmente absorbible), este periodo de alimentación inicia con el nacimiento hasta las tres semanas de vida. Posteriormente a las cuatro o cinco semanas el porcentaje de proteína ser disminuida al 23%. Durante la fase de postura y reproducción el porcentaje puede ser 22% de proteína<sup>(146)</sup>.

Tabla 13. Valoración energética de los ingredientes para alimento de codornices japónicas.

Cuadro 5- Valoración energética (kcal EMAn/kg) de ingredientes para codornices japónicas (Sakurai, 1978; Furlan et al., 1998; Silva et al., 2003) y pollos broiler (FEDNA, 2003; Rostagno et al., 2000)

Ingrediente	Codornices						Pollos			
	Sakurai 1978 <sup>1</sup>		Furlan et al. 1998 <sup>1</sup>		Silva et al. 2003 <sup>2</sup>		FEDNA 2003		Rostagno et al. 2000	
	EMAn	% <sup>3</sup>	EMAn	% <sup>3</sup>	EMAn	% <sup>3</sup>	EMAn	% <sup>3</sup>	EMAn	% <sup>3</sup>
Maíz	3.440	100	3.429	100	3.354	100	3.260	100	3.371	100
Sorgo	3.400	99					3.210	98	3.192	95
Harina soja 44%	2.610	76	2.592	76	2.456	73	2.180	67	2.266	67
Haba soja extrus.					3.084	92	3.570 <sup>4</sup>	110	3.460	103
Salvado de trigo	2.490	72	2.399	70	1.593	47	1.850	57	1.888	56
Gluten meal maíz	3.610	105			3.992	119	3.615	111	3.775	112
Harina mandioca					3.378	101	2.800 <sup>5</sup>	86	3.138	93
Harina algarroba					1.223 <sup>6</sup>	36	1.100 <sup>7</sup>	34	1.520	45
Harina de pescado	2.810 <sup>8</sup>	82			2.453 <sup>9</sup>	73	2.960 <sup>8</sup>	91	2.671 <sup>8</sup>	79
Harina de aves					2.791 <sup>9</sup>	83	3.560 <sup>10</sup>	109	2.934 <sup>11</sup>	87

<sup>1</sup>Codornices japónicas adultas

<sup>2</sup>Codornices japónicas en crecimiento (22 a 27 d)

<sup>3</sup>% con respecto a la EMAn del maíz

<sup>4</sup>Valor de haba de soja cocida o extrusionada húmeda. EMAn desde 3.430 (soja tostada en seco) hasta 3.680 kcal/kg (soja extrusionada decorticada) según el tipo de proceso

<sup>5</sup>65% de almidón. EMAn desde 2.750 (62,6% de almidón) hasta 3.010 kcal/kg (70% de almidón)

<sup>6</sup>Farinha integral da vagem de algaroba

<sup>7</sup>Garrofa

<sup>8</sup>60% de proteína. EMAn en FEDNA (2003) desde 2.960 (60% de proteína) hasta 3.425 kcal/kg (72% de proteína)

<sup>9</sup>48% de proteína

<sup>10</sup>62% de proteína

<sup>11</sup>58% de proteína

Fuente: <sup>(147)</sup>.

Las vitaminas y minerales que se necesitan para la etapa de desarrollo de la codorniz se obtienen a partir de las diversas dietas <sup>(147)</sup>. Para las dietas de codornices se pueden usar como fuente energética maíz, sorgo, salvado de trigo, salvado de arroz, alfalfa, pescado, soya, almidón de maíz, grasa animal, harina de pescado, harina de sangre, harina de plumas, de igual manera las necesidades proteicas y de aminoácido, según la etapa de desarrollo <sup>(147, 148)</sup> y estas pueden aportar metales pesados.

### 2.3.8 Absorción atómica

La espectrometría de absorción atómica (AAS) es el método instrumental más común empleado en la determinación de trazas de metales en muestras de alimentos. *Flame AAS* (FAAS) es una técnica relativamente simple, con un alto rendimiento de muestras y bajos costos operativos. FAAS es predominantemente para un solo elemento, la técnica que utiliza una llama para generar átomos en estado fundamental. La sensibilidad FAAS puede ser mejorada al aumentar la eficiencia de la generación / transporte de aerosoles y el tiempo de residencia de átomos libres en el volumen de absorción <sup>(150)</sup>.

Debido a la alta sensibilidad, selectividad y facilidad de uso, el horno de grafito AAS (GFAAS) también se utilizado frecuentemente para la determinación de cadmio en alimentos. GFAAS trabaja en el mismo principio que FAAS, excepto que la llama se reemplaza por un pequeño tubo de grafito calentado para generar los átomos. Debido a que los átomos en estado fundamental se concentran en un área más pequeña que una llama, se produce más absorción de luz, lo que resulta en LOD aproximadamente 100 veces más bajos que los de FAAS <sup>(150)</sup>.

Además, la espectrofotometría de emisión óptica de plasma acoplada inductivamente (ICP-OES) y la espectrofotometría de masas de plasma acoplada inductivamente (ICP-MS) es aplicado para medir niveles de cadmio en los alimentos <sup>(150)</sup>.

ICP-OES es una técnica para múltiples elementos que utiliza una fuente de plasma extremadamente para excitar átomos hasta el punto de que emiten sus fotones de luz específicos de la longitud de onda característica del elemento en particular. El número de fotones producidos se relaciona con la concentración de ese elemento en la muestra. Los instrumentos ICP-OES están disponibles en dos configuraciones, radial y axial. El beneficio del diseño axial es que el detector ve más fotones y como resultado, ofrece límites de detección de 5 a 10 veces más bajos que la configuración radial. Sin embargo, Los límites de detección son superiores a los obtenidos por GFAAS <sup>(150)</sup>.

ICP-MS también utiliza una fuente de plasma. La diferencia fundamental entre ICP-OES e ICP-MS es que el plasma no se utiliza para generar fotones de luz, sino para generar iones. Los iones producidos en el plasma son transportados y separados

según su masa atómica para cargar relación por medio de un espectrómetro de masas. La generación de un gran número de cargados positivamente iones permite que ICP-MS alcance límites de detección mejores que los que se pueden obtener con GFAAS. Además, es un método de elementos múltiples y se puede determinar una amplia gama de elementos simultáneamente <sup>(150)</sup>.

Para obtener resultados exactos, se debe controlar los pasos secuenciales de los que consta el análisis: <sup>(150)</sup>.

- Recolección del material a analizar
- Pre tratamiento o acondicionamiento de la muestra.
- Mineralización de la muestra.
- Validación de los métodos empleados y resultados obtenidos
- Análisis propiamente dicho empleando el instrumental adecuado.

“Las reglas básicas establecidas para el análisis de trazas e indicadas a continuación deberían ser seguidas para el procedimiento completo de análisis” <sup>(149)</sup>.

El procedimiento analítico debe ser el más sencillo posible (el mínimo de manipulación).

Los análisis se realizan en un ambiente especialmente acondicionado, limpio, para minimizar el riesgo de contaminación.

La necesario que para la manipulación de la muestra los guantes de polietileno deben estar libres de talco.

El material final que se emplee para la lectura de la muestra debe ser en lo posible lo más puro e inerte. Este requisito se logra empleando cuarzo, teflón, polietileno y polipropileno.

El equipo o instrumento y los las celdas o recipientes deben limpiarse rigurosamente para que los valores del blanco sean nulos o mínimos y reducir así la absorción de las paredes de las celdas y alteración de los resultados.

Deben utilizarse los reactivos con el grado analítico correspondiente y agua de alta pureza.

Todos los pasos del proceso analítico deben ser monitoreadas y probarse mediante el análisis de los estándares apropiados y de blancos correspondientes <sup>(149, 151)</sup>.

### Espectrometría de absorción atómica de flama, llama (**FAAS**)

La solución ya preparada se aspira e inyecta usando un nebulizador dentro de la llama de aire/acetileno o  $N_2O$ /acetileno donde el solvente es evaporado y los compuestos iónicos se separan en átomos. La FAAS no es muy sensible a las alteraciones de la matriz, aunque pueden ocurrir interferencias. “Las interferencias de ionización se encuentran cuando el grado de ionización del analito en la llamarada es diferente para las muestras que para los estándares debido a que los átomos e iones no absorben en la misma línea espectral”. Estas interferencias afectan la determinación de los elementos alcalinos y alcalinos térreos. Las interferencias químicas en la FAAS son generadas comúnmente por los aniones que forman compuestos de baja volatilidad como por ejemplo óxidos refractarios (boro, aluminio, hierro o vanadio), fosfatos y sulfatos (magnesio, calcio). “La FAAS es probablemente la técnica más ampliamente utilizada para el análisis de metales en alimentos debido a su simplicidad, alto rendimiento de muestras y el costo relativamente bajo de su instrumentación”. Permite determinar la concentración de la mayoría de los elementos en los alimentos en el intervalo de “mg/kg con una precisión de 0,3-1% (a absorbancias  $> 0,1-0,2$ ) y una exactitud de aproximadamente 0,5-5%” <sup>(149)</sup>.

### Espectrofotometría de absorción atómica por generación de hidruros (**HGAAS**)

La técnica de HGAAS permite determinar aquellos elementos que forman hidruros volátiles, tales como arsénico, bismuto, estaño y telurio. El analito es convertido a su forma reducida, su hidruro volátil es arrastrado mediante flujo de gas a una celda de cuarzo caliente, donde se descompone y atomiza. La descomposición del analito reduce notoriamente las interferencias de la matriz de manera sin esta perturbación se determinan niveles de concentración de  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Si el tamaño de la muestra es un inconveniente, puede utilizarse inyección de flujo que permite utilizar volúmenes de muestra tan pequeños como 100  $\mu\text{L}$ . El método tiene sus desventajas, es necesario un tratamiento especial posterior a la digestión de la muestra y así obtener el estado de oxidación adecuado (por ejemplo,  $\text{Se}^{+4}$ ) para la formación del hidruro respectivo. Ciertos metales (por ejemplo cobre, hierro) pueden interferir con la formación del hidruro <sup>(149)</sup>.

### Espectrometría de absorción atómica de horno de grafito (**GFAAS**)

El desarrollo de atomizadores de grafito en barras ha ampliado la capacidad de detección de la AAS a un mayor rango de elementos alcanzando un límite de detección que alcanza los  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . El volumen de la muestra en solución típicamente es 5-100  $\mu\text{L}$  se inyecta a un tubo de grafito de 3-5 cm de longitud, posteriormente se calienta eléctricamente en etapas para generar el vapor atómico del analito. La secuencia de calentamiento, comprende una primera etapa de secado para evaporar el solvente (70-120°C); una etapa de "incineración" (o calcinación) para eliminar la materia orgánica o los componentes volátiles de la matriz (350-1250°C); una etapa final de atomización (2000-3000°C). El proceso de limpieza se efectúa a temperatura máxima a fin de eliminar el analito remanente. "Se requiere de una optimización cuidadosa de todos los parámetros del calentamiento durante el desarrollo de un método para obtener resultados reproducibles y exactos" <sup>(149)</sup>.

### 2.3.9 Espectrofotometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente (**ICP-AES/EOS**)

La ICP-AES/EOS es diferente a la espectrofotometría, fluorometría y AAS por ser una técnica que permite el análisis simultáneo de un gran número de elementos, multielementos. Se fundamenta en "la medición de la radiación de la línea espectral emitida por átomos excitados en un plasma de Ar generado por calentamiento inductivo con un campo electromagnético de alta frecuencia. Los principales componentes de un instrumento ICP-AES son la antorcha plasmática, el nebulizador y el policromador" <sup>(149)</sup>.

El policromador tiene por objetivo separar las líneas espectrales de los diferentes elementos. Pueden distinguirse dos tipos de instrumentos de ICP-AES:

- los espectrofotómetros de lectura directa poseen varias ranuras o slits de detección alineadas previamente, éstas nos permiten detectar en forma simultánea todos los elementos químicos de la muestra. Con este procedimiento es más difícil la confusión o superposición de las líneas analíticas de los elementos <sup>(151)</sup>.
- los espectrofotómetros secuenciales, son más flexibles y utilizan un solo canal, slit o ranura. Los diferentes elementos son identificados y cuantificados secuencialmente al rotar el monocromador. Esto emplea mucho más tiempo que el de detección simultánea <sup>(151)</sup>.

“ICP – MS, hace referencia a la técnica de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo”. Esta técnica es una variación del análisis por espectrometría de masas. Esta técnica está se emplea de manera rutinaria y estándar en laboratorios para el análisis de aguas, suelos, alimentos, muestras clínicas. “Entre sus ventajas tenemos: alta precisión, reducido coste económico y bajos límites de detección. Además de analizar el mayor número de los elementos e isótopos de la tabla periódica, de forma simultánea en menor tiempo (máximo cinco minutos), lo cual representa un aporte importante para el ámbito de acción”<sup>(151)</sup>.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Muestreo y recolección de muestras

Se adquirieron de manera completamente al azar un total de 150 unidades de huevos de codorniz (empleadas para el análisis) en diversos lugares. En supermercados se adquirieron los empaques que contienen 15 a 18 unidades de las cuales se extrajeron 5.

Tabla 14. Huevos de codorniz adquiridos en mercados informales / cocidos listos para consumo, **yema**

Zona o Lugar	Nº unidades	Unid procesadas
Alrededor Morgue Central de Lima	05	1
Estación Bayovar (tren)	05	1
Alrededor UNMSM, mormones	05	1
Distrito de Ate, ambulante, cocidos	05	1
Estación VMT (tren)	05	1

Fuente: Elaboración propia, opsr.

Tabla 15. Huevos de codorniz adquiridos en mercados informales / cocidos listos para consumo, **clara o albúmina**

Zona o Lugar	Nº unidades	Unidades procesadas
Alrededor Morgue Central de Lima	05	1
Estación Bayovar (tren)	05	1
Alrededor UNMSM, mormones	05	1
Distrito de Ate, ambulante, cocidos	05	1
Estación VMT (tren)	05	1

Fuente: Elaboración propia, opsr.

Tabla 16. Alimento balanceados o pellet para aves de corral y codornices

Zona o lugar	Nº unidades	Cantidad procesada
SJL, paradero 10, marca Cogorno	0,5 kg	1,0 – 1,5 g
Purina para ponedoras, Huacho	0,5 kg	1,0 – 1,5 g
Huaral, para ponedoras	0,5 kg	1,0 – 1,5 g
Huaral, inicio	0,5 kg	1,0 – 1,5 g
Huacho, componente negro/oscurο	0,5 kg	1,0 – 1,5 g
Huacho, componente verde	0,5 kg	1,0 – 1,5 g

Fuente: Elaboración propia, opsr.

Tabla 17. Huevos de codorniz adquiridos en mercados informales / cocidos listos para consumo y/o frescos

Zona o Lugar	Nº unidades	Unidad procesada
Alrededor Morgue Central de Lima	05	1
Estación Bayovar (tren)	05	1
Alrededor UNMSM, mormones	05	1
Distrito de Ate, ambulante, cocidos	05	1
SJL, ambulante, cocidos	05	1
Chosica,	0,5 kg	1
Estación VMT (tren)	05	1
Puente Piedra	0,5 kg	1
SJL, ambulante cocidos, Caja de agua	05	1
Chancay	0,5 kg	1

Fuente: Elaboración propia, opsr

Tabla 18. Huevos de codorniz adquiridos en mercados formales, supermercados, frescos

Zona o Lugar	N° paquete con 15 a 18 unidades	Unidades procesadas
Wong, San Borja, La calera	01	1
Wong, San Borja, AVICOD	01	1
Wong, REYAL	01	1
Metro, Av Emancipación	01	1
Tottus, Av Tacna	01	1
Plaza Veá, VMT, La calera	01	1
Plaza Veá, Bells	01	1

Fuente: Elaboración propia, opsr

### 3.2 Procesamiento de muestras

El tratamiento de las muestras fue de dos maneras diferentes:

Los huevos de codorniz ya cocidos, sancochados y adquiridos a los comerciantes ambulantes en diferentes zonas de la ciudad de Lima fueron secados y pesados. Aleatoriamente se separó la yema de la clara para someterlos al proceso de mineralización húmeda.

Los huevos de codorniz adquiridos en los envases conteniendo entre 15 a 18 unidades, expendidos en los súper mercados, fueron cocidos en agua hirviente de la red doméstica. Posteriormente enfriados en baño de agua. Se les retiró la cáscara y se pesó. De igual manera, algunos huevos se eligieron para separar la yema de la clara y someterlos a mineralización independiente.

Se procedió a mineralizar yemas, claras y huevos de codorniz completos, por separado; se usó toda la yema o toda la clara o la totalidad del huevo.

Para la mineralización se empleó la mezcla llamada “agua regia” conformada por ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$  y ácido clorhídrico,  $\text{HCl}$ , ambos concentrados, depurado de iones y en la proporción de 1:3. Se emplearon 10 y 30 mL respectivamente de cada ácido. La temperatura de calentamiento no excedió los  $150^\circ\text{C}$  y el tiempo de

digestión varió entre 2 a 3 horas. El digestor empleado fue un digestor Kjeldahl, *Buchi Digestion Unit k-424*.

La solución ácida fue trasvasada cuantitativamente a una fiola de 250 mL, los tubos de Kjeldahl lavados y los remanentes trasvasados a la fiola. El agua empleada fue agua ultra pura (certificado correspondiente) y todo el material empleado fue enjuagado con este solvente.

Las soluciones fueron enviadas a los centros de análisis especializados, CENPRO y SAG, para sus análisis correspondientes.

Los resultados se presentan en los cuadros correspondientes y el análisis estadístico de los mismos en las tablas respectivas.

### 3.3 Determinación de arsénico

#### 3.3.1. Procedimiento preliminar

##### 3.3.1.1. Preparación de soluciones

###### A. Solución de KI al 3% y $C_6H_8O_6$ (ácido ascórbico, vitamina C) 5%

Pesar 6 gramos de KI y 10 gramos de ácido ascórbico, vitamina C y colocar en un matraz aforado de 200 mL, disolver y enrasar con agua destilada (ultra pura)

###### B. Solución de NaOH al 0,5%

Pesar 1 gramo de NaOH y colocar en una fiola de 200 mL. Disolver y aforar con agua des ionizada (ultra pura)

###### C. Solución de boro hidruro de sodio 1.5%

Pesar 3 gramos de boro hidruro de sodio y colocar en un matraz de 200 mL. Disolver y aforar con NaOH 0,5%

###### D. Solución de HCl al 10%

Agregar 20 mL de ácido clorhídrico concentrado purificado en un matraz aforado de 200 mL, completar y enrasar.

#### 3.3.2 Procedimiento operatorio

##### 3.3.2.1. Preparación de curva de calibración

Transferir 2 mL de la solución stock de arsénico de 1000 ppm a una fiola de 200 mL y enrasar con agua destilada (ultra pura). De la solución anterior se transfiere 1 mL a una fiola de 100 mL y se enrasa a volumen con agua ultra pura. De esta última solución se toman alícuotas de 0,5 mL, 1,25 mL, 2,5 mL, 5,0 mL, y se transfiere a matraces aforados de 25 mL. Seguidamente, se añade 2 mL de HCl concentrado

purificado y 5 ml de una solución de KI al 3% y  $C_6H_8O_6$  (ácido ascórbico, vitamina C) al 5%, dejar en reposo por 1 hora a temperatura ambiente y se enrasa a 25 mL con agua destilada (ultra pura).

#### 3.3.2.2 Preparación de solución blanco

Adicionar 2 mL de HCl purificado y 5 ml de una solución de KI al 3% y  $C_6H_8O_6$  (ácido ascórbico, vitamina C) al 5%, en una fiola de 25 mL, dejar reposar por 1 hora a temperatura ambiente y llevar a 25 mL con agua destilada (ultra pura).

#### 3.3.2.3 Preparación de la muestra

Se lleva una muestra de 5 mL de las muestras a una fiola de 25 mL y se agrega 2 mL de HCl purificado y 5 mL de una solución que contenga KI al 3% y  $C_6H_8O_6$  (ácido ascórbico, vitamina C) al 5%, posteriormente se deja reposar por 1 hora a temperatura ambiente y se lleva a 25 mL con agua destilada (ultra pura).

#### 3.3.2.4. Lectura en el espectrofotómetro

Aspirar directamente la solución blanco, patrones (estándares) y soluciones a analizar por el generador de hidruros usando como vehículo transportador una solución de HCl al 10% (V/V) y una solución de boro hidruro de sodio,  $NaHB_4$ , al 1,5%, como agente reductor, de acuerdo a las siguientes condiciones espectrofotométricas:

Tabla 19. Condiciones espectrofotométricas para arsénico

Longitud de onda	193,7 nm
Ranura	0,5 nm
Corrección de fondo	Lámpara de Deuterio (D2)
Corriente de lámpara	12 mA
Tiempo de lectura	4 s
Fuente de luz	Lámpara de cátodo hueco de As
Medida de señal	Absorbancia
Calentamiento eléctrico temperatura	900°C
Flujo de gas	200 mL/min

Fuente: Elaboración propia, opsr

Tabla 20. Curva de calibración de Arsénico

Volumen de muestra	Flujo continuo	Longitud de onda	193,7 nm	Pre tratamiento	----
Nombre		Concentración $\mu\text{L}$	(ppb)	Absorbancia	
Blanco		0		0,000	
Estándar 1		2		0,015	
Estándar 2		5		0,034	
Estándar 3		10		0,071	
Estándar 4		15		0,159	

Fuente: Elaboración propia, opsr

### 3.4 Determinación de cadmio

#### 3.4.1. Procedimiento operatorio

##### 3.4.1.1 Preparación de curva de calibración

Se preparó la curva de calibración como se indica a continuación:

Se preparó inicialmente una solución stock de 1000 ppm de cadmio. Se emplea 1 mL de este stock para preparar una solución de 10000 ppb con agua ultra pura empleando fiola de 100mL. Se emplea 1 mL de esta última solución para preparar una solución de trabajo de 100 ppb empleando un matraz aforado de 100 mL.

Posteriormente, de la solución de 100 ppb se toman alícuotas de 0.1 mL, 0.5 mL, 1 mL, 1.5 mL y 2 mL para obtener soluciones de 1,0; 5,0; 10,0; 15,0; y 20,0 ppb en fiolas de 10 mL con agua ultra pura.

##### 3.4.2 Preparación de solución blanco

Para el blanco usar agua ultra pura.

##### 3.4.3 Preparación de la muestra

Las muestras digeridas fueron filtradas y leídas directamente en el automuestreador del horno grafito

##### 3.4.4 Lectura

Transferir 1 mL de solución blanco, estándares y muestras en viales de polipropileno y colocar en el automuestreador del horno de grafito. Se

determina la concentración empleando las condiciones espectrofotométricas siguientes:

Tabla 21. Condiciones espectrofotométricas para cadmio

Longitud de onda	228,8 nm
Ranura	0,5 nm
Corrección de fondo	Lámpara de Deuterio (D2)
Corriente de lámpara	08 mA
Tubo de grafito	Normal
Fuente de luz	Lámpara de cátodo hueco de Cd
Medida de señal	Área del pico

Fuente: Elaboración propia, opsr

Tabla 22. Rampa de calentamiento del horno de grafito para cadmio

Fase	Temperatura	Tiempo, s	Rampa (°C/s)	Gas flujo
1	130	19,0	130	0,2 L/min
2	350	10,0	44	0,2 L/min
3	1200	2.0	0	Apagado
4	2500	2.0	650	0,2 L/min

Fuente: Elaboración propia, opsr

Tabla 23. Curva de calibración de Cadmio

Volumen de muestra	20µL	Longitud de onda	228,8 nm	Pre tratamiento	----
Nombre	Concentración µL (ppb)	Absorbancia			
Blanco	0	0,000			
Estándar 1	1	0,030			
Estándar 2	5	0,125			
Estándar 3	10	0,239			
Estándar 4	15	0,387			
Estándar 5	20	0,491			

Fuente: Elaboración propia, opsr

### 3.5 Determinación de mercurio

#### 3.5.1. Procedimiento preliminar

##### 3.5.1.1. Preparación de soluciones

###### A. Solución de NaOH al 0,5%

Pesar 1 gramo de NaOH y colocar en un matraz aforado de 200 mL. Disolver y aforar con agua destilada ultra pura.

###### B. Solución de boro hidruro de sodio, NaBH<sub>4</sub>, al 1,5%

Pesar 3 gramos de boro hidruro de sodio y colocar en una fiola de 200 mL. Disolver y aforar con NaOH al 0,5%

###### C. Solución de HCl al 10%

Agregar 20 mL de ácido clorhídrico concentrado purificado en un matraz aforado de 200 mL, completar con agua destilada ultra pura y homogenizar.

#### 3.5.2. Procedimiento operatorio

##### 3.5.2.1. Preparación de curva de calibración

A partir de una solución stock de 1000 ppm de mercurio se transfirió 1 mL a una fiola de 100 mL y se enrasa con agua destilada ultra pura. Se volvió a realizar una dilución empleando 1 mL de la última solución a una fiola de 100 mL y se lleva a volumen con agua destilada ultra pura. De esta última solución se extrajeron volúmenes de 0,5 mL, 1,0 mL, 1,5 mL, 2,0 mL, 2.5 mL y se transfirieron a fiolas de 25 mL respectivamente. A continuación, se adiciona 2 mL de HCl concentrado purificado y se completa a 25 mL con agua ultra pura.

##### 3.5.2.2 Obtención de la solución blanco

Se adicionó 2 mL de ácido clorhídrico purificado en una fiola de 25 mL, y se lleva a volumen con agua destilada ultra pura.

##### 3.5.2.3 Preparación de la muestra

Las muestras digeridas fueron filtradas y leídas directamente en el generador de hidruros.

##### 3.5.2.3 Lectura en el espectrofotómetro

El equipo aspiró directamente la solución blanco, estándares y muestras hacia el generador de hidruros empleando como transportador una solución de HCl al 10%

(v/v) y una solución de boro hidruro de sodio,  $\text{NaHB}_4$ , al 1,5%, como agente reductor, se sometió a las siguientes condiciones espectrofotométricas:

Tabla 24. Condiciones espectrofotométricas para mercurio

Longitud de onda	253,7 nm
Ranura	0,5 nm
Corrección de fondo	Lámpara de Deuterio (D2)
Corriente de lámpara	06 mA
Tiempo de lectura	4 s
Fuente de luz	Lámpara de cátodo hueco de Cd
Medida de señal	Absorbancia
Flujo de gas Argón	25 mL/min

Fuente: Elaboración propia, opsr

Tabla 25. Curva de calibración de Mercurio

Volumen de muestra	Flujo continuo	Longitud de onda	253,7 nm	Pre tratamiento	----
Nombre		Concentración $\mu\text{L}$	(ppb)	Absorbancia	
Blanco		0		0,000	
Estándar 1		2		0,014	
Estándar 2		4		0,024	
Estándar 3		6		0,035	
Estándar 4		8		0,046	
Estándar 5		10		0,061	

Fuente: Elaboración propia, opsr

### 3.6 Determinación de plomo

#### 3.6.1. Procedimiento preliminar

##### 3.6.1.1. Preparación de soluciones

###### A. Solución modificadora de plomo

Adicionar 2ml de fosfato de amonio 10% en una fiola de 100mL, llevar a volumen con agua ultra pura y homogenizar.

#### 3.6.2. Procedimiento operatorio

##### 3.6.2.1 Preparación de curva de calibración

Se preparó las soluciones de concentración conocida como indica a continuación:

Desde una solución stock de 1000 ppm de plomo se midió 1mL y se colocó en un matraz de 100 mL, enrasándose con agua destilada ultra pura, para obtener una solución de 10000 ppb de plomo. Se emplearon 0,05, 0,15, 0,10, 0,20 y 0,30mL para preparar soluciones de 50, 100, 150, 200 y 300 ppb respectivamente, empleando fiolas de 10 mL y enrasando con agua destilada ultra pura.

3.6.2.2 Preparación de solución blanco Para el blanco usar agua ultra pura.

##### 3.6.2.3 Preparación de la muestra

Las muestras digeradas fueron filtradas y leídas en el automuestreador del horno grafito.

##### 3.6.2.4 Lectura

Transferir 500  $\mu$ L de solución blanco, estándares y muestras en un vial de polipropileno, adicionar 500  $\mu$ L de solución modificadora de matriz luego homogenizar. Finalmente, se colocaron los viales en el automuestreador del horno de grafito y se leyó bajo las siguientes condiciones espectrofotométricas:

Tabla 26. Condiciones espectrofotométricas para plomo

Longitud de onda	217,0 nm
Ranura	1,0 nm
Corrección de fondo	Lámpara de Deuterio (D2)
Corriente de lámpara	10 mA
Tubo de grafito	Normal
Fuente de luz	Lámpara de cátodo hueco de Pb
Medida de señal	Absorbancia

Fuente: Elaboración propia, opsr

Tabla 27. Rampa de calentamiento del horno de grafito para plomo

Fase	Temperatura	Tiempo, s	Rampa (°C/s)	Gas flujo
1	105	18,0	60	0,3 L/min
2	400	5,0	150	0,3 L/min
3	400	0.5	50	Apagado
4	1800	2.0	0	Apagado
5	2600	4,0	0	0,3 L/min

Fuente: Elaboración propia, opsr

Tabla 28. Curva de calibración de Plomo

Volumen de muestra	20µL	Longitud de onda	217,0 nm	Pre tratamiento	---- Absorbancia
Nombre	Concentración µL (ppb)				
Blanco	0				0,001
Estándar 1	51				0,051
Estándar 2	102				0,107
Estándar 3	150				0,153
Estándar 4	201				0,213
Estándar 5	300				0,301

Fuente: Elaboración propia, opsr

### 3.7 Tratamiento preliminar de resultados experimentales

En los cuadros que se presentan encontramos la procedencia y la masa de muestra analizada. (Columnas de la izquierda) para cada muestra de ión o metal pesado a analizar que se encontraba en un volumen final de 250 mL. Los resultados de los centros especializados de análisis son entregados en ppb ( $\mu\text{g/L}$ ) o ppm ( $\text{mg/L}$ ). (Columna con unidades en  $\mu\text{g/L}$ ). Por tanto, se hizo la corrección de dividir este resultado por 4, para normalizar la concentración dada el volumen de solución entregada y la cantidad (masa) de muestra, yema, clara, huevo completo o pellets. (Columna con unidades en  $\mu\text{g}/250\text{ mL}$ ). Esta concentración al dividirla por la masa de la muestra nos proporciona la concentración de nuestro ion a analizar o metal pesado por gramo de muestra. (Columna con  $\mu\text{g/g}$ , que equivale a  $\text{ppm} = \text{mg/L}$ )

Tabla 29. Tratamiento de las concentraciones reportadas por análisis de AA de las soluciones respectivas, para expresarse en ppm, mg/kg o  $\mu\text{g/g}$  de muestra fresca.

PARTE ANALIZADA MUESTRA	Masa, g	Plomo, ppb			Mercurio, ppb			Cadmio, ppb			Arsénico, ppb		
		$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g}/250\text{ mL}$	$\mu\text{g/g}$									
WONG San Borja	11.971	10.41	2.60	0.022	0.022	0.01	0.001	1.38	0.04	0.003	1.99	0.50	0.042

Fuente: Elaboración propia, opsr

Concentración de  $\text{Pb}^{2+}$  determinada: 10,41 ppb = 10,41  $\mu\text{g/L}$

Volumen de solución enviada analizar: 250 mL (los 11,9710 estaban contenido en 250 mL)

Concentración de  $\text{Pb}^{2+}$  en 250 mL: 10,41 / 4 = 2,60  $\mu\text{g}$  de  $\text{Pb}^{2+}$

2,60  $\mu\text{g}$ ----- 11,9710 g de huevo (total)

x ----- 1 g de huevo (total)    x = 0,022  $\mu\text{g/g}$  = 0,022  $\text{mg/kg}$  = 0,022 ppm

<p style="text-align: center;">Conc. Soluc. ----- = ... <math>\mu\text{g/g}</math> ó <math>\text{mg/kg}</math> Masa x 4</p>
---

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 RESULTADOS

4.1.1 A continuación se presentan los resultados obtenidos mediante análisis de Espectrometría de Absorción Atómica, EAA

Tabla 30. Concentración de metales pesados en huevos de codorniz, **yema, cocidos**, en  $\mu\text{g/g}$  o  $\text{mg/kg}$ , muestra fresca, determinados por EAA.

PARTE ANALIZADA	Masa, g	Masa de yema analizada, concentración en solución de análisis original, concentración final ( $\mu\text{g/g}$ )											
		Plomo, ppb			Mercurio, ppb			Cadmio, ppb			Arsénico, ppb		
MUESTRA		<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	$\mu\text{g/g}$	<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	$\mu\text{g/g}$	<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	$\mu\text{g/g}$	<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	$\mu\text{g/g}$
Morgue Central	04.4926	47.86	11.97	02.66	00.00	00.00	00.00	02.74	00.69	00.15	00.84	0.21	0.05
Bayovar estación	04.1080	11.64	02.91	00.71	00.00	00.00	00.00	01.15	00.29	00.07	00.53	0.13	0.03
San Juan Miraflores	04.1753	14.09	03.52	00.84	00.05	00.01	0.003	08.30	02.08	00.50	00.52	0.13	0.03
Ate	04.0305	185.49	46.40	11.51	00.07	00.02	0.005	03.28	00.82	00.20	00.00	00.0	00.0
UNMSM	04.175	00.00	00.00	00.00	00.08	00.02	0.005	08.59	02.15	00.51	00.46	0.12	0.03

Fuente: Elaboración propia, opsr

Concentración de  $\text{As}^{3+}$  : min: 0.030 , máx: 0,050 ; Prom. = 0,028 ; DS = 0,018

Concentración de  $\text{Cd}^{2+}$  : min: 0.020 , máx: 0,800 ; Prom. 0,286; DS = 0,205

Concentración de  $\text{Hg}^{2+}$  : min: 0.002 , máx: 0,005 ; Prom. = 0,003; DS = 0,0025

Concentración de  $\text{Pb}^{2+}$  : min: 0.710 ; máx: 11,510 ; Prom. = 3,144; DS 4,778

Tabla 31. Concentración de metales pesados en huevos de codorniz, **clara o albúmina, cocidos**, en  $\mu\text{g/g}$  o  $\text{mg/kg}$ , muestra fresca, determinados por EAA

PARTE ANALIZADA	Masa, g	Masa de clara o albúmina analizada, concentración en solución de análisis original, concentración final ( $\mu\text{g/g}$ )											
		Plomo, ppb		Mercurio, ppb				Cadmio, ppb		Arsénico, ppb			
		$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g}/250\text{ mL}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g}/250\text{ mL}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g}/250\text{ mL}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g}/250\text{ mL}$	$\mu\text{g/g}$
MUESTRA													
Morgue Central	07.253	08.52	02.13	00.29	00.00	00.00	00.00	02.91	00.73	00.10	00.74	00.20	00.03
Bayovar estación	08.828	272.58	68.15	07.72	00.19	00.05	00.01	03.19	00.80	00.09	00.65	00.16	00.02
San Juan Miraflores	06.0525	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	05.45	01.36	00.23	00.00	00.00	00.00
Ate	06.554	106.96	26.74	04.08	00.54	00.14	00.02	15.73	03.93	00.60	00.58	00.15	00.02
UNMSM	06.052	200.98	50.25	08.30	00.87	00.22	00.04	00.99	00.25	00.04	00.72	00.18	00.03

**Fuente: Elaboración propia.**

Concentración de  $\text{As}^{3+}$  : min: 0.020 , máx: 0,030

Concentración de  $\text{Cd}^{2+}$  : min: 0.090 , máx: 0,600

Concentración de  $\text{Hg}^{2+}$  : min: 0.010 , máx: 0,040

Concentración de  $\text{Pb}^{2+}$  : min: 0.290 , máx: 8,300

Tabla 32. Concentración de metales pesados en pellets o alimento balanceado, en  $\mu\text{g/g}$  o  $\text{mg/kg}$ , muestra fresca, determinados por EAA.Masa de pellet o alimento balanceado, concentración en solución de análisis original, concentración final ( $\mu\text{g/g}$ )

PARTE ANALIZADA	Masa, g	Plomo, ppb			Mercurio, ppb			Cadmio, ppb			Arsénico, ppb		
		<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	<i>ug/g</i>	<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	<i>ug/g</i>	<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	<i>ug/g</i>	<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	<i>ug/g</i>
MUESTRA													
COGORNO	1.0095	00.00	00.00	00.00	00.41	00.10	00.10	1.63	0.40	0.40	00.00	00.00	00.00
PURINA ponedor	1.5410	00.00	00.00	00.00	00.41	00.10	00.06	3.30	0.82	0.53	00.00	00.00	00.00
HUARAL poned	0.8542	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	1.24	0.31	0.36	03.91	01.00	01.17
COGORNO verd	0.9422	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	1.71	0.43	0.45	00.40	00.10	00.11
PELLET negro	1.5875	54.95	13.74	08.65	00.00	00.00	00.00	1.15	0.29	0.18	02.65	00.66	00.42
INICIO Huaral	0.8727	00.00	00.00	00.00	00.11	00.03	00.03	1.48	0.37	0.42	00.55	00.14	00.16
BALANCEADO H	1.7517	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	1.00	0.25	0.14	00.00	00.00	00.00

Fuente: Elaboración propia, opsr

Concentración de  $\text{As}^{3+}$  : min: 0.110 , máx: 1,170Concentración de  $\text{Cd}^{2+}$  : min: 0.140 , máx: 1,810Concentración de  $\text{Hg}^{2+}$  : min: 0.010 , máx: 0,100Concentración de  $\text{Pb}^{2+}$  : min: 0.000 , máx: 8,650

Tabla 33. Concentración de metales pesados en huevos de codorniz, muestra total, SUPER MERCADOS, CRUDOS, en  $\mu\text{g/g}$  o  $\text{mg/kg}$ , muestra fresca, determinados por EAA

PARTE ANALIZADA	Masa, g	Masa de huevos, concentración en solución de análisis original, concentración final ( $\mu\text{g/g}$ )											
		Plomo, ppb			Mercurio, ppb			Cadmio, ppb			Arsénico, ppb		
		<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	<i>ug/g</i>	<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	<i>ug/g</i>	<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	<i>ug/g</i>	<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	<i>ug/g</i>
MUESTRA													
WONG San Bor	11.971	10.41	2.60	0.220	0.022	0.001	0.001	1.38	0.04	0.030	1.99	0.50	0.042
WONG, AVICOD	10.370	64.13	16.03	1.545	0.78	0.200	0.019	0.61	0.15	0.015	0.74	0.19	0.018
WONG, REYAL	9.9725	24.17	6.04	0.605	0.99	0.250	0.025	0.56	0.14	0.014	0.75	0.19	0.019
PVEA, La Calera	10.640	169.26	42.32	3.98	0.70	0.180	0.017	6.12	1.53	0.140	0.80	0.20	0.019
PVEA, BELLs	10.591	224.61	56.15	5.30	0.66	0.170	0.016	2.02	0.51	0.048	0.00	0.00	0.000
METRO, Av Emc	10.510	313.10	78.27	7.45	0.93	0.230	0.022	0.55	0.14	0.013	0.36	0.09	0.009
TOTTUS, Av Tac	10.571	00.00	00.00	00.00	0.24	0.060	0.006	0.52	0.13	0.012	0.47	0.12	0.011

Fuente: Elaboración propia, opsr

Concentración de  $\text{As}^{3+}$  : min: 0.011 , máx: 0,042

Concentración de  $\text{Cd}^{2+}$  : min: 0.003 , máx: 0,048

Concentración de  $\text{Hg}^{2+}$  : min: 0.001 , máx: 0,025

Concentración de  $\text{Pb}^{2+}$  : min: 0.022 , máx: 7,447

WONG: Av Javier Prado y Av Aviación

PVEA: Villa María del Triunfo

METRO: Av de la Emancipación

TOTTUS: Av. Tacna

Tabla 34. Concentración de metales pesados en huevos de codorniz, muestra total, **venta ambulatoria**, CRUDOS, en  $\mu\text{g/g}$  o  $\text{mg/kg}$ , muestra fresca, determinados por EAA

PARTE ANALIZADA	Masa, g	Masa de huevos, concentración en solución de análisis original, concentración final ( $\mu\text{g/g}$ )											
		Plomo, ppb			Mercurio, ppb			Cadmio, ppb			Arsénico, ppb		
		<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	<i>ug/g</i>	<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	<i>ug/g</i>	<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	<i>ug/g</i>	<i>ug/l</i>	<i>ug/250 mL</i>	<i>ug/g</i>
MUESTRA													
CHOSICA	11.107	72.51	18.13	1.632	0.44	0.11	00.010	1.00	0.25	0.023	00.00	00.00	00.00
CHANCA Y	11.966	00.00	00.00	00.00	0.02	0.01	00.001	0.62	0.16	0.013	00.00	00.00	00.00
VMT, Estac Tren	11.490	110.33	27.58	2.400	0.87	0.22	00.019	0.56	0.14	0.012	00.54	0.14	0.012
PUENTE PIEDR	10.143	5.69	1.42	0.140	00.00	00.00	00.000	0.95	0.24	0.023	00.00	00.00	00.00
SJL Ayala	12.644	258.22	6.45	5.100	00.00	00.00	00.000	0.76	0.19	0.015	00.00	00.00	00.00
CHOSICA, Alcar	10.648	37.64	9.41	0.884	00.00	00.00	00.000	0.73	0.18	0.017	00.00	00.00	00.00
MORGUE cent	11.745	56.38	14.09	1.200	00.00	00.00	00.000	5.65	1.413	0.120	01.58	00.39	0.0340
BAYOVAR Estac	12.936	284.22	71.05	5.493	00.19	00.05	00.010	4.34	1.09	0.084	1.18	0.295	0.0228
SAN JUAN Miraf	10.227	14.09	03.52	0.344	00.05	00.01	00.001	13.75	3.44	0.336	0.52	0.13	0.0127
ATE mercado	10.584	292.45	73.11	6.907	00.61	00.15	00.014	19.01	4.75	0.448	0.58	0.145	0.0137
UNMSM alred	10.227	200.98	50.24	4.913	00.95	00.24	00.023	9.58	2.39	0.234	1.18	0.295	0.0288

Fuente: Elaboración propia, opsr

Concentración de  $\text{As}^{3+}$  : min: 0.012 , máx: 0,034

Concentración de  $\text{Cd}^{2+}$  : min: 0.084 , máx: 0,448

Concentración de  $\text{Hg}^{2+}$  : min: 0.001 , máx: 0,023

Concentración de  $\text{Pb}^{2+}$  : min: 0.140 , máx: 6,907

#### 4.1.2 A continuación se presentan los resultados obtenidos mediante análisis de Plasma Acoplado Inductivamente, ICP óptico (VER ANEXO3)

Tabla 35. Concentración de iones contenidos en huevos de codorniz, yema, cocidos, de venta ambulatoria, mediante ICP, Método EPS 200.7, Rev.4.4 EMMC Versión /1994. Determinación de metales y elementos traza en agua y desperdicios por Espectrometría de Emisión Atómica – Plasma Acoplado Inductivamente.

Producto declarado	Agua de proceso	Agua de proceso	Agua de proceso	Agua de proceso
Fecha de muestreo				
Hora de inicio de muestreo				
Condiciones de la muestra	Digerida	Digerida	Digerida	Digerida
Código del cliente	Morgue central	Estación Bayovar	San Juan de Miraflores	USM
Factor de corrección	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)
Código del laboratorio	0691 4,4926 g	0693 4,108 g	0695 4,1753 g	0708 4,1735
Factor de conversión a mg/kg o ppm	0,0556	0,0608	0,0599	0,0599

	L.D.M.	Unidades	RESULTADOS, mg/g de yema			
METALES TOTALES						
Plata, Ag	0,0007	mg/L	0,000134	0,000487	0,011397	0,000072
Aluminio, Al	0,01	mg/L	0,006122	0,007912	0,012574	0,063590
Arsénico, As	0,001	mg/L	0,000222	0,000122	< 0,001	0,000060
Boro, B	0,002	mg/L	0,008069	0,012233	0,026048	0,027000
Bario, Ba	0,002	mg/L	0,004118	0,005000	0,004671	0,005339
Berilio, Be	0,0003	mg/L	0,000016	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
Calcio, Ca	0,05	mg/L	1,512010	1,50000	1,680832	1,848900
Cadmio, Cd	0,0004	mg/L	0,000028	< 0,0004	< 0,0004	0,000089
Cerio, Ce	0,002	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto, Co	0,0005	mg/L	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,000060
Cromo, Cr	0,0004	mg/L	0,001174	0,001588	0,006646	0,019893
Cobre, Cu	0,0007	mg/L	0,001480	0,001351	0,001467	0,001842
Hierro, Fe	0,002	mg/L	0,082863	0,070540	0,094849	0,141000
Mercurio, Hg	0,001	mg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Potasio, K	0,04	mg/L	0,910434	0,912291	1,019756	0,909881
Litio, Li	0,003	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Magnesio, Mg	0,04	mg/L	0,129108	0,141195	0,169460	0,166522
Manganeso, Mn	0,0005	mg/L	0,001035	0,002930	0,002548	0,002264
Molibdeno, Mo	0,002	mg/L	0,000222	< 0,002	0,000179	0,000479
Sodio, Na	0,02	mg/L	0,561509	0,522178	0,692213	0,674474
Níquel, Ni	0,0006	mg/L	0,000551	0,000979	0,003784	0,007799
Fósforo, P	0,003	mg/L	3,65160	3,65160	3,65160	3,65160
Plomo, Pb	0,0005	mg/L	0,001475	0,000170	0,000281	0,000329
Antimonio, Sb	0,002	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Selenio, Se	0,003	mg/L	0,000723	0,000547	0,000479	0,000659
Silicio, SiO <sub>2</sub>	0,03	mg/L	0,159716	0,158236	0,203592	0,037557
Estaño, Sn	0,001	mg/L	0,000278	0,000183	0,000299	0,000299
Estroncio, Sr	0,001	mg/L	0,001502	0,001522	0,002155	0,005331
Titanio, Ti	0,0003	mg/L	0,000462	0,000413	0,000449	0,000851
Talio, Tl	0,003	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Vanadio, V	0,0004	mg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004
Zinc, Zn	0,002	mg/L	0,043240	0,05160	0,043054	0,040912

Fuente: Elaboración propia, opsr

**Agua de proceso:** solución nítrico-clorhídrica correspondiente a la digestión húmeda (mineralización) de las muestras de huevos de codorniz, pellets o piensos.

Agua de proceso es el nombre genérico con el cual se entregaron las muestras para su análisis por ICP-

Tabla 36. Concentración de iones contenidos en huevos de codorniz, clara, cocidos, de venta ambulatória, mediante ICP, Método EPS 200.7, Rev.4.4 EMMC Versión /1994. Determinación de metales y elementos traza en agua y desperdicios por Espectrometría de Emisión Atómica – Plasma Acoplado Inductivamente.

Producto declarado	Agua de proceso	Agua de proceso	Agua de proceso	Agua de proceso	Agua de proceso
Fecha de muestreo					
Hora de inicio de muestreo					
Condiciones de la muestra	Digerida	Digerida	Digerida	Digerida	
Código del cliente	Morgue central	Estación Bayovar	San Juan de Miraflores	ATE	USM
Factor de corrección,	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)
Código del laboratorio	0690 7,253 g	0692 8,828 g	0694 6,605 g	0700 6,554 g	0709 6,0525 g
Factor de conversión a mg/kg o ppm	0.0345	0.02832	0.04130	0.03814	0.0413

	L.D.M.	Unidades	RESULTADOS mg/g clara				
METALES TOTALES							
Plata, Ag	0,0007	mg/L	0,001682	0,000260	0,000066	0,000072	0,000223
Aluminio, Al	0,01	mg/L	0,004136	0,004531	0,009086	0,007628	0,007434
Arsénico, As	0,001	mg/L	0,0000347	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Boro, B	0,002	mg/L	0,007135	0,004531	0,014950	0,014035	0,015529
Bario, Ba	0,002	mg/L	0,001275	0,001189	0,004832	0,001763	0,002189
Berilio, Be	0,0003	mg/L	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,003
Calcio, Ca	0,05	mg/L	0,147532	0,098270	0,149506	0,157114	0,231280
Cadmio, Cd	0,0004	mg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	0,000023	< 0,0004
Cerio, Ce	0,002	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,000076	< 0,002
Cobalto, Co	0,0005	mg/L	< 0,0005	< 0,0005	0,000029	0,000046	< 0,0005
Cromo, Cr	0,0004	mg/L	0,010137	0,001435	0,005811	0,006033	0,001433
Cobre, Cu	0,0007	mg/L	0,000854	0,000578	0,000747	0,000709	0,000706
Hierro, Fe	0,002	mg/L	0,048361	0,011129	0,033453	0,035737	0,010325
Mercurio, Hg	0,001	mg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Potasio, K	0,04	mg/L	1,469800	1,344637	1,396353	1,308202	1,620612
Litio, Li	0,003	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Magnesio, Mg	0,04	mg/L	0,083762	0,088075	0,080122	0,097257	0,094164
Manganeso, Mn	0,0005	mg/L	0,000879	0,000175	0,000661	0,000644	0,000177
Molibdeno, Mo	0,002	mg/L	0,000103	< 0,002	< 0,002	0,000076	< 0,002
Sodio, Na	0,02	mg/L	1,610783	1,776797	1,134924	1,465339	1,493408
Níquel, Ni	0,0006	mg/L	0,004808	0,000645	0,003692	0,003223	0,000834
Fósforo, P	0,003	mg/L	0,246840	0,194417	0,154132	0,201341	0,187213
Plomo, Pb	0,0005	mg/L	0,000214	0,000116	0,000107	0,000267	0,000128
Antimonio, Sb	0,002	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Selenio, Se	0,003	mg/L	0,000103	0,000288	0,000248	0,000191	0,000165
Silicio, SiO <sub>2</sub>	0,03	mg/L	0,113406	0,089491	0,306446	0,268124	0,186263
Estaño, Sn	0,001	mg/L	0,000069	0,000142	0,000124	0,000152	0,000206
Estroncio, Sr	0,001	mg/L	0,000345	0,000311	0,000578	0,000534	0,000496
Titanio, Ti	0,0003	mg/L	0,000148	0,000172	0,000169	0,000229	0,000244
Talio, Tl	0,003	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Vanadio, V	0,0004	mg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	0,000015	< 0,0004
Zinc, Zn	0,002	mg/L	0,002620	0,004446	0,002726	0,000427	0,005534

Fuente: Elaboración propia, opsr

**Agua de proceso:** solución nítrico-clorhídrica correspondiente a la digestión húmeda (mineralización) de las muestras de huevos de codorniz, pellets o piensos.

Agua de proceso es el nombre genérico con el cual se entregaron las muestras para su análisis por ICP-

Tabla 37. Concentración de iones contenidos en pellets y alimento balanceado, de venta ambulatoria, mediante ICP, Método EPS 200.7, Rev.4.4 EMMC Versión /1994. Determinación de metales y elementos traza en agua y desperdicios por Espectrometría de Emisión Atómica – Plasma Acoplado Inductivamente.

Producto declarado	Agua de proceso	Agua de proceso	Agua de proceso	Agua de proceso	Agua de proceso
Fecha de muestreo					
Hora de inicio de muestreo					
Condiciones de la muestra	Digerida	Digerida	Digerida	Digerida	
Código del cliente	COGORNO	PURINA ponedora	Hualal ponedora	COGORNO puntos verdes	PELLETS puntos negros
Factor de corrección,	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)
Código del laboratorio	0690 1,0095 g	0692 1,541g	0694 0,8542 g	0700 0,9422 g	0709 1,5875 g
Factor de conversión a mg/kg o ppm	0.2500	0.1622	0.8542	0.26534	0.1575

	L.D.M.	Unidades	RESULTADOS				
METALES TOTALES							
Plata, Ag	0,0007	mg/L	< 0,0007	< 0,0007	< 0,0007	< 0,0007	< 0,0007
Aluminio, Al	0,01	mg/L	0,143637	0,142762	0,398031	0,493532	0,157480
Arsénico, As	0,001	mg/L	0,000247	0,000811	0,000585	0,001857	0,129134
Boro, B	0,002	mg/L	0,060179	0,0447755	0,077850	0,066335	0,061889
Bario, Ba	0,002	mg/L	0,033433	0,036340	0,022536	0,200600	0,120315
Berilio, Be	0,0003	mg/L	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,003	< 0,0003
Calcio, Ca	0,05	mg/L	27,642693	15,780112	27,876818	70,646775	12,617297
Cadmio, Cd	0,0004	mg/L	< 0,0004	0,000486	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004
Cerio, Ce	0,002	mg/L	< 0,002	0,000486	0,001463	0,000531	< 0,002
Cobalto, Co	0,0005	mg/L	< 0,0005	0,000973	< 0,0005	0,000186	0,000945
Cromo, Cr	0,0004	mg/L	3,021330	0,001087	0,003571	0,003980	0,000921
Cobre, Cu	0,0007	mg/L	0,016419	0,009717	0,005824	0,009740	0,012567
Hierro, Fe	0,002	mg/L	0,223876	0,195162	0,313742	0,433300	0,181732
Mercurio, Hg	0,001	mg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Potasio, K	0,04	mg/L	8,816340	8,813956	6,564588	11,576784	8,804707
Litio, Li	0,003	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,000796	< 0,003
Magnesio, Mg	0,04	mg/L	1,391793	2,035986	1,398963	3,261029	2,773223
Manganeso, Mn	0,0005	mg/L	0,096856	0,064308	0,068894	0,092444	0,095795
Molibdeno, Mo	0,002	mg/L	0,019812	0,005691	0,001463	0,002122	0,000630
Sodio, Na	0,02	mg/L	1,072325	1,453581	1,132633	1,756551	1,792122
Níquel, Ni	0,0006	mg/L	0,002600	0,002157	0,002722	0,002653	0,002126
Fósforo, P	0,003	mg/L	6,326220	5,391227	5,124944	8,144080	6,609278
Plomo, Pb	0,0005	mg/L	0,0018326	0,001606	0,001726	0,001831	0,000535
Antimonio, Sb	0,002	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Selenio, Se	0,003	mg/L	0,001981	0,003407	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Silicio, SiO <sub>2</sub>	0,03	mg/L	1,265492	1,148588	2,118931	2,013931	1,984248
Estaño, Sn	0,001	mg/L	0,000495	< 0,001	< 0,001	0,000265	0,000015
Estroncio, Sr	0,001	mg/L	0,020060	0,047371	0,031901	0,086766	0,025354
Titanio, Ti	0,0003	mg/L	0,004012	0,611607	0,011765	0,017061	0,012598
Talio, Tl	0,003	mg/L	0,000991	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Vanadio, V	0,0004	mg/L	0,000916	0,000129	0,001785	0,002865	0,000268
Zinc, Zn	0,002	mg/L	0,083458	0,064235	0,083410	0,076683	0,101260

Fuente: Elaboración propia, opsr

**Agua de proceso:** solución nítrico-clorhídrica correspondiente a la digestión húmeda (mineralización) de las muestras de huevos de codorniz, pellets o piensos.

Agua de proceso es el nombre genérico con el cual se entregaron las muestras para su análisis por ICP-

Tabla 38. Concentración de iones contenidos en huevo de codorniz de venta en supermercados, mediante ICP, Método EPS 200.7, Rev.4.4 EMMC Versión /1994. Determinación de metales y elementos traza en agua y desperdicios por Espectrometría de Emisión Atómica – Plasma Acoplado Inductivamente.

Producto declarado	Agua de proceso	Agua de proceso	Agua de proceso	Agua de proceso
Matriz analizada				
Fecha de muestreo				
Hora de inicio de muestreo				
Condiciones de la muestra	Digerida	Digerida	Digerida	Digerida
Código del cliente	WONG San Borja	WONG Avicod	WONG reyall	TOTTUS
Factor de corrección,	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)
Código del laboratorio	0705 11,971 g	0704 10,370 g	0703 9.9725 g	0706 10,571 g

	L.D.M.	Unidades	RESULTADOS			
METALES TOTALES						
Plata, Ag	0,0007	mg/L	0,000129	0,000154	0,000173	0,000151
Aluminio, Al	0,01	mg/L	0,001881	0,001205	0,002000	0,001655
Arsénico, As	0,001	mg/L	0,000036	< 0,001	< 0,001	0,000071
Boro, B	0,002	mg/L	0,002111	0,001808	0,004237	0,003737
Bario, Ba	0,002	mg/L	0,002027	0,001760	0,001028	0,002081
Berilio, Be	0,0003	mg/L	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
Calcio, Ca	0,05	mg/L	0,569525	0,534760	0,583263	0,53449
Cadmio, Cd	0,0004	mg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004
Cerio, Ce	0,002	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto, Co	0,0005	mg/L	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Cromo, Cr	0,0004	mg/L	0,000685	0,000224	0,000258	0,000123
Cobre, Cu	0,0007	mg/L	0,001066	0,000700	0,000802	0,000832
Hierro, Fe	0,002	mg/L	0,028925	0,020879	0,028229	0,018660
Mercurio, Hg	0,001	mg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Potasio, K	0,04	mg/L	1,161000	1,042757	1,387624	1,125740
Litio, Li	0,003	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Magnesio, Mg	0,04	mg/L	0,079000	0,082215	0,084737	0,083484
Manganeso, Mn	0,0005	mg/L	0,000378	0,000277	0,000346	0,000307
Molibdeno, Mo	0,002	mg/L	0,000084	< 0,002	0,000050	0,000710
Sodio, Na	0,02	mg/L	1,245640	1,089050	1,211131	1,262910
Níquel, Ni	0,0006	mg/L	0,000570	0,000323	0,000418	0,000333
Fósforo, P	0,003	mg/L	> 60	> 60	> 60	> 60
Plomo, Pb	0,0005	mg/L	0,000079	0,000043	0,000050	0,000473
Antimonio, Sb	0,002	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Selenio, Se	0,003	mg/L	0,000502	0,000433	0,000526	0,000449
Silicio, SiO <sub>2</sub>	0,03	mg/L	0,070224	0,082697	0,116325	0,090106
Estaño, Sn	0,001	mg/L	0,000167	0,000145	0,000175	0,000165
Estroncio, Sr	0,001	mg/L	0,000920	0,000578	0,000551	0,000828
Titanio, Ti	0,0003	mg/L	0,000127	0,000115	0,000133	0,000132
Talio, Tl	0,003	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Vanadio, V	0,0004	mg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004
Zinc, Zn	0,002	mg/L	0,016720	0,013646	0,017123	0,015018

Fuente: Elaboración propia, opsr

WONG: Av Javier Prado y Av Aviación

PVEA: Villa María del Triunfo

METRO: Av de la Emancipación

TOTTUS: Av. Tacna

**Agua de proceso:** solución nítrico-clorhídrica correspondiente a la digestión húmeda (mineralización) de las muestras de huevos de codorniz, pellets o piensos.

Agua de proceso es el nombre genérico con el cual se entregaron las muestras para su análisis por ICP-

Tabla 39. Concentración de iones contenidos en huevo de codorniz de venta en supermercados, mediante ICP, Método EPS 200.7, Rev.4.4 EMMC Versión /1994. Determinación de metales y elementos traza en agua y desperdicios por Espectrometría de Emisión Atómica – Plasma Acoplado Inductivamente.

Producto declarado	Agua de proceso	Agua de proceso	Agua de proceso
Matriz analizada			
Fecha de muestreo			
Hora de inicio de muestreo			
Condiciones de la muestra	Digerida	Digerida	Digerida
Código del cliente	PVEA BELLs	METRO Av Emcp	Puente Piedra
Factor de corrección,	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)
Código del laboratorio	0701 10,591 g	0702 10,510 g	0688 10,143 g

	L.D.M.	Unidades	RESULTADOS		
METALES TOTALES					
Plata, Ag	0,0007	mg/L	0,000352	0,000181	< 0,0007
Aluminio, Al	0,01	mg/L	0,003304	0,002142	0,002465
Arsénico, As	0,001	mg/L	< 0,001	0,000024	< 0,001
Boro, B	0,002	mg/L	0,007316	0,003475	0,004387
Bario, Ba	0,002	mg/L	0,003304	0,025942	0,001109
Berilio, Be	0,0003	mg/L	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
Calcio, Ca	0,05	mg/L	0,583864	0,589050	0,609287
Cadmio, Cd	0,0004	mg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004
Cerio, Ce	0,002	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto, Co	0,0005	mg/L	< 0,0005	< 0,0005	0,000017
Cromo, Cr	0,0004	mg/L	0,003186	0,000324	0,002364
Cobre, Cu	0,0007	mg/L	0,000788	0,001021	0,000820
Hierro, Fe	0,002	mg/L	0,032615	0,034177	0,033619
Mercurio, Hg	0,001	mg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Potasio, K	0,04	mg/L	1,354404	1,346604	1,710050
Litio, Li	0,003	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Magnesio, Mg	0,04	mg/L	0,078352	0,081872	0,089224
Manganeso, Mn	0,0005	mg/L	0,000328	0,000474	0,000539
Molibdeno, Mo	0,002	mg/L	0,000047	< 0,002	0,000098
Sodio, Na	0,02	mg/L	1,181652	1,153110	1,116780
Níquel, Ni	0,0006	mg/L	0,000253	0,000490	0,001698
Fósforo, P	0,003	mg/L	> 60	> 60	> 60
Plomo, Pb	0,0005	mg/L	0,000068	0,000031	0,000106
Antimonio, Sb	0,002	mg/L	< 0,002	< 0,002	0,000074
Selenio, Se	0,003	mg/L	0,000448	0,000643	0,000345
Silicio, SiO <sub>2</sub>	0,03	mg/L	0,161660	0,103054	0,089717
Estaño, Sn	0,001	mg/L	0,000142	0,000190	0,000098
Estroncio, Sr	0,001	mg/L	0,000873	0,000740	0,000641
Titanio, Ti	0,0003	mg/L	0,000146	1,475600	0,000135
Talio, Tl	0,003	mg/L	0,000071	< 0,003	< 0,003
Vanadio, V	0,0004	mg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,00040
Zinc, Zn	0,002	mg/L	0,014986	0,0178024	0,016489

Fuente: Elaboración propia, opsr

WONG: Av Javier Prado y Av Aviación

PVEA: Villa María del Triunfo

METRO: Av de la Emancipación

TOTTUS: Av. Tacna

**Agua de proceso:** solución nítrico-clorhídrica correspondiente a la digestión húmeda (mineralización) de las muestras de huevos de codorniz, pellets o piensos.

Agua de proceso es el nombre genérico con el cual se entregaron las muestras para su análisis por ICP-

Tabla 40. Concentración de iones contenidos en huevo de codorniz de venta ambulatoria, mediante ICP, Método EPS 200.7, Rev.4.4 EMMC Versión /1994. Determinación de metales y elementos traza en agua y desperdicios por Espectrometría de Emisión Atómica – Plasma Acoplado Inductivamente.

Producto declarado	Agua de proceso	Agua de proceso	Agua de proceso	Agua de proceso
Matriz analizada				
Fecha de muestreo				
Hora de inicio de muestreo				
Condiciones de la muestra	Digerida	Digerida	Digerida	Digerida
Código del cliente	Chosica	SJ Lurigancho	Estación VMT	CHOSICA ALC
Factor de corrección,	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)
Código del laboratorio	0699 11,107 g	0697 12,644 g	0698 11,490 g	0696 10,648 g

	L.D.M.	Unidades	RESULTADOS			
METALES TOTALES						
Plata, Ag	0,0007	mg/L	0,000788	<0,0007	0,000367	<0,0007
Aluminio, Al	0,01	mg/L	0,002700	0,002175	0,0019584	0,002348
Arsénico, As	0,001	mg/L	0,000045	0,000059	< 0,001	0,000047
Boro, B	0,002	mg/L	0,006975	0,004824	0,004918	0,004040
Bario, Ba	0,002	mg/L	0,0003375	0,004270	0,002459	0,001690
Berilio, Be	0,0003	mg/L	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
Calcio, Ca	0,05	mg/L	0,632925	0,575760	0,569242	0,620107
Cadmio, Cd	0,0004	mg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004
Cerio, Ce	0,002	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto, Co	0,0005	mg/L	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Cromo, Cr	0,0004	mg/L	0,000047	0,000571	0,000196	0,000157
Cobre, Cu	0,0007	mg/L	0,000868	0,000711	0,000722	0,000754
Hierro, Fe	0,002	mg/L	0,020745	0,024833	0,022522	0,021461
Mercurio, Hg	0,001	mg/L	< 0,001	<0,001	< 0,001	< 0,001
Potasio, K	0,04	mg/L	1,294650	1,291376	1,183526	1,30080
Litio, Li	0,003	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Magnesio, Mg	0,04	mg/L	0,070875	0,083438	0,080294	0,092981
Manganeso, Mn	0,0005	mg/L	0,000252	0,000235	0,000335	0,000326
Molibdeno, Mo	0,002	mg/L	0,000067	0,000059	< 0,002	0,000070
Sodio, Na	0,02	mg/L	1,27845	1,241096	1,249024	1,327560
Níquel, Ni	0,0006	mg/L	0,000047	0,000439	0,000285	0,000157
Fósforo, P	0,003	mg/L	> 60	> 60	> 60	> 60
Plomo, Pb	0,0005	mg/L	0,000043	0,000051	0,000035	< 0,0005
Antimonio, Sb	0,002	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Selenio, Se	0,003	mg/L	0,000540	0,000554	0,000435	0,000564
Silicio, SiO <sub>2</sub>	0,03	mg/L	0,164700	0,094905	0,106189	0,078658
Estaño, Sn	0,001	mg/L	0,0001157	0,000098	0,000109	0,000939
Estroncio, Sr	0,001	mg/L	0,000495	0,000830	0,000566	0,000751
Titanio, Ti	0,0003	mg/L	0,000144	0,000116	0,000122	0,000139
Talio, Tl	0,003	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Vanadio, V	0,0004	mg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004
Zinc, Zn	0,002	mg/L	0,017775	0,013920	0,013820	0,016577

Fuente: Elaboración propia, opsr

**Agua de proceso:** solución nítrico-clorhídrica correspondiente a la digestión húmeda (mineralización) de las muestras de huevos de codorniz, pellets o piensos.

Agua de proceso es el nombre genérico con el cual se entregaron las muestras para su análisis por ICP-

Tabla 41. Concentración de iones contenidos en huevo de codorniz de venta ambulatoria y soluciones blanco, mediante ICP, Método EPS 200.7, Rev.4.4 EMMC Versión /1994. Determinación de metales y elementos traza en agua y desperdicios por Espectrometría de Emisión Atómica – Plasma Acoplado Inductivamente.

Producto declarado	Agua de proceso	Agua de proceso	Agua de proceso
Matriz analizada			
Fecha de muestreo			
Hora de inicio de muestreo			
Condiciones de la muestra	Digerida	Digerida	Digerida
Código del cliente	BI 1	BI 2	Chancay
Factor de corrección,	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)	(1/4) x (1/masa)
Código del laboratorio	0707 0,0000 g	0711 0,0000 g	0710 11.996 g

	L.D.M.	Unidades	RESULTADOS		
METALES TOTALES					
Plata, Ag	0,0007	mg/L	< 0,0007	0,000225	0,000367
Aluminio, Al	0,01	mg/L	0,03	0,04	0,002292
Arsénico, As	0,001	mg/L	< 0,001	< 0,0001	< 0,001
Boro, B	0,002	mg/L	0,04900	0,03725	0,006398
Bario, Ba	0,002	mg/L	0,00825	0,019000	0,001021
Berilio, Be	0,0003	mg/L	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
Calcio, Ca	0,05	mg/L	0,41	0,5475	0,560180
Cadmio, Cd	0,0004	mg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004
Cerio, Ce	0,002	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cobalto, Co	0,0005	mg/L	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Cromo, Cr	0,0004	mg/L	0,004425	0,009025	0,000348
Cobre, Cu	0,0007	mg/L	0,0009	0,000950	0,000763
Hierro, Fe	0,002	mg/L	0,0445	0,062000	0,02440
Mercurio, Hg	0,001	mg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Potasio, K	0,04	mg/L	0,0775	0,102500	1,30771
Litio, Li	0,003	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Magnesio, Mg	0,04	mg/L	0,1175	0,30000	0,077524
Manganeso, Mn	0,0005	mg/L	0,00055	0,003950	0,000263
Molibdeno, Mo	0,002	mg/L	< 0,002	< 0,002	0,000062
Sodio, Na	0,02	mg/L	0,0800	0,1475	1,168916
Níquel, Ni	0,0006	mg/L	0,0019	0,003725	0,000068
Fósforo, P	0,003	mg/L	0,0375	0,049	> 60
Plomo, Pb	0,0005	mg/L	0,001025	0,00075	0,000014
Antimonio, Sb	0,002	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Selenio, Se	0,003	mg/L	< 0,003	< 0,003	0,000396
Silicio, SiO <sub>2</sub>	0,03	mg/L	0,8375	0,905	0,157967
Estaño, Sn	0,001	mg/L	0,0005	0,00075	0,000146
Estroncio, Sr	0,001	mg/L	0,00125	0,00275	0,000625
Titanio, Ti	0,0003	mg/L	0,001175	0,001775	0,000125
Talio, Tl	0,003	mg/L	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Vanadio, V	0,0004	mg/L	< 0,0004	< 0,0004	< 0,0004
Zinc, Zn	0,002	mg/L	0,15875	0,01425	0,015005

Fuente: Elaboración propia, opsr

**Agua de proceso:** solución nítrico-clorhídrica correspondiente a la digestión húmeda (mineralización) de las muestras de huevos de codorniz, pellets o piensos.

Agua de proceso es el nombre genérico con el cual se entregaron las muestras para su análisis por ICP-

## 4.2 Análisis estadístico de resultados

### Cuantificación por Absorción Atómica

Tabla 42. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en yemas de huevos, mediante EAA

Zonas de muestreo	Contenido de metales pesados (ppm)			
	As	Cd	Hg	Pb
Morgue Central	0,050±0,002 <sup>a</sup>	0,016±0,002 <sup>c</sup>	0,000±0,000 <sup>c</sup>	2,667±0,021 <sup>b</sup>
Estación Bayovar	0,031±0,002 <sup>b</sup>	0,070±0,005 <sup>b</sup>	0,000±0,000 <sup>c</sup>	0,070±0,002 <sup>c</sup>
SJM	0,032±0,003 <sup>b</sup>	0,051±0,003 <sup>b</sup>	0,003±0,000 <sup>b</sup>	0,085±0,002 <sup>c</sup>
Ate, mercado	0,001±0,000 <sup>c</sup>	0,021±0,002 <sup>c</sup>	0,005±0,000 <sup>a</sup>	11,543±0,041 <sup>a</sup>
UNMSM, alrededor	0,031±0,002 <sup>b</sup>	0,523±0,015 <sup>a</sup>	0,005±0,000 <sup>a</sup>	0,001±0,000 <sup>d</sup>
p-valor	0,0001	0,001	0,001	0,000

Fuente: Elaboración propia, opsr

Nota: Las medias (n=3)±DS (desviación estándar) con las letras distintas en los superíndices muestran que existen diferencias significativas del contenido de metales en las muestras de yemas de huevo entre las zonas de muestreo según la prueba de Tukey empleando un intervalo de confianza al 95%.

Referencia UE: Arsénico: 0,01 ; Cadmio: 0,02 ; Mercurio: 0,02 ; Plomo: 0,05 ppm

En la tabla 42 se evidencia que, la muestra de yemas de alrededores de UNMSM tiene alto contenido de As (0,050±0,002 ppm), también un alto contenido de Cd (0,523±0,015 ppm) con respecto a las muestras de los demás lugares. Las concentraciones de Hg determinados son inferiores a 0,005 ppm. Existe diferencias significativas en el contenido de Pb, muestra proveniente del mercado de Ate contiene alto valor de Pb (11,543±0,041 ppm), seguido por la muestra proveniente de la Morgue central (2,667±0,021 ppm), la muestra de alrededores de UNMSM contiene muy baja cantidad.

Esto conduce a la deducción que el consumo de yemas de huevos de codorniz es potencialmente tóxico debido a los altos niveles de As, Cd y Pb. En el caso particular del Pb en la yema podría deberse a una alta liposolubilidad o formación de compuestos insolubles. Las concentraciones de Hg están debajo del valor 0,010 ppm.

**Tabla 43.** Contenido de As, Cd, Hg y Pb en claras de huevos mediante EAA

Zonas de muestreo	Contenido de metales pesados (ppm)			
	As	Cd	Hg	Pb
Morgue Central	0,032±0,003 <sup>a</sup>	0,014±0,004 <sup>c</sup>	0,000±0,000 <sup>d</sup>	0,292±0,005 <sup>d</sup>
Estación Bayovar	0,021±0,003 <sup>b</sup>	0,091±0,003 <sup>b</sup>	0,011±0,000 <sup>e</sup>	7,697±0,038 <sup>b</sup>
SJM	0,001±0,000 <sup>c</sup>	0,025±0,003 <sup>c</sup>	0,000±0,000 <sup>d</sup>	0,000±0,000 <sup>d</sup>
Ate, mercado	0,020±0,001 <sup>b</sup>	0,620±0,036 <sup>a</sup>	0,020±0,000 <sup>b</sup>	4,113±0,059 <sup>c</sup>
UNMSM, alrededor	0,033±0,002 <sup>a</sup>	0,042±0,003 <sup>c</sup>	0,041±0,000 <sup>a</sup>	8,367±0,116 <sup>a</sup>

Fuente: Elaboración propia, opsr

Nota: Las medias (n=3)±DS (desviación estándar) con las letras distintas en los superíndices muestran que existen diferencias significativas en el contenido de metales para las muestras de claras de huevo entre las zonas de muestreo según la prueba de Tukey a un intervalo de confianza al 95%.

Referencia UE: Arsénico: 0,01 ; Cadmio: 0,02 ; Mercurio: 0,02 ; Plomo: 0,05 ppm

En la tabla 43 se evidencian diferencias significativas en el contenido de metales pesados en las claras de huevo de codorniz. El contenido de As (0,020 a 0,032 ppm), no hay diferencia significativa entre las muestras de Morgue Central y UNMSM. El contenido de Cd de la muestra proveniente de mercados de Ate es muy alto, con 0,620 ppm, continúa la muestra de Bayovar, las muestras de Morgue central, SJM y alrededores de UNMSM son estadísticamente iguales. El contenido de Hg es variable, no detectado en algunas y entre 0,011 a 0,041 en otras superando el límite permitido. El contenido de Pb es diferente para cada muestra, siendo la muestra de alrededores de UMSM el que tuvo alto valor (8,367±0,116 ppm), seguido por la muestra de Estación de Bayovar (7,697±0,038 ppm) estadísticamente todas son diferentes.

El consumo de las yemas de codorniz de estas puede ser de elevado riesgo para el consumidor, excepto la SJM cuyos niveles de As, Cd, Hg, y Pb no superan los límites permitidos.

Se observa que las muestras provienen de lugares muy distantes de la Región Lima, para evitar así la interferencia de un mismo proveedor

Tabla 44. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en pellet o alimento balanceado mediante EAA

Marcas	Contenido de metales pesados (ppm)			
	As	Cd	Hg	Pb
Cogorno	0,000±0,000 <sup>d</sup>	0,417±0,060 <sup>b</sup>	0,110±0,020 <sup>a</sup>	0,000±0,000 <sup>b</sup>
C puntos verdes	0,127±0,031 <sup>c</sup>	0,460±0,030 <sup>b</sup>	0,000±0,000 <sup>d</sup>	0,000±0,000 <sup>b</sup>
C puntos negros	0,423±0,032 <sup>b</sup>	0,187±0,021 <sup>d</sup>	0,000±0,000 <sup>d</sup>	8,653±0,041 <sup>a</sup>
Purina ponedora	0,000±0,000 <sup>d</sup>	0,540±0,030 <sup>a</sup>	0,070±0,020 <sup>b</sup>	0,000±0,000 <sup>b</sup>
Huaral ponedora	1,167±0,032 <sup>a</sup>	0,353±0,021 <sup>c</sup>	0,000±0,000 <sup>d</sup>	0,000±0,000 <sup>b</sup>
Inicio Huaral	0,153±0,035 <sup>c</sup>	0,433±0,035 <sup>b</sup>	0,037±0,010 <sup>c</sup>	0,000±0,000 <sup>b</sup>
Balanceado Huacho	0,000±0,000 <sup>d</sup>	0,157±0,031 <sup>d</sup>	0,000±0,000 <sup>d</sup>	0,000±0,000 <sup>b</sup>

Fuente: Elaboración propia, opsr

Nota: Las medias (n=3)±DS (desviación estándar) con las letras distintas en los superíndices muestran que existen diferencias significativas en el contenido de metales para las muestras de alimento balanceado entre marcas según la prueba de Tukey a un intervalo de confianza al 95%.

Según la tabla 44, la muestra de la marca Huaral ponedora posee el mayor valor de As, seguido por C puntos negros y Cogorno no contiene. La muestra de Purina ponedora presenta el mayor valor de Cd, el menor corresponde a la muestra de C puntos negros. La muestra de Cogorno muestra el mayor contenido de Hg, 0,110 ppm; las muestras de C puntos negros, C puntos verdes, Huaral ponedora y Balanceado Huacho no contienen, en las demás muestras no es detectado. Para Pb, sólo la muestra de C puntos negros contiene alto valor 8,653 ppm, sin embargo, las demás marcas no contienen, según el método de absorción Atómica.

Las muestras de la provincia de Huaral muestran las mayores concentraciones de As y Cd, y podría deberse al contenido de estos elementos en el agua y el suelo.

Las muestras C puntos verdes y negros contienen concentraciones que superar los niveles permitidos y que podrían aumentar el potencial tóxico de esta formulación para las codornices.

La posible explicación a estos valores podría ser que los fabricantes de piensos o alimento balanceado para aves (codornices) elaboran sus productos principalmente con maíz\*, soya, trigo, etc. enteros y los mezclan con diversos componentes (aditivos) para potencial su poder alimenticio (\*As 0,03 a 0,4 y Pb 0,3 a 3,0 mg/kg).

Tabla 45. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en huevos de codorniz de supermercados, mediante EAA

Hipermercados	Contenido de metales pesados (ppm)			
	As	Cd	Hg	Pb
WONG, San Borja	0,041±0,002 <sup>a</sup>	0,026±0,006 <sup>b</sup>	0,010±0,001 <sup>c</sup>	0,220±0,010 <sup>f</sup>
WONG, Avicod	0,018±0,001 <sup>b</sup>	0,015±0,001 <sup>c</sup>	0,019±0,001 <sup>c</sup>	1,546±0,003 <sup>d</sup>
WONG, Reyal	0,019±0,001 <sup>b</sup>	0,014±0,001 <sup>c</sup>	0,025±0,001 <sup>b</sup>	0,607±0,004 <sup>e</sup>
PVEA, La Calera	0,019±0,001 <sup>b</sup>	0,014±0,001 <sup>c</sup>	0,017±0,001 <sup>c</sup>	3,976±0,004 <sup>c</sup>
PVEA, Bells	0,000±0,000 <sup>d</sup>	0,048±0,001 <sup>a</sup>	0,016±0,001 <sup>c</sup>	5,301±0,005 <sup>b</sup>
METRO, Av Emancipación	0,009±0,001 <sup>c</sup>	0,013±0,001 <sup>c</sup>	0,022±0,001 <sup>b</sup>	7,441±0,010 <sup>a</sup>
TOTTUS, Av Tacna	0,011±0,001 <sup>c</sup>	0,012±0,001 <sup>c</sup>	0,060±0,010 <sup>a</sup>	0,000±0,000 <sup>g</sup>

Fuente: Elaboración propia, opsr

Nota: Las medias (n=3)±DS (desviación estándar) con las letras distintas en los superíndices muestran que existen diferencias significativas en el contenido de metales para las muestras de huevos de codorniz entre los hipermercados según la prueba de Tukey a un intervalo de confianza al 95%.

Referencia UE: Arsénico: 0.01 ; Cadmio: 0,02 ; Mercurio: 0,02 ; Plomo: 0,05 ppm

La tabla 45 muestra para As que existe diferencia significativa entre las muestras, Wong, San Borja muestra el mayor contenido, con 0,041 ppm, las demás muestras superan las 0,010 ppm (valor límite). Ninguna de las concentraciones de Cd supera el límite de 0,050 ppm y hay diferencia significativa entre todas ellas. La muestra Tottus, Tacna contiene 0,060 ppm de Hg que supera el límite permitido, las demás muestras contienen alrededor de la concentración límite y no hay diferencia significativa entre ellas. Existe diferencias significativas en el contenido de Pb, la muestra de Metro de Av. Emancipación contiene 7,441 ppm, seguido de PVEa Bells y la Calera. El menor contenido lo tiene Wong, Reyal con 0,607 ppm. La muestra Tottus, Av. Tacna no contiene Pb.

Los resultados expresan que las muestras de los supermercados contienen concentraciones que superan los niveles más exigentes permitidos de todos los metales investigados, pero no los niveles permitidos para alimentos de mayor consumo.

Tabla 46. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en huevos de codorniz de venta ambulatória, mediante EAA

Zonas de muestreo	Contenido de metales pesados (ppm)			
	As	Cd	Hg	Pb
Chosica	0,000±0,000 <sup>f</sup>	0,024±0,001 <sup>f</sup>	0,010±0,001 <sup>d</sup>	1,635±0,005 <sup>f</sup>
Chosica Alcarr	0,000±0,000 <sup>f</sup>	0,017±0,001 <sup>fg</sup>	0,000±0,000 <sup>f</sup>	0,888±0,006 <sup>h</sup>
Chancay	0,000±0,000 <sup>f</sup>	0,013±0,001 <sup>g</sup>	0,001±0,001 <sup>f</sup>	0,000±0,003 <sup>l</sup>
Estación VMT	0,012±0,001 <sup>e</sup>	0,012±0,001 <sup>g</sup>	0,019±0,001 <sup>b</sup>	2,413±0,025 <sup>e</sup>
Puente piedra	0,000±0,000 <sup>b</sup>	0,024±0,001 <sup>f</sup>	0,000±0,000 <sup>f</sup>	0,133±0,015 <sup>k</sup>
SJL	0,000±0,000 <sup>f</sup>	0,015±0,001 <sup>g</sup>	0,000±0,000 <sup>f</sup>	5,130±0,061 <sup>c</sup>
Morgue central	0,034±0,001 <sup>a</sup>	0,125±0,005 <sup>d</sup>	0,000±0,000 <sup>f</sup>	1.210±0,020 <sup>g</sup>
SJM	0,013±0,001 <sup>e</sup>	0,337±0,003 <sup>b</sup>	0,001±0,010 <sup>f</sup>	0,344±0,001 <sup>i</sup>
Ate mercado	0,017±0,001 <sup>d</sup>	0,447±0,001 <sup>a</sup>	0,014±0,001 <sup>c</sup>	6,911±0,008 <sup>a</sup>
UNMSM alrededores	0,028±0,001 <sup>b</sup>	0,326±0,003 <sup>c</sup>	0,023±0,001 <sup>a</sup>	4,914±0,004 <sup>d</sup>
Estación Bayovar	0,023±0,001 <sup>c</sup>	0,085±0,003 <sup>e</sup>	0,010±0,001 <sup>d</sup>	5,495±0,010 <sup>b</sup>

Fuente: Elaboración propia, opsr

Nota: Las medias (n=3)±DS (desviación estándar) con las letras distintas en los superíndices muestran que existen diferencias significativas en el contenido de metales para las muestras de huevos de codorniz entre los hipermercados según la prueba de Tukey a un intervalo de confianza al 95%.

Referencia UE: Arsénico: 0.01 ; Cadmio: 0,02 ; Mercurio: 0,02 ; Plomo: 0,05 ppm

En la tabla 46 se evidencia que, el contenido de As en todas las muestras es bajo, pero más del 50% supera el límite permitido, 0,010 ppm y hay diferencias significativas entre ellas. El contenido de Cd no supera el nivel de 0,050 ppm en el 50% de muestras y entre ellas hay diferencia significativa. Para mercurio sólo UNMSM, alrededores supera los 0,020 ppm y en muchas de ellas no se detectó Hg. Para el Pb, las muestras presentan diferencias significativas, siendo Ate mercado el que presenta mayor, 6,911 ppm, valor seguido por Estación Bayovar y en las muestras de Chancay no se detectó.

Todas las muestras contienen preocupantes niveles de cadmio y plomo, que podrían ser de riesgo para los consumidores.

### Cuantificación por Plasma Acoplado Inductivamente, ICP

Tabla 47. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en yemas de huevos por ICP óptico

Zonas de muestreo	Contenido de metales pesados (ppm)			
	As	Cd	Hg	Pb
Morgue Central	0,023±0,002 <sup>b</sup>	0,029±0,003 <sup>b</sup>	*0,012±0,001 <sup>a</sup>	1,473±0,003 <sup>a</sup>
Estación Bayovar	0,123±0,003 <sup>a</sup>	*0,009±0,001 <sup>c</sup>	*0,007±0,005 <sup>b</sup>	0,170±0,020 <sup>d</sup>
SJM	*0,003±0,001 <sup>d</sup>	*0,008±0,005 <sup>c</sup>	*0,015±0,001 <sup>a</sup>	0,283±0,005 <sup>c</sup>
UNMSM, alrededor	*0,015±0,002 <sup>c</sup>	0,093±0,005 <sup>a</sup>	*0,012±0,002 <sup>a</sup>	0,328±0,003 <sup>b</sup>
p-valor	0,0001	0,0000	0,7827	0,0000

Fuente: Elaboración propia, opsr

Nota: Las medias (n=3) ±DS (desviación estándar) con las letras distintas en los superíndices muestran que existen diferencias significativas del contenido de metales en las muestras de yemas de huevo entre las zonas de muestreo según la prueba de Tukey a un intervalo de confianza al 95%.

Referencia UE: Arsénico: 0,01 ; Cadmio: 0,02 ; Mercurio: 0,02 ; Plomo: 0,05 ppm

En la tabla 47, en relación al arsénico, se observa que muestra de Bayovar contiene una alta concentración (0,123±0,003 ppm), las muestras Morgue Central y alrededor UNMSM, cercanos a 0,020 ppm (valor límite), SJM tiene valores tiene valor bajo. Para el Cd, estación Bayovar y SJM tienen los valores más bajos (0,008±0,005 ppm) y no superan el valor límite, pero las muestras Morgue Central y alrededor UNMSM valores que exceden el valor límite. Para el Hg, no existen diferencias significativas para todas las zonas (0,0207±0,015 ppm) y estos valores no exceden el valor límite de 0,020 ppm. La muestra llamada Morgue Central contiene la mayor concentración de plomo (1,473±0,003 ppm) y Estación Bayovar la menor concentración (0,180±0,020 ppm), todas las muestras superan varias veces el valor límite de 0,050 ppm.

Tabla 48. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en claras por ICP óptico

Zonas de muestreo	Contenido de metales pesados (ppm)			
	As	Cd	Hg	Pb
Morgue Central	0,035±0,001 <sup>a</sup>	*0,008±0,001 <sup>c</sup>	*0,008±0,002 <sup>b</sup>	0,216±0,003 <sup>b</sup>
Estación Bayovar	*0,010±0,001 <sup>c</sup>	*0,006±0,001 <sup>c</sup>	*0,013±0,012 <sup>a</sup>	0,117±0,003 <sup>d</sup>
SJM	*0,010±0,001 <sup>c</sup>	*0,005±0,001 <sup>c</sup>	*0,006±0,000 <sup>b</sup>	0,108±0,004 <sup>d</sup>
Ate, mercado	*0,009±0,001 <sup>c</sup>	0,024±0,001 <sup>a</sup>	*0,008±0,020 <sup>b</sup>	0,270±0,007 <sup>a</sup>
UNMSM, alrededor	0,020±0,001 <sup>b</sup>	0,015±0,001 <sup>b</sup>	*0,009±0,020 <sup>b</sup>	0,129±0,003 <sup>c</sup>
p-valor	0,0000	0,0000	0,8351	0,0000

Fuente: Elaboración propia, opsr

Nota: Las medias (n=3)±DS (desviación estándar) con las letras distintas en los superíndices muestran que existen diferencias significativas del contenido de metales en las muestras de claras de huevo entre las zonas de muestreo según la prueba de Tukey a un intervalo de confianza al 95%.

Referencia UE: Arsénico: 0,01 ; Cadmio: 0,02 ; Mercurio: 0,02 ; Plomo: 0,05 ppm

En la tabla 48 las muestras Morgue Central y UNMSM contienen las concentraciones más altas de As, 0,035 y 0,020 ppm respectivamente; las demás muestras son estadísticamente iguales y no superan el límite permitido. Para Cd, las muestras Ate mercado contiene la concentración más alta, 0,024 ppm la cual supera el límite permitido, mientras que concentraciones de las demás muestras son estadísticamente iguales y no superan el límite permitido. Para Hg, solo la muestra Estación Bayovar supera ligeramente el límite superior con 0,013 ppm; las demás muestras son estadísticamente iguales pero inferiores a 0,010 ppm. En el caso de Pb, la muestra Ate-mercado muestra la mayor concentración, 0,270±0,007 ppm y la muestra SJM y Estación Bayovar las de menor contenido, 0,108±0,004 ppm. Todas las muestras superan el límite permitido de 0,050 ppm.

Tabla 49. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en pellet o alimento balanceado por ICP óptico

Marcas	Contenido de metales pesados (ppm)			
	As	Cd	Hg	Pb
Cogorno	0,244±0,002 <sup>e</sup>	0,108±0,007 <sup>b</sup>	*0,124±0,003 <sup>a</sup>	1,831±0,006 <sup>a</sup>
C puntos verdes	1,856±0,003 <sup>a</sup>	0,104±0,002 <sup>b</sup>	*0,080±0,008 <sup>b</sup>	1,829±0,003 <sup>a</sup>
C puntos negros	0,315±0,001 <sup>d</sup>	0,054±0,002 <sup>d</sup>	*0,043±0,006 <sup>c</sup>	0,533±0,003 <sup>d</sup>
Purina ponedora	0,811±0,001 <sup>b</sup>	0,095±0,003 <sup>c</sup>	*0,082±0,007 <sup>b</sup>	1,607±0,003 <sup>c</sup>
Huaral ponedora	0,585±0,001 <sup>c</sup>	0,114±0,002 <sup>a</sup>	*0,075±0,005 <sup>b</sup>	1,725±0,004 <sup>b</sup>
p-valor	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Fuente: Elaboración propia, opsr

Nota: Las medias (n=3)±DS (desviación estándar) con las letras distintas en los superíndices muestran que existen diferencias significativas del contenido de metales en las muestras de alimento balanceado entre las zonas de muestreo según la prueba de Tukey a un intervalo de confianza al 95%.

En la tabla 49, para As se observa, C puntos verde (aditivo del alimento balanceado) contiene una elevada concentración de As (1,856±0,003 ppm), la muestra de Cogorno presenta la menor concentración (0,244±0,002). Todas las muestras superan los valores permitidos. En relación al Cd las muestras Cogorno y Purina ponedora contienen los valores más elevados (0,108±0,007 ppm), las muestras C puntos verdes, C puntos negros y Huaral ponedora son estadísticamente iguales con (0,014±0,002 ppm), las muestras de Cogorno y Purina superan los valores permitidos. Para Hg, la muestra Cogorno contiene la mayor concentración (0,249±0,003 ppm), las demás muestras son estadísticamente iguales con (0,105±0,005 ppm), las concentraciones de todas las muestras son mayores para alimentos de origen terrestre e inferiores a los de procedencia del mar. Finalmente, en el caso de Pb, las muestras Cogorno y C puntos verdes contienen (1,831±0,006 ppm) y son estadísticamente iguales, la muestra C puntos negros muestra la menor concentración (0,533±0,003 ppm), todas las muestras superan los niveles máximos para Pb.

Tabla 50. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en huevos de codorniz de supermercados por ICP óptico

Hipermercados	Contenido de metales pesados (ppm)			
	As	Cd	Hg	Pb
WONG, San Borja	0,086±0,003 <sup>a</sup>	*0,009±0,002 <sup>a</sup>	*0,011±0,002 <sup>a</sup>	0,082±0,005 <sup>a</sup>
WONG, Avicod	*0,017±0,003 <sup>d</sup>	*0,008±0,002 <sup>a</sup>	*0,014±0,003 <sup>a</sup>	0,045±0,003 <sup>c</sup>
WONG, Reyal	*0,017±0,003 <sup>d</sup>	*0,009±0,002 <sup>a</sup>	*0,017±0,003 <sup>a</sup>	0,052±0,004 <sup>c</sup>
PVEA, Bells	*0,017±0,003 <sup>d</sup>	*0,009±0,002 <sup>a</sup>	*0,016±0,002 <sup>a</sup>	0,068±0,009 <sup>b</sup>
METRO, Av Emancipación	0,026±0,003 <sup>c</sup>	*0,009±0,003 <sup>a</sup>	*0,015±0,001 <sup>a</sup>	0,033±0,004 <sup>d</sup>
TOTTUS, Av Tacna	0,073±0,003 <sup>b</sup>	*0,009±0,001 <sup>a</sup>	*0,016±0,001 <sup>a</sup>	0,048±0,002 <sup>c</sup>
p-valor	0,0000	0,9864	0,9944	0,0000

Fuente: Elaboración propia, opsr

Nota: Las medias (n=3)±DS (desviación estándar) con las letras distintas en los superíndices muestran que existen diferencias significativas del contenido de metales en las muestras de huevos de codorniz de supermercados según la prueba de Tukey a un intervalo de confianza al 95%.

Referencia UE: Arsénico: 0.01 ; Cadmio: 0,02 ; Mercurio: 0,02 ; Plomo: 0,05 ppm

En la tabla 50, para As observamos que las muestras WONG, San Borja y Tottus, Tacna contienen las concentraciones más elevadas de As (0,086±0,003 ppm), seguida por la muestra Metro con 0,026 ppm, las demás muestras un nivel pequeño (0,017±0,003 ppm), las demás las muestras no superan la concentración máxima permitida. En relación al Cd todas reportan un valor máximo de (0,009±0,002 ppm), ninguna de las muestras sobrepasa los niveles máximos, ni siquiera para lactantes. Para Hg, todas las muestras contienen valores estadísticamente iguales (0,017±0,003 ppm) valor que supera a la mayoría de los permitidos para alimentos de procedencia terrestre e inferiores a los de procedencia del mar. En el caso de Pb, la muestra WONG, San Borja contiene el valor más alto (0,082±0,005 ppm), la muestra con menor valor es Metro, Av. Emancipación con (0,033±0,004 ppm) todos estos valores superan los permitidos para lactantes, pero no los valores para carnes, cereales, etc.

Tabla 51. Contenido de As, Cd, Hg y Pb en huevos de codorniz de venta ambulatoria por ICP óptico

Zonas de muestreo	Contenido de metales pesados (ppm)			
	As	Cd	Hg	Pb
Chosica	0,048±0,004 <sup>b</sup>	0,001±0,000 <sup>a</sup>	0,017±0,002 <sup>a</sup>	0,044±0,001 <sup>c</sup>
Chosica Alcarr	0,045±0,003 <sup>b</sup>	0,001±0,000 <sup>a</sup>	0,016±0,001 <sup>a</sup>	0,008±0,002 <sup>f</sup>
Chancay	0,011±0,002 <sup>c</sup>	0,001±0,000 <sup>a</sup>	0,015±0,002 <sup>a</sup>	0,015±0,002 <sup>e</sup>
Estación VMT	0,011±0,001 <sup>c</sup>	0,001±0,000 <sup>a</sup>	0,016±0,001 <sup>a</sup>	0,036±0,003 <sup>d</sup>
Puente piedra	0,011±0,002 <sup>c</sup>	0,001±0,000 <sup>a</sup>	0,016±0,002 <sup>a</sup>	0,108±0,002 <sup>a</sup>
SJL	0,061±0,003 <sup>a</sup>	0,001±0,000 <sup>a</sup>	0,015±0,001 <sup>a</sup>	0,052±0,003 <sup>b</sup>
p-valor	0,0000	0,4582	0,6952	0,0000

Fuente: Elaboración propia, opsr

Nota: Las medias (n=3)±DS (desviación estándar) con las letras distintas en los superíndices muestran que existen diferencias significativas del contenido de metales en las muestras de yemas de huevo entre las zonas de muestreo según la prueba de Tukey a un intervalo de confianza al 95%.

Referencia UE: Arsénico: 0.01 ; Cadmio: 0,02 ; Mercurio: 0,02 ; Plomo: 0,05 ppm

En la tabla 51, la muestra de SJL contiene la mayor cantidad (0,061±0,003 ppm As) la muestra de Chosica y Ch Alcarr son estadísticamente iguales con 0,048±0,004 ppm. Las muestras de Chancay, Estación VMT y Puente Piedra son estadísticamente iguales con 0,011±0,001 ppm. Todas las muestras superan la concentración máxima permitida para As, además pero no superan los valores de referencia para los cereales en base a arroz. En relación al Cd todas reportan un valor de 0,001±0,000 ppm, ninguna de las muestras sobrepasa los niveles máximo, ni siquiera para lactantes. Para Hg, la muestra de Puente Piedra contiene 0,108±0,002 ppm, valor que supera a la mayoría de los permitidos para alimentos de procedencia terrestre e inferiores a los de procedencia del mar. En el caso de Pb, la muestra WONG, San Borja contiene el valor más alto (0,082±0,005 ppm), la muestra de Chancay es una de las de menor concentración 0,015±0,002 ppm todos estos valores superan los permitidos para lactantes y los valores para carnes, cereales, etc.

### 4.3 Discusión de resultados

No se encuentran en la bibliografía consultada resultados para el análisis de yema y/o clara de huevos de codorniz por separado, tampoco para los piensos respectivos. Las investigaciones publicadas muestran concentraciones para homogenizados de huevos de codorniz mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica, no mediante Plasma Acoplado Inductivamente.

Las tablas 30-34 muestran los resultados de la medición directa a las soluciones obtenidas mediante EAA y su procesamiento para un gramo de muestra fresca. Los resultados muestran que la mayoría de muestras contienen concentraciones de cadmio y plomo que superan los niveles de referencia, los valores de arsénico y mercurio son mínimos (no detectables)

Las tablas 35-41 muestran los resultados de la medición directa a las soluciones obtenidas mediante ICP para un gramo de muestra fresca. Muestran las concentraciones para 32 elementos.

La tabla 42 muestra que los niveles de cadmio y plomo son muy elevados en las yemas de las muestras comercializadas en el Cercado de Lima y Ate (0,070 y 0,523 para cadmio y 2,667 y 11,543 para plomo, respectivamente) lo cual lleva a la conclusión que es riesgoso ingerir las yemas. Los resultados se obtuvieron mediante EAA. Las concentraciones de arsénico y mercurio son menores a los límites máximos permitidos.

La tabla 43 muestra elevadas concentraciones obtenidas mediante EAA, de cadmio y plomo, pero inferiores comparados a los hallados en las yemas. Los niveles de las muestras de Ate y Bayovar son preocupantes. Los niveles de arsénico y mercurio superan ligeramente los niveles máximos en las muestras comercializadas en El Cercado de Lima y Ate.

La tabla 44 muestra muy altas concentraciones de cadmio, obtenidas mediante EAA, en los pellets, también arsénico. Los niveles de mercurio son elevados en las muestras. Solo se encontró plomo en una concentración muy elevada en C puntos negros y ausente en las demás muestras. El alimento balanceado sería la mayor fuente de estos metales pesados a través de sus aditivos.

La tabla 45 recoge las concentraciones en huevos, muestra completa, mediante EAA, procedentes de supermercados de la ciudad de Lima. Las concentraciones de plomo son muy elevadas, las de arsénico superan los límites permitidos en su mayoría, gran parte del contenido de cadmio y mercurio están cercanos al límite superior y otras lo superan con facilidad. Los valores determinados para cadmio son menores a los obtenidos en la investigación de Mejía Campos y Quispe Castro, 2018; empleando la misma técnica analítica, cadmio: 0,04 mg/kg y 0,14 mg/kg con una media de 0,083 mg/kg; el 65% superaron los valores máximos permitidos. Los valores determinados para plomo son muy superiores a los encontrados por las mencionadas investigadoras, plomo: 0,08 mg/kg y 0,26 mg/kg con una media de 0,150 mg/kg, el 90% superaron los valores máximos. Ellas trabajaron con 0,5 g de muestra y no con la muestra completa de huevo como en la presente investigación.

La tabla 46 recoge las concentraciones en huevos, muestra completa, mediante EAA, procedentes del comercio ambulatorio de la ciudad de Lima y distritos y provincias cercanas. Las concentraciones de plomo superan los niveles máximos permitidos. Las concentraciones de cadmio en la mayoría de las muestras supera el máximo permitido. Las concentraciones de arsénico y mercurio fluctúan, muestras donde no se detectan y una mayoría donde superan el límite permitido. Los valores determinados para cadmio son menores a los obtenidos en la investigación de Mejía Campos y Quispe Castro, 2018; empleando la misma técnica analítica, cadmio: 0,04 mg/kg y 0,14 mg/kg con una media de 0,083 mg/kg; el 65% superaron los valores máximos permitidos. Los valores determinados para plomo son muy superiores a los encontrados por las mencionadas investigadoras, plomo: 0,08 mg/kg y 0,26 mg/kg con una media de 0,150 mg/kg, el 90% superaron los valores máximos. Ellas trabajaron con 0,5 g de muestra y no con la muestra completa de huevo como en la presente investigación.

La tabla 47 muestra las concentraciones obtenidas en yemas mediante ICP. Los valores de plomo, arsénico y cadmio superan los límites permitidos. Las concentraciones de mercurio no superan este límite. Las concentraciones son menores que las determinadas mediante EAA para el caso del plomo.

La tabla 48 muestra las concentraciones obtenidas en claras mediante ICP. Los valores hallados para plomo superan los valores límites, pero son muy inferiores a los obtenidos mediante EAA. Los valores para cadmio en su mayoría no superan los límites a diferencia de los determinados mediante EAA. Los valores para arsénico son similares en ambas técnicas, en su mayoría superan el valor máximo permitido. Los valores para mercurio son también coincidentes en ambas técnicas y no superan los límites permitidos.

La tabla 49 muestra las concentraciones obtenidas en pellet o alimento balanceado mediante ICP. Los valores hallados para todos los elementos superan varias veces los límites máximos permitidos. Estos hallazgos reafirman la idea inicial que la mayor fuente de metales pesados presentes en el huevo de codorniz son los alimentos balanceados.

La tabla 50 muestra las concentraciones obtenidas en huevos, muestra completa, mediante ICP, procedentes de supermercados de la ciudad de Lima. Las concentraciones de plomo superan o se encuentran cerca al límite máximo permitido. Por el contrario, los valores hallados para cadmio y mercurio son inferiores al límite máximo. Todas las muestras superan los valores máximos para arsénico.

La tabla 51 muestra las concentraciones obtenidas en huevos, muestra completa, mediante ICP, de venta ambulatoria en distritos de la ciudad de Lima y provincias aledañas. Las concentraciones de plomo encontradas en la mayoría de casos no superan los valores máximos. Todas las muestras superan el valor máximo permitido para arsénico. Las muestras no superan los valores máximos permitidos para mercurio y cadmio. Esto nos lleva a deducir que las muestras comercializadas por los ambulantes contienen menores concentraciones de metales pesados que las comercializadas en los supermercados.

## V CONCLUSIONES

Los niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en los piensos superan varias veces los valores límite permitidos y aparentemente son la mayor fuente de contaminación de los huevos de codorniz. Las yemas concentran mayores niveles de los metales en estudio que las claras, probablemente por la liposolubilidad individual y particular de cada elemento. Los huevos comercializados en los supermercados contienen mayores concentraciones de plomo, cadmio y arsénico que aquellos comercializados en forma ambulatoria, la causa probable se encontraría en los componentes de las formulaciones de los pellets empleados en la nutrición de las codornices. La determinación mediante ICP presenta menos interferencia que la determinación mediante EAA obteniéndose valores más precisos por este método.

Las **yemas** de los huevos de codornices analizados por AA e ICP contienen concentraciones promedio de  $0,029\pm 0,002$  y  $0,041\pm 0,030$  ppm para As;  $0,136\pm 0,040$  y  $0,034\pm 0,010$  ppm para Cd;  $0,003\pm 0,001$  y  $0,012\pm 0,001$  ppm para Hg;  $2,873\pm 0,200$  y  $0,564\pm 0,030$  ppm para Pb, respectivamente. Estos valores superan el valor límite permitido según el Reglamento (UE) 2015/1006 para As, N° 488/2014 para Cd, si el 2018/73 y no el 1881/2006 para Hg, 1881/2006 para Pb. La muestra Morgue Central contiene las mayores concentraciones de los elementos investigados, pero la muestra de Ate registra la mayor concentración de Pb.

Las **claras** de los huevos de codornices analizados por AA e ICP contienen concentraciones promedio de  $0,021\pm 0,002$  y  $0,017\pm 0,005$  ppm para As;  $0,158\pm 0,060$  y  $0,012\pm 0,002$  ppm para Cd;  $0,014\pm 0,002$  y  $0,009\pm 0,001$  ppm para Hg;  $4,094\pm 0,100$  y  $0,168\pm 0,050$  ppm para Pb respectivamente. Estos valores superan el valor límite que permite el Reglamento (UE) 2015/1006 para As, superan el límite permitido para Cd en N° 488/2014, supera el valor del reglamento 2018/73 para Hg y no supera el valor del 1881/2006 para Hg, El valor permitido en el Reglamento 1881/2006 para Pb es superado varias veces. Las muestras de Ate y alrededor de UNMSM contienen las mayores concentraciones de los elementos investigados.

Los **pellets** o alimento balanceado para codornices analizados por AA e ICP contienen concentraciones promedio de  $0,267\pm 0,100$  y  $0,762\pm 0,020$  ppm para As;  $0,364\pm 0,010$  y  $0,095\pm 0,010$  ppm para Cd;  $0,031\pm 0,020$  y  $0,081\pm 0,020$  ppm para Hg;  $1,236\pm 0,100$  y  $1,505\pm 0,100$  ppm para Pb respectivamente. Estos valores superan el valor límite permitido según el Reglamento (UE) 2015/1006 para As, N° 488/2014 para Cd, el 2018/73 y el 1881/2006 para Hg, 1881/2006 para Pb. La muestra C puntos negros y Purina ponedora son las que contienen la mayor concentración de los elementos estudiados.

Los huevos de codornices que se comercializan en **supermercados** analizados por AA e ICP contienen concentraciones promedio de  $0,017\pm 0,003$  y de  $0,039\pm 0,020$  ppm para As;  $0,020\pm 0,005$  y  $0,008\pm 0,001$  ppm para Cd;  $0,024\pm 0,008$  y

0,015±0,002 ppm para Hg; 2,727±0,200 y 0,055±0,010 ppm Pb respectivamente. Estos valores superan el valor límite permitido según el Reglamento (UE) 2015/1006 para As, N° 488/2014 para Cd, el 2018/73 y el 1881/2006 para Hg, 1881/2006 para Pb. Estos valores para cadmio son menores a los obtenidos en la investigación de Mejía Campos y Quispe Castro, 2018; para plomo estos valores son muy superiores a los encontrados por los mencionados investigadores, ellas trabajaron con 0,5 g de muestra y no con la muestra completa de huevo como la presente investigación. Las muestras de PVEA Bells y METRO, Av. Emancipación contienen las concentraciones más elevadas de los elementos investigados. La muestra WONG, San Borja presenta las concentraciones más elevadas de As.

Los huevos de codornices que se comercializan en forma **ambulatoria** analizados por AA e ICP contienen concentraciones promedio de 0,012±0,006 y 0,032±0,005 ppm para As; 0,129±0,050 y 0,001±0,000 ppm para Cd; 0,007±0,001 y 0,016±0,001 ppm para Hg; 2,643±0,020 y 0,044±0,010 ppm Pb respectivamente. Estos valores superan el valor límite permitido según el Reglamento (UE) 2015/1006 para As, N° 488/2014 para Cd, el 2018/73 y el 1881/2006 para Hg, 1881/2006 para Pb. Estos valores para cadmio son menores a los obtenidos en la investigación de Mejía Campos y Quispe Castro, 2018; para plomo estos valores son muy superiores a los encontrados por los mencionados investigadores, ellas trabajaron con 0,5 g de muestra y no con la muestra completa de huevo como la presente investigación. Las muestras procedentes de Chosica y SJL contienen las concentraciones más elevadas de los metales investigados.

De acuerdo a los resultados se concluye que el consumo de huevos de codorniz, entero, yema y clara contienen elevadas concentraciones de plomo, moderadas concentraciones de arsénico y cadmio y pequeñas concentraciones de mercurio, por lo que su consumo cotidiano podría ser de riesgo para el ser humano, especialmente en grupos vulnerables como son los niños y adultos mayores, más aún, conociendo que estos metales se acumulan en nuestro organismo.

## **VI RECOMENDACIONES**

La cadena productiva para un alimento y que el consumo del mismo sea completamente inocuo al ser humano implica la garantía de los participantes en el proceso productivo en relación al insumo que utilicen y su inocuidad. La vigilancia y monitoreo de esta potencial inocuidad depende de las organizaciones gubernamentales del estado peruano y sus reglamentaciones.

Se debe asesorar mejor a los agricultores para que tengan conocimiento de los componentes químicos presentes en sus terrenos agrícolas o chacras. Asimismo, de los componentes con potencial tóxico al ser humano presentes en los fertilizantes e insecticidas y pesticidas que empleen durante su periodo de siembra, cosecha y almacenamiento.

A las empresas dedicadas a la producción de alimentos balanceados, verificar los niveles de elementos con potencial tóxico en los insumos que adquieran y empleen para sus productos. Rechacen insumos contaminados y no proyectar la dilución de los mismos con los otros insumos.

Empresas como supermercados exijan certificados de ausencia de metales con potencial tóxico en los alimentos que adquieran a sus proveedores, ya que estas empresas posteriormente garantizan la inocuidad de los mismos al cliente.

Que el estado peruano mediante las instituciones correspondientes establezca los niveles de contaminación de los suelos en el territorio nacional y regule los niveles máximos permitidos en nuestro país para los diversos alimentos que consumimos los peruanos.

Establecer convenios entre la UNMSM y la empresa privada para realizar el monitoreo de metales potencial tóxico a lo largo de la cadena productiva del alimento.

## VII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Méndez, C., (2012), Metodología. Diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales, México D.F., México: Limusa S. A. Recuperado de: <https://www.casadellibro.com/libro-metodologia-diseno-y-desarrollo-del-proceso-de-investigacion-con-énfasis-en-ciencias-empresariales-4-ed-incluye-cd/9789589666982/1255269> . Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.
2. Santa Cruz, F. (29 de setiembre de 2015). Justificación de la investigación [Mensaje de un blog]. Recuperado de: <http://florfanysantacruz.blogspot.pe/2015/09/justificacion-de-la-investigacion.html> Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.
3. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 30021, Ley de Promoción de la Alimentación Saludable. DECRETO SUPREMO N° 017-2017-SA. Recuperado de: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-la-ley-n-30021-decreto-supremo-n-017-2017-sa-1534348-4/> Accesado: 13 de marzo de 2017.
4. REGLAMENTO (CE) No 333/2007 de 28 de marzo de 2007 por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los niveles de plomo, cadmio, mercurio, estaño inorgánico, 3-MCPD y benzo(a)pireno en los productos alimenticios. Recuperado de: [http://www.sanipes.gob.pe/normativas/12\\_reglamento333-2007.pdf](http://www.sanipes.gob.pe/normativas/12_reglamento333-2007.pdf) Accesado: 01 de agosto de 2020. Edición actualizada en el 2020.
5. Metales pesados en el suelo. Chile. Recuperado de: [http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio\\_ambiente/criterios\\_calidad\\_suelos\\_aguas\\_a\\_gricolas/pdf\\_suelos/5\\_metales\\_pesados\\_suelo.pdf](http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_a_gricolas/pdf_suelos/5_metales_pesados_suelo.pdf) Accesado: 13 de marzo de 2017.
6. Metales pesados en los cultivos. Chile. Recuperado de: [http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio\\_ambiente/criterios\\_calidad\\_suelos\\_aguas\\_a\\_gricolas/pdf\\_suelos/6\\_metales\\_pesados\\_cultivos.pdf](http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_a_gricolas/pdf_suelos/6_metales_pesados_cultivos.pdf) Accesado: 15 de marzo de 2017.
7. Pérez Hernández Victoria Sabrina; García Sarmiento Adrián Michel; Castro Ortiz Erick Pablo; Duarte Zaragoza Victor Manuel. 2015. contenido de plomo total

e intercambiable en un suelo agrícola regado con aguas residuales y su acumulación en alfalfa. ASOCIACIÓN MEXICANA DE INGENIERÍA CIENCIA Y GESTIÓN AMBIENTAL, A.C. AMICA. Recuperado de: <http://www.amica.com.mx/issn/archivos/182.pdf> Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

8. [Jose Lannacone](#), [N. Salazar](#). Diciembre 2006. Efecto Toxicológico de Muestras de Agua del Lago Junín, Perú, Sobre *Chironomus calligraphus* (Diptera: Chironomidae)

Revista de la Sociedad Brasileña de Ecotoxicología 2 (3): 219-227. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/276214200\\_Efecto\\_Toxicologico\\_de\\_Muestras\\_de\\_Agua\\_del\\_Lago\\_Junin\\_Peru\\_Sobre\\_Chironomus\\_calligraphus\\_Diptera\\_Chironomidae](https://www.researchgate.net/publication/276214200_Efecto_Toxicologico_de_Muestras_de_Agua_del_Lago_Junin_Peru_Sobre_Chironomus_calligraphus_Diptera_Chironomidae) Accesado: 13 de marzo de 2017.

9. Yulieth C. Reyes, Inés Vergara, Omar E. Torres Mercedes Díaz, Edgar E. González. Diciembre 2016. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Vol. 16 N° 2, Julio-Diciembre 2016, pp. 66-77. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6096110.pdf> Accesado: 15 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

10. Christina SIEBE. Junio 1994. Acumulación y disponibilidad de metales pesados en suelos regados con aguas residuales en el distrito de riego 03, TULA, HIDALGO, MÉXICO. Rev. Int. Contam. Ambient. 10 (1), 15-21, 1994. Recuperado de: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/30146> Accesado: 15 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

11. Prieto Méndez, Judith; González Ramírez, César A.; Román Gutiérrez, Alma D.; Prieto García, Francisco. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 10, núm. 1, 2009, pp. 29-44. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911243003> Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

12. Legislación de la Unión Europea de contaminantes químicos en productos alimentarios. Recuperado de: [http://www.adiveter.com/ftp\\_public/articulo1748.pdf](http://www.adiveter.com/ftp_public/articulo1748.pdf) Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

13. REGLAMENTO (UE) No 488/2014, 12 de mayo de 2014, que modifica el Reglamento (CE) no 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios. Recuperado de: <https://www.boe.es/doue/2014/138/L00075-00079.pdf> Accesado: 26 de diciembre de 2016. Edición actualizada en el 2020.

14. REGLAMENTO (UE) 2015/1006 de 25 de junio de 2015 por el que se modifica el Reglamento (CE) no 1881/2006 en cuanto al contenido máximo de arsénico inorgánico en los productos alimenticios. Recuperado de: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1006&from=ES> Accesado: 01 de agosto de 2020. Edición actualizada en el 2020.

15. REGLAMENTO (UE) 2016/582 de 15 de abril de 2016. Recuperado de: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0582&from=ES> Accesado: 20 de marzo de 2016.

16. REGLAMENTO (UE) 2018/73 de 16 de enero de 2018 por el que se modifican los anexos II y III del Reglamento (CE) N° 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a los límites máximos de residuos de compuestos de mercurio en determinados productos. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A32005R0396> Accesado: 01 de agosto de 2020.

17. Gonzalo Lozano Soldevilla, Enrique Lozano Bilbao, Ángel José Gutiérrez Fernández, Arturo Hardisson De la torre & Enrique Melón Rodríguez. Octubre 2017. Legislación de la Unión Europea sobre metales pesados en alimentos marinos. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/320258091\\_Legislacion\\_de\\_la\\_Union\\_Europea\\_sobre\\_metales\\_pesados\\_en\\_alimentos\\_marinos](https://www.researchgate.net/publication/320258091_Legislacion_de_la_Union_Europea_sobre_metales_pesados_en_alimentos_marinos) Accesado: 01 de agosto de 2020.

18. Fabián Innamorato-Costas; Jorge Muñoz-Gil & Gedio Marín-Espinoza. Diciembre 2018. Contenido de metales pesados (Cr, Cu, Zn, Pb y Cd) en sangre y plumas de la codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) y su relación con el peso y el sexo de las aves. The Biologist (Lima), 2018, 16(2), jul-dic: 323-334. Recuperado de: <http://revistas.unfv.edu.pe/index.php/rtb/article/view/260/242> Accesado: 06 de agosto de 2020.

19. Yulieth C. Reyes, Inés Vergara, Omar E. Torres Mercedes Díaz, Edgar E. González. Diciembre 2016. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Vol. 16 N° 2, Julio-Diciembre 2016, pp. 66-77. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6096110.pdf> Accesado: 15 de marzo de 2017.
20. Hashmi MZ, Abbasi NA, Tang X., Malik RN (2015) Egg as a Biomonitor of Heavy Metals in Soil. En: Sherameti I., Varma A. (eds) Contaminación de suelos por metales pesados. Biología del suelo, vol 44. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-14526-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-14526-6_7) Accesado: 25 de agosto de 2017. Edición actualizada en el 2020.
21. Oluwamayowa Tolulope Adeniyi, October 2014. Effects of japanese quail (*Coturnix japonica*) egg supplementation on poloxamer 407-induced hyperlipidemic wistar rats. Department of biochemistry, Faculty of Science Ahmadu Bello University Zaria, Kaduna State Nigeria. Recuperado de: [https://pdfs.semanticscholar.org/b9c7/0ea838d15d1d805d560233f9067f2d2cbe61.pdf?\\_ga=2.17024753.954190855.1596382193-981083065.1585692874](https://pdfs.semanticscholar.org/b9c7/0ea838d15d1d805d560233f9067f2d2cbe61.pdf?_ga=2.17024753.954190855.1596382193-981083065.1585692874) Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
22. Francisco Javier Raya Torres. Mayo 2014. Determinación de Plomo en alfalfa, *Medicago sativa*, irrigada con aguas residuales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidan Laguna. Tesis para título. Recuperado de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/102/DeterminaciondePlomoenAlfalfaMedicagosativairrigadaconaguas.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.
23. Dominika TOLIK, Ewa POŁAWSKA, Anna CHARUTA, Sebastian NOWACZEWSKI, and Ross COOPER. 2014. Characteristics of Egg Parts, Chemical Composition and Nutritive Value of Japanese Quail Eggs – a Review\*. FoliaBiologica(Kraków),vol.62(2014), No 4. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/271224293\\_Characteristics\\_of\\_Egg\\_Parts\\_Chemical\\_Composition\\_and\\_Nutritive\\_Value\\_of\\_Japanese\\_Quail\\_Eggs\\_-\\_a\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/271224293_Characteristics_of_Egg_Parts_Chemical_Composition_and_Nutritive_Value_of_Japanese_Quail_Eggs_-_a_Review) Accesado: 18 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.

24. Elika. Fundación Vasca para la Seguridad Alimentaria. ¿Qué es un pienso? 2013. [http://www.elika.eus/consumidor/es/preguntas\\_piensos.asp](http://www.elika.eus/consumidor/es/preguntas_piensos.asp) Accesado: 18 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
25. Rodolfo Díaz Zamora. (2013) Ventajas y desventajas del análisis por ICP – MS de metales pesados en muestras biológicas. Instituto Nacional de Salud (INS) Recuperado de: <http://www.boletin.ins.gob.pe/ventajas-y-desventajas-del-analisis-por-icp-ms-de-metales-pesados-en-muestras-biologicas/> Accesado: 16 de febrero de 2018. <https://boletin.ins.gob.pe/ventajas-y-desventajas-del-analisis-por-icp-ms-de-metales-pesados-en-muestras-biologicas>. Edición actualizada en el 2020.
26. Tanasorn Tunsaringkarn, Wanna Tungjaroenchai, Wattasit Siriwong. 2013. Nutrient Benefits of Quail (*Coturnix Coturnix Japonica*) Eggs. International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 3, Issue 5, May 2013. Recuperado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.416.1502&rep=rep1&type=pdf#page=156> Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
27. A. Genchev. 2012. Quality and composition of japanese quail eggs (*Coturnix japonica*). Trakia Journal of Sciences, Vol. 10, No 2, pp 91-101, 2012. Copyright © 2012 Trakia University. Available online at: [http://www.uni-sz.bg/tsj/Vol10N2\\_%202012/At.Gen4ev.pdf](http://www.uni-sz.bg/tsj/Vol10N2_%202012/At.Gen4ev.pdf) . Accesado: 18 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
28. Mirelys Rodríguez Alfaro, Olegario Muñoz Ugarte, Bernardo Calero Martín, Alfredo Montero Álvarez, Francisco Martínez Rodríguez, Teudys Limeres Jiménez, Mercedes Orphee Montoya y Adriana M. de Aguilar Accioly. Abril 2012. Contenido de metales pesados en abonos orgánicos, sustratos y plantas cultivadas en organopónicos. Ministerio de Educación Superior. Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Recuperado de: [http://www.inca.edu.cu/otras\\_web/revista/EDICIONES.htm](http://www.inca.edu.cu/otras_web/revista/EDICIONES.htm) Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.
29. Anca Prelipcean (Teușan), A.A. Prelipcean1, V. Teușan. 2012. Investigations on the structure, chemical composition and calorificity of the quail eggs, deposited at the plateau phase of the laying period. Lucrări Științifice - Seria Zootehnie, vol.

57. Recuperado de :  
<https://pdfs.semanticscholar.org/fd2b/e35ea8106a7812a8b988807dcb7363bf26ec.pdf> . Accesado: 18 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
30. Salwa A. Abduljalee, M. Shuhaimi- Othman 2011. Concentraciones de metales en huevos de aves domésticas y estimación del riesgo para la salud a partir del consumo de huevos. Junio de 2011. Revista de Ciencias Biológicas 11 (7): 448-453.  
[https://www.researchgate.net/publication/272961367\\_Metals\\_Concentrations\\_in\\_Eggs\\_of\\_Domestic\\_Avian\\_and\\_Estimation\\_of\\_Health\\_Risk\\_from\\_Eggs\\_Consumption](https://www.researchgate.net/publication/272961367_Metals_Concentrations_in_Eggs_of_Domestic_Avian_and_Estimation_of_Health_Risk_from_Eggs_Consumption) Accesado: 18 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
31. Ishratullah Siddiqui, Sheikh Sirajuddin Nazami, Farooq Ahmed Khan, Shahid Bhutto, Muhammad Tahir, Alia Bano Munshi and Noman Syed (2011) Determination of some heavy metals in hen eggs using ICP-AES technique. *Pak. J. Biochem. Mol. Biol.* 2011; 44(4): 133-136. Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/publication/339474301\\_Determination\\_of\\_some\\_heavy\\_metals\\_in\\_hen\\_eggs\\_using\\_ICP-AES\\_technique](https://www.researchgate.net/publication/339474301_Determination_of_some_heavy_metals_in_hen_eggs_using_ICP-AES_technique) Accesado: 21 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
32. Rajaganapathy V, Xavier F, Sreekumar D, Mandal PK, 2011. Contaminación por metales pesados en suelo, agua y forraje y su presencia en ganado y productos: una revisión. Febrero de 2011. Revista de Ciencia y Tecnología Ambientales 4. Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/publication/50406869\\_Heavy\\_Metal\\_Contamination\\_in\\_Soil\\_Water\\_and\\_Fodder\\_and\\_their\\_Presence\\_in\\_Livestock\\_and\\_Products\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/50406869_Heavy_Metal_Contamination_in_Soil_Water_and_Fodder_and_their_Presence_in_Livestock_and_Products_A_Review) Accesado: 29 de setiembre de 2020. Edición actualizada en el 2020.
33. Nelli Natalia Larenas Bazán. 2010. Determinación de la concentración de metales pesados en agua, suelo y cultivos regados con agua de la Presa Manuel Ávila Camacho. Colegio de Postgraduados. Postgrado de Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Tesis de Maestría. Recuperado de:  
<http://viveatoyac.org.mx/images/Biblioteca%20tem%20C3%A1tica/Informaci%20C3%B3n%20T%20C3%A9cnica/g.%20Hidr%20C3%B3logia%20y%20contaminaci%20C3%B3n/Determinaci%20C3%B3n%20de%20la%20concentraci%20C3%B3n%20de%20metales%20.pdf> Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

34. Miguel A. Mora. 2003. Heavy metals and metalloids in egg contents and eggshells of passerine birds from Arizona. *Environmental Pollution* 125 (2003) 393–400. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749103001088>  
Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
35. Claudia Bonomelli, Carlos Bonilla y Adriana Valenzuela. Octubre 2003. Efecto de la fertilización fosforada sobre el contenido de cadmio en cuatro suelos de Chile. *Pesq. agropec. bras.* vol.38 no.10 Brasília Oct. 2003. Recuperado de: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2003001000007](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2003001000007), <https://www.scielo.br/pdf/pab/v38n10/18299.pdf>  
Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.
36. KT Song, SH Choi, HR Oh - Comparación de la calidad del huevo de faisán, chukar, codorniz y gallina de Guinea. Department of animal Science, Chungnam National University, Taejo, 305-764, Korea. *Asian-Australasian Journal of Animal*, 2000. Recuperado de: <http://www.ajas.info/journal/view.php?doi=10.5713/ajas.2000.986> Accesado: 18 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
37. Resumen de salud pública Arsénico CAS#: 7440-38-2. (2007) Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Recuperado de: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs2.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html) Accesado: 18 de febrero de 2018.
38. Gulin Gokçen Kesici. (2016) Arsenic ototoxicity. *Journal of Otology* 11 (2016) 13-17. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1672293016000246>  
Accesado: 21 de octubre de 2018. Edición actualizada en el 2020.
39. Michael F. Hughes, Barbara D. Beck, Yu Chen, Ari S. Lewis, and David J. Thomas, 2011. Arsenic Exposure and Toxicology: A Historical Perspective. *Toxicol Sci.* 2011 Oct; 123(2): 305–332. Recuperado de: doi: [10.1093/toxsci/kfr184](https://doi.org/10.1093/toxsci/kfr184) Accesado: 28 de julio de 2017. Edición actualizada en el 2020.
40. Gunnar Nordberg, 2012. Capítulo 63. Metales: propiedades químicas y toxicidad. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2012. Recuperado de:

[https://books.google.com/books/about/Cap%C3%ADtulo\\_63\\_Metales\\_propiedades\\_qu%C3%ADmicas.html?id=EXzctwEACAAJ](https://books.google.com/books/about/Cap%C3%ADtulo_63_Metales_propiedades_qu%C3%ADmicas.html?id=EXzctwEACAAJ) . Accesado: 18 de marzo de 2016.

Edici3n actualizada en el 2020.

41. Ars3nico, febrero 2018. WHO, Organizaci3n Mundial de la Salud

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/es/> <https://www.who.int/es>

Accesado: 06 de agosto de 2017.

42. Guidelines for THIRD EDITION Volume 1 Recommendations WORLD HEALTH ORGANIZATION 2004 Drinking-water Quality. Recuperado de: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/GDWQ2004web.pdf?ua=1](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ2004web.pdf?ua=1)

Accesado: 02 de agosto de 2020. Edici3n actualizada en el 2020.

43. Kaily Bissani, 2009. Portada de la toxicidad del ars3nico. U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Division of Toxicology and Human Health Sciences Environmental Medicine Branch. Recuperado de: <https://www.academia.edu/31152426> Accesado: 09 de abril de 2017. Edici3n actualizada en el 2020.

44. D N Guha Mazumder, 2015, Efectos sobre la salud Toxicidad cr3nica por ars3nico, 2015. *Handbook of Arsenic Toxicology*. 2015, p3ginas 137-177. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-418688-0.00006-X> Accesado:

15 de mayo de 2021. Edici3n actualizada en el 2020.

45. Amrit Pal Singh, Rajesh Kumar Goel , Tajpreet Kaur, Julio de 2011 Mecanismos relacionados con la toxicidad del ars3nico. *Toxicol Int*. 2011 Jul-Dec; 18(2): 87–93. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21976811/> doi: [10.4103/0971-6580.84258](https://doi.org/10.4103/0971-6580.84258) Accesado: 06 de agosto de 2017. Edici3n actualizada en el 2020.

46. Patrick M. Finnegan y Weihua Chen, 2012. Toxicidad por ars3nico: efectos sobre el metabolismo de las plantas. *Physiol frontal* . 2012; 3: 182. Recuperado de: doi: [10.3389 / fphys.2012.00182](https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00182) Accesado: 15 de mayo de 2021. Edici3n actualizada en el 2020.

47. Michael FHughes, 2002. Arsenic toxicity and potential mechanisms of action. *Toxicology Letters*. Volume 133, Issue 1, 7 July 2002, Pages 1-16. Recuperado de:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12076506/#:~:text=In%20the%20trivalent%20state%2C%20inorganic,%2Dcarcinogenesis%2C%20and%20tumor%20promotion.>

Accesado: 09 de abril de 2017. Edición actualizada en el 2020.

48. Joshua W. Hamilton, 2006. Arsenic as a human health hazard: mechanisms of action. Center for Environmental Health Sciences. Recuperado de: Ph.D.[https://www.niehs.nih.gov/news/assets/docs\\_a\\_e/arsenic\\_as\\_a\\_human\\_health\\_hazard\\_mechanisms\\_of\\_action\\_508.pdf](https://www.niehs.nih.gov/news/assets/docs_a_e/arsenic_as_a_human_health_hazard_mechanisms_of_action_508.pdf) Accesado: 28 de julio de 2017. Edición actualizada en el 2020.

49. J. C. Saha , A. K. Dikshit and M. Bandyopadhyay, 1999. A review of arsenic poisoning and its effects on human health. Una revisión de la intoxicación por arsénico y sus efectos en la salud humana. Recuperado de: [https://www.academia.edu/26496895/A\\_Review\\_of\\_Arsenic\\_Poisoning\\_and\\_its\\_Effects\\_on\\_Human\\_Health](https://www.academia.edu/26496895/A_Review_of_Arsenic_Poisoning_and_its_Effects_on_Human_Health) <https://www.academia.edu/26496895/> Accesado: 06 de agosto de 2017. Edición actualizada en el 2020.

50. WHO/SDE/WSH/03.04/80/Rev/1. 2011. Cadmium in Drinking-water. Recuperado de: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/water-quality/guidelines/chemicals/cadmium.pdf?ua=1](https://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/guidelines/chemicals/cadmium.pdf?ua=1) Accesado: 02 de agosto de 2020.

51. Cadmium in food. Enero 2009 The EFSA Journal (2009) 980, 1-139. Recuperado de: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2009.980> Accesado: 02 de agosto de 2020. Edición actualizada en el 2020.

52. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME Diciembre de 2010. Final review of scientific information on cadmium. Recuperado de: [http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27636/Cadmium\\_Review.pdf](http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27636/Cadmium_Review.pdf) Accesado: 02 de agosto de 2020. Edición actualizada en el 2020.

53. Gunnar Nordberg, 2012. Capítulo 63. Metales: propiedades químicas y toxicidad. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2012. Recuperado de: [https://books.google.com/books/about/Cap%C3%ADtulo\\_63\\_Metales\\_propiedad\\_es\\_qu%C3%ADmic.html?id=EXzctwEACAAJ](https://books.google.com/books/about/Cap%C3%ADtulo_63_Metales_propiedad_es_qu%C3%ADmic.html?id=EXzctwEACAAJ) Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

54. Resumen de Salud Pública CAS#1306-19-0, 1999. Departamento de salud y servicios humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Recuperado de: [www.atsdr.cdc.gov/es](http://www.atsdr.cdc.gov/es) Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
55. Nordic Council of Ministers Cadmium Review. Enero 2003. Recuperado de: [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/nmr\\_cadmium.pdf](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/nmr_cadmium.pdf) Accesado: 09 de abril de 2017. Edición actualizada en el 2020.
56. Gara Sánchez Barrón, junio 2016. Ecotoxicología del cadmio riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio. Facultad de Farmacia Universidad Complutense. Recuperado de: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA%20SANCHEZ%20BARRON.pdf> Accesado: 02 de agosto de 2020.
57. O Ardiyansyah , Sudarno and Rosmanida 2019. Bioaccumulation of Cadmium (Cd) Heavy Metal on Seaweed (*Gracilaria sp.*) in Traditional Fishpond of Jabon Subdistrict, Sidoarjo District. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 236 (2019) 012059. Recuperado de: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/236/1/012059/pdf> Accesado: 02 de agosto de 2020.
58. Honey Sharma, Neetu Rawal, Blessy Baby Mathew, 2015. The characteristics, toxicity and effects of cadmium. International Journal of Nanotechnology and Nanoscience, Vol. 3, 2015, 1-9. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/305778858> Accesado: 09 de abril de 2017. Edición actualizada en el 2020.
59. Zhang, L., Song, L., Liu, B. *et al.* La exposición prenatal al cadmio se asocia con una menor longitud de los telómeros de los leucocitos en los recién nacidos chinos. *BMC Med* 17, 27 (2019). Recuperado de: <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1262-4> Accesado: 28 de setiembre de 2020.
60. Guidelines for THIRD EDITION Volume 1 Recommendations WORLD HEALTH ORGANIZATION 2004 Drinking-water Quality. Recuperado de: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/GDWQ2004web.pdf?ua=1](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ2004web.pdf?ua=1) Accesado: 02 de agosto de 2020. Edición actualizada en el 2020.

61. Robin A. Bernhoft, 2013. *Review Article*. Cadmium Toxicity and Treatment. Hindawi Publishing Corporation. The ScientificWorld Journal. Volume 2013, Article ID 394652, 7 pages. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/394652>; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5596182/> Accesado: 09 de abril de 2017. Edición actualizada en el 2020.
62. A. Bernard, 2008. Cadmium & its adverse effects on human health. Indian J Med Res 128, October 2008, pp 557-564. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19106447/> Accesado: 28 de julio de 2017. Edición actualizada en el 2020.
63. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, 2012. Toxicological Profile for Cadmium. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK158834/> Accesado: 28 de julio de 2017. Edición actualizada en el 2020.
64. Mario Altamirano-Lozano, Daniel Toledo-Herrera, Antonio Rodríguez-Canto y Gerardo Figueroa-Lucero, 2005. *Chirostoma humboldtianum* como modelo *in vitro* para el estudio de embriotoxicidad de metales pesados. I. Cloruro de cadmio. Rev. Int. Contam. Ambient. 21 (Supl. 1) 71-77, 2005 <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-internacional-de-contaminacion-ambiental/articulo/chirostoma-humboldtianum-como-modelo-in-vitro-para-el-estudio-de-embriotoxicidad-de-metales-pesados-i-cloruro-de-cadmio> Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.
65. Robin A. Bernhoft, 2012. Mercury Toxicity and Treatment: A Review of the Literature. Hindawi Publishing Corporation. Journal of Environmental and Public Health. Volume 2012, Article ID 460508, 10 pages. Recuperado de: <doi:10.1155/2012/460508> Accesado: 28 de julio de 2017. Edición actualizada en el 2020.
66. Bruna Fernandes Azevedo et al, 2012. Toxic Effects of Mercury on the Cardiovascular and Central Nervous Systems. J Biomed Biotechnol. 2012; 2012: 949048. doi: [10.1155/2012/949048.](http://dx.doi.org/10.1155/2012/949048) Recuperado de:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3395437/> Accesado: 28 de julio de 2017. Edición actualizada en el 2020.

67. Larry A. Broussard et al, 2002. The Toxicology of Mercury. *Laboratorio de Medicina*, Volumen 33, Número 8, agosto de 2002, páginas 614–625, *laboratorymedicine*>august 2002> number 8> volume 33. Recuperado de: <https://academic.oup.com/labmed/article/33/8/614/2657245> Accesado: 28 de julio de 2017. Edición actualizada en el 2020.

68. Thomas W. Clarkson y Laszlo Magos (2006) La toxicología del mercurio y sus compuestos químicos, revisiones críticas en toxicología, 36: 8, 609-662. Recuperado de: DOI: [10.1080 / 10408440600845619](https://doi.org/10.1080/10408440600845619) Accesado: 28 de julio de 2017. Edición actualizada en el 2020.

69. Guangliang Liu, Yong Cai, Nelson O'Driscoll, 2011. Environmental Chemistry and Toxicology of Mercury. A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118146644> Accesado: 28 de julio de 2017. Edición actualizada en el 2020.

70. A. Ferrer. (2003) Metal poisoning. Intoxicación por metales. ANALES Sis San Navarra 2003; 26 (Supl. 1): 141-153. Recuperado de: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1137-66272003000200008](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200008) Accesado: 28 de julio de 2017. Edición actualizada en el 2020.

71. Agency for toxic Substances & enfermedades registradas. Perfil toxicológico del mercurio, Marzo de 1999. Recuperado de: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=115&tid=24> Accesado: 28 de julio de 2017. Edición actualizada en el 2020.

72. Thomas W. Clarkson, Ph.D., Laszlo Magos, M.D., and Gary J. Myers, M.D., 2003. The Toxicology of Mercury — Current Exposures and Clinical Manifestations. *N Engl J Med* 2003;349:1731-7. Copyright © 2003 Massachusetts Medical Society. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14585942/> Accesado: 29 de setiembre de 2020. Edición actualizada en el 2020.

73. DC Sharma, 1987. Base bioquímica de la toxicidad del mercurio. *Hipótesis Médicas*. Volumen 23, Número 3 , julio de 1987, páginas 259-263 Julio de 1987,

páginas 259-263. Recuperado de: [https://doi.org/10.1016/0306-9877\(87\)90017-X](https://doi.org/10.1016/0306-9877(87)90017-X)  
Accesado: 29 de setiembre de 2020. Edición actualizada en el 2020.

74. Tore Syversena, Parvinder Kaur, Enero 2012. The toxicology of mercury and its compounds. Revista de oligoelementos en medicina y biología. Volumen 26, Número 4 , octubre de 2012, páginas 215-226  
Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0946672X12000077>

Accesado: 28 de julio de 2017. Edición actualizada en el 2020.

75. Roberto Zefferino, Claudia Piccoli, Nunzia Ricciardi, Rosella Scrima, and Nazzareno Capitanio, 2017. Possible Mechanisms of Mercury Toxicity and Cancer Promotion: Involvement of Gap Junction Intercellular Communications and Inflammatory Cytokines. *Oxid Med Cell Longev.* 2017; 2017: 7028583. Recuperado de: doi: [[10.1155/2017/7028583](https://doi.org/10.1155/2017/7028583)] Accesado: 22 de octubre de 2018. Edición actualizada en el 2020.

76. MERCURY & HEALTH. Junio 2006. Health and Environment Alliance (HEAL). Recuperado de: [https://www.env-health.org/IMG/pdf/How\\_toxic\\_is\\_Hg.pdf](https://www.env-health.org/IMG/pdf/How_toxic_is_Hg.pdf) Accesado: 09 de abril de 2017. Edición actualizada en el 2020.

77. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Public Health Service Agency for Toxic. Substances and Disease Registry. Toxicological profile for lead. Recuperado de: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf>  
Accesado: 09 de abril de 2017. Edición actualizada en el 2020.

78. Alexis Rodríguez Rey, Liliam Cuéllar Luna, Geominia Maldonado Cantillo, María Elena Suardiaz Espinosa, 2016. Harmful effects of lead on human health. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas.* 2016;35(3). Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=70505>  
Accesado: 12 de febrero de 2018.

79. Eleftheria Hatzidaki, George N Tzanakakis, Aristidis M. Tsatsakis, 2005. Lead toxicity update. A brief Review. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, October 2005. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/7571843> Accesado: 12 de febrero de 2018. Edición actualizada en el 2020.

80. Abadin H, Ashizawa A, Stevens YW, Lladós F, Diamond G, Sage G, Citra M, Quinones A, Bosch SJ, Swarts SG. Toxicological Profile for Lead. Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US); 2007 Aug. PMID: 24049859. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK158766/> Accesado: 12 de febrero de 2018. Edición actualizada en el 2020.
81. Gagan FLORA, Deepesh GUPTA, Archana TIWARI. April 2012. Toxicity of lead: A review with recent updates. *Interdiscip Toxicol.* 2012; Vol. 5(2): 47–58. Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23118587/> Accesado: 28 de julio de 2017. Edición actualizada en el 2020.
- 82 Bruce S Gillis, Zarema Arbieva and Igor M Gavin, 2012. Analysis of lead toxicity in human cells. *BMC Genomics* 2012 13:344. Recuperado de: <https://bmcgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2164-13-344;> <https://doi.org/10.1186/1471-2164-13-344> Accesado: 12 de febrero de 2018. Edición actualizada en el 2020.
83. Sina Kianoush, MD, Mahdi Balali-Mood, MD, Seyed Reza Mousavi, MD, Mohammad Taghi Shakeri, PhD, Bitá Dadpour, MD, Valiollah Moradi, BSc, and Mahmoud Sadeghi, 2013. Clinical, Toxicological, Biochemical, and Hematologic Parameters in Lead Exposed Workers of a Car Battery Industry. *Iran J Med Sci.* 2013 Mar; 38(1): 30–37. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3642942/> Accesado: 28 de julio de 2017. Edición actualizada en el 2020.
84. U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. Public Health Service Agency for Toxic. Substances and Disease Registry. August 2020. Toxicological Profile for Lead. Recuperado de: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf;> <https://bmcgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2164-13-344> Accesado: 28 de julio de 2017.
85. "4 biologic markers of lead toxicity." National Research Council. 1993. *Measuring Lead Exposure in Infants, Children, and Other Sensitive Populations.* Washington, DC: The National Academies Press. Recuperado de: doi: 10.17226/2232. Accesado: 28 de julio de 2017. Edición actualizada en el 2020.

86. Pranay Kathuria, Jan 31, 2017. Lead Toxicity. Medscape. Recuperado de: <http://emedicine.medscape.com/article/1174752-overview#showall> Accesado: 28 de julio de 2017.
87. Loreana María Moreno Beneventi. 2013. Comparación del consumo de alimentos e ingesta de metales pesados de poblaciones de Chile (Chillán y Valdivia). Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Ingeniería en Alimentos.  
<https://agrarias.uach.cl/investigacion-concentracion-de-metales-en-alimentos-en-chillan-y-valdivia/> Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.
88. Rajaganapatía V, Xavier F, Sreekumar D, Mandal PK. Contaminación por metales pesados en el suelo, el agua y los forrajes y su presencia en el ganado y los productos: una revisión. Revista de ciencia y tecnología ambientales 4 (3), 234-249 Febrero de 2011. Recuperado de: <https://docsdrive.com/pdfs/ansinet/jest/2011/234-249.pdf> ; DOI: 10.3923 / jest.2011.234.249 Accesado: 29 de setiembre de 2020. Edición actualizada en el 2020.
89. Bustamante J, Chaparro A, García C, Peláez M Hernández W. 2006. Niveles de metales pesados (Pb, Cd, Mo y Zn) en ganado bovino criado sobre pastos naturales en Colombia  
[http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home\\_10/recursos/2016/documentos/04022016/metales.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_10/recursos/2016/documentos/04022016/metales.pdf) Accesado: 15 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.
90. Iván Palavicino H., Pedro Meléndez R.2, Enrique Bergqvist A., Ximena Gálvez L. Determinación de metales pesados (Cu, Mo, Zn, Cd, Pb) en hígados de bovinos procedentes de la Región Metropolitana y VI, VII, VIII, IX, X y XI Regiones de Chile.  
<http://www.avancesveterinaria.uchile.cl/index.php/ACV/article/view/4627/4514> Accesado: 15 de marzo de 2017.
91. José R González-Montaña, MV, PhD. Metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea (UE). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Rev Colom Cienc Pecua vol.22 no.3 Medellín July/Sept. 2009.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-)

[06902009000300006](https://doi.org/10.1016/j.cyt.2017.03.006) Accesado: 15 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

92. José Ayala Armijos, Hugo Romero Bonilla. Mayo 2013. Presencia de metales pesados (arsénico y mercurio) en leche de vaca al sur de Ecuador. La Granja. Revista de Ciencias de la Vida. Centro de Investigaciones Químicas y Tecnológicas, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Técnica de Machala <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047401002.pdf> Accesado: 15 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

93. Luis Fernando Londoño Franco. Presencia de metales pesados en hatos lecheros de los municipios de San Pedro y Entreríos, Antioquia, Colombia. Universidad de León. Facultad de Veterinaria. Departamento de medicina, cirugía y anatomía veterinaria. Tesis doctoral. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=42985> Accesado: 15 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

94. Rossy Betty Carrillo Ordoñez. 2013. “Concentración de plomo en forraje y leche de vacuno en seis zonas del valle del Mantaro”. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ. FACULTAD DE ZOOTECNIA. <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1809/Tesis%20Carrillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Accesado: 18 de agosto de 2020. Edición actualizada en el 2020.

95. Carolina Lissette Ortega Pereira. 2015. cuantificación de las concentraciones de metales pesados (Hg, Cu, Ni, Zn, Cd, Pb y Mn) por espectrofotometría de absorción atómica en peces del estero huaylá (*Diapterus peruvianus* y *Sardinops sagax*), Puerto Bolívar, Cantón Machala, Provincia de EL ORO, 2014. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/4487> Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

96. E. L. Calderon y R. Concha. “Evaluación de las concentraciones de metales pesados para determinar la calidad de frutas de consumo masivo en la ciudad de Piura”. Departamento Académico de Ingeniería Química - Universidad Nacional de Piura. <https://docplayer.es/7160295-Evaluacion-de-las-concentraciones-de-metales-pesados-para-determinar-la-calidad-de-frutas-de-consumo-masivo-en-la-ciudad-de-piura.html> Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

97. Rodolfo Huguet Tapia. 2014. “Determinación cuantitativa de metales pesados en cinco especies vegetales en bolsas filtrantes para infusiones expandidas en lima metropolitana -2013”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Farmacia y Bioquímica. Unidad de posgrado. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3596> Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.
98. [Quishpe Puga, Karina Marisol](#), 2016. Determinación microbiológica y de metales pesados en jugos de alfalfa (*Medicago sativa*) usado en la preparación de jugos naturales de fruta, expandidos en los diferentes mercados del Distrito Metropolitano de Quito. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12560> Accesado: 13 de marzo de 2017.
99. Carrera Núñez, Ángel Alexander, 2016. Determinación microbiológica y de metales pesados en toronjil (*Melissa officinalis*) y taraxaco (*Taraxacum officinale*), expandidos en los diferentes mercados del distrito metropolitano de Quito. [Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. Tesis. Grado](#) <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13224> Accesado: 13 de marzo de 2017.
100. Carolina Aguayo Girón. 2015. Determinación de la acumulación de los metales pesados plomo, cadmio y cromo en la planta *Pistia stratiotes* conocida como lechuga de agua. Universidad Icesi. Facultad de Ciencias Naturales. Química Farmacéutica. Santiago de Cali. Tesis para título. [https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/78790/1/TG01084.pdf](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/78790/1/TG01084.pdf) Accesado: 15 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.
101. Emilio Galán Huertos / Antonio Romero Baena. Contaminación de Suelos por Metales Pesados. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6404529> Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

102. Luis Martí, Juan Nicolás Burba, Martín Cavagnaro, 2002. Metales pesados en fertilizantes fosfatados, nitrogenados y mixtos. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXIV. N° 2. Año 2002.

[https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/2829/martiagrarias2-34-02.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/2829/martiagrarias2-34-02.pdf)

Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

103. Ignacio García Martínez, José Pineda Rodríguez, Alfonso Totosaus, Leandro Rodrigo González-González. Diciembre 2008. Compostas 2. Evaluación de la presencia de metales pesados en compostas. Universidad Simón Bolívar. Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA MULTIDISCIPLINARIA – AÑO 7, N° 7, diciembre 2008

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2986552.pdf> Accesado: 15 de marzo de

2017. Edición actualizada en el 2020.

104. Los metales pesados en los cultivos. Chile. [http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio\\_ambiente/criterios\\_calidad\\_suelos\\_aguas\\_agricolas/pdf\\_suelos/6\\_metales\\_pesados\\_cultivos.pdf](http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/6_metales_pesados_cultivos.pdf) Accesado: 13 de marzo de

2017. Edición actualizada en el 2020.

105. Jonh Astete, María del Carmen Gastañaga, Doris Pérez. Diciembre 2014. Niveles de metales pesados en el ambiente y su exposición en la población luego de cinco años de exploración minera en las bambas, Perú 2010. Rev. perú. med. exp. salud publica vol.31 no.4 Lima oct./dic. 2014

Disponible

en:

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342014000400012)

[46342014000400012](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342014000400012) Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

106. Soraya Puga, Manuel Sosa, Toutcha Lebgue. 2002. Cesar Quintana, Alfredo Campos. Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera. Ecología aplicada, diciembre, año/vol 5, numero 002

Disponible en: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/eau/article/view/329>

Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

107. SANDRA GABRIELA CAHUASQUI TOSCANO, 2011. Determinación de metales pesados (plomo, cadmio y níquel) en el cilantro (*Coriandrum sativum* L) en Aloag, cantón Mejía, provincia de Pichincha por espectrofotometría de

absorción atómica de llama. Tesis para título profesional. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR.

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12765/CARATULA%20DISERTACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Accesado: 28 de julio de 2017.

Edición actualizada en el 2020.

108. Juan D. Mahecha-Pulido; Juan M. Trujillo-González<sup>2</sup>; Marco A. Torres-Mora, 2015. Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari, Departamento del Meta. ORINOQUIA - Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta. Colombia Vol. 19 - No 1 - Año 2015

<http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v19n1/v19n1a11.pdf> Accesado: 13 de marzo de

2017. Edición actualizada en el 2020.

109. Marcos Martín Acosta Alvarez. Setiembre 2007. Determinación de metales pesados en suelos agrícolas del valle del Mezquital, Hgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

<http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10993/Determinacion%20de%20metales%20pesados%20suelos%20agricolas.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

110. A. J. Hernández y J. Pastor. Junio 2005. Incidencia conjunta de metales pesados en pastos de vacuno ubicados en el entorno de una mina abandonada en la sierra de Guadarrama. XLV Reunión Científica de la SEEP (Sesión: Ecología y Botánica de Pastos)

<http://digital.csic.es/handle/10261/10153>; <http://hdl.handle.net/10261/10153>

Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

111. María del Mar Delgado Arroyo, Rosario Miralles de Imperial Hornedo, Cristina León Cófreces, José Valero Martín, María Cruz García González. January 2014. Evaluación de residuos orgánicos de origen animal procedentes de granjas avícolas. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente - No. 6

<https://www.researchgate.net/publication/237030267> Accesado: 13 de marzo de

2017. Edición actualizada en el 2020.

112. M. Buenfil-Rojas, N. Flores-Cuevas. 2007. Determinación de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) presentes en el río hondo, QUINTANA ROO. División de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Quintana. VI CONGRESO

INTERNACIONAL Y XII NACIONAL DE CIENCIAS AMBIENTALES.

Recuperado

de:

[https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias\\_hortícolas/article/view/1186](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1186)

Accesado: 13 de junio de 2016. Edición actualizada en el 2020.

113. Francisco Marcelo Lara-Viveros, Alejandro Ventura-Maza, Muhammad Ehsan, Alejandro Rodríguez-Ortega, Jorge Vargas-Monter y Nadia Landero-Valenzuela. Contenido de Cd Y Pb en suelo y plantas de diferentes cultivos irrigados con aguas residuales en el valle del MezquitaL, Hidalgo, México. 2014. Rev. Int. Contam. Ambie. 31 (2) 127-132, 2015

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992015000200002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992015000200002)

Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

114. Luis Martí; Carlos Salcedo; Silvia Troilo; María Flavia Filippini; Alejandro Drovandi, Analía Valdés. 2011. Evaluación de metales pesados en suelos de los oasis irrigados de la Provincia de Mendoza: I. Concentraciones totales de Zn, Pb, Cd y Cu. Rev. FCA UNCUYO. 2011. 43(2): 203-221. ISSN impreso 0370-4661. ISSN (en línea) 1853-8665.

[http://revista.fca.uncu.edu.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=151:evaluacion-de-metales-pesados-en-suelos-de-los-oasis-irrigados-de-la-provincia-de-mendoza-&catid=12:no-2-ano-2011&Itemid=17](http://revista.fca.uncu.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=151:evaluacion-de-metales-pesados-en-suelos-de-los-oasis-irrigados-de-la-provincia-de-mendoza-&catid=12:no-2-ano-2011&Itemid=17)

Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

115. Diego Miranda; Carlos Carranza; Carlos Andrés Rojas; Carlos Martín Jerez; Gerhard Fischer; Jorge Zurita. 2008 Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá.

REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS - Vol. 2 - No.2 - pp. 180-191, 2008

[https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias\\_hortícolas/article/view/1186](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1186)

Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

116. Hewa M. S.Wasana<sup>1</sup>, Gamage D. R. K. Perera<sup>2</sup>, Panduka De S.Gunawardena<sup>3</sup>, Palika S. Fernando<sup>4</sup> & Jayasundera Bandara. 2017. WHO water quality standards Vs Synergic effect(s) of fluoride, heavy metals and hardness in drinking water on kidney tissues

<https://www.nature.com/articles/srep42516.pdf> Accesado: 24 de agosto de 2020.

117. Organización Mundial de la Salud. 2006. Guías para la calidad del agua potable. PRIMER APÉNDICE A LA TERCERA EDICIÓN

[https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3rev/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/) Accesado: 17 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.

118. OPS/CEPIS/PUB/95.10 1995. Análisis de metales pesados en agua potable y residual por espectrofotometría de Absorción Atómica. S.D.

[https://catalogo.bibliolatio.com/opac\\_css/index.php?lvl=coll\\_see&id=1784#.YKG6DahKiM8](https://catalogo.bibliolatio.com/opac_css/index.php?lvl=coll_see&id=1784#.YKG6DahKiM8) Accesado: 17 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.

119. Francisco Ramírez Quirós. Control de calidad en las aguas de consumo humano.

<http://www.elaguapotable.com/CONTROL%20DE%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20DESTINADA%20AL%20CONSUMO%20HUMANO.pdf>

Accesado: 17 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.

120. Hanaa, M., Salem, Eweida, A., Eweida and Azza Farag. 2000. Heavy metals in drinking water and their environmental impact on human health. H. M. Salem et al. / ICEHM2000, Cairo University, Egypt, September, 2000, page 542- 556

[http://scholar.google.com.pe/scholar?q=HEAVY+METALS+IN+DRINKING+WATER+AND+THEIR+ENVIRONMENTAL+IMPACT+ON+HUMAN+HEALTH&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholar](http://scholar.google.com.pe/scholar?q=HEAVY+METALS+IN+DRINKING+WATER+AND+THEIR+ENVIRONMENTAL+IMPACT+ON+HUMAN+HEALTH&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar)

<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/00346651111132484/full/html> Accesado: 17 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.

121. Hulya Karadede, Erhan Unlu. 1999. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Ataturk Dam Lake (Euphrates), Turkey. Chemosphere 41 (2000) 1371±1376

<https://europepmc.org/article/med/11057573> Accesado: 17 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.

122. Rodrigo Lora Silva; Helver Bonilla Gutiérrez, 2010. Remediación de un suelo de la cuenca alta del río Bogotá contaminado con los metales pesados Cadmio y Cromo. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 13 (2): 61-70, 2010. Recuperado de:

<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/download/730/774/> Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

123. I. O. Dudusola. 2010. Comparative evaluation of internal and external qualities of eggs from quail and guinea fowl. *International Research Journal of Plant Science* (ISSN: 2141-5447) Vol. 1(5) pp. 112-115, November, 2010. Copyright © 2010 International Research Journals. Available online <http://www.interestjournals.org/IRJPS> Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
124. M. Đukić Stojčić, N. Milošević, L. Perić1, I. Jajić, N. Tolimir. 2012. egg quality of japanese quail in Serbia (*Coturnix coturnix japonica*). *Biotechnology in Animal Husbandry* 28 (3), p 425-431 , 2012  
[https://www.academia.edu/download/61555200/VOL28\\_3\\_Study\\_of\\_animal20191218-71542-19gg03s.pdf#page=37](https://www.academia.edu/download/61555200/VOL28_3_Study_of_animal20191218-71542-19gg03s.pdf#page=37) Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
125. Tanasorn Tunsaringkarn, Wanna Tungjaroenchai, Wattasit Siriwong. 2013. Nutrient Benefits of Quail (*Coturnix Coturnix Japonica*) Eggs. *International Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 3, Issue 5, May 2013  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.416.1502&rep=rep1&type=pdf#page=156> Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
126. Joanna Burger and Susan Elbin, 2015. Metal levels in eggs of waterbirds in the new york harbor (usa): trophic relationships and possible risk to human consumers. *J Toxicol Environ Health A*. 2015 ; 78(2): 78–91. doi:10.1080/15287394.2014.941965.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4696385/> Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
127. Nisha Vashishat and Tejdeep Kaur Kler, 2014. Birds as bioindicators of heavy metal pollution. *Agrolook*, April-June-2014. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/cf32/86d1402ea785571f631e7bba8e55dd2ca996.pdf> Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
128. Moisés Vera1, Jorge Muñoz G.2 & Gedio Marín E. Determinación de metales pesados (Cr, Cu, Cd, Zn, Ni y Pb) en el alcatraz (*Pelecanus occidentalis L.* 1766), en el estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 55 (1): 19-31 (2016); 6 Figs., 2 Tabs.

<https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543738006.pdf> Accesado: 13 de marzo de 2017.

129. Gilliannys Arcia-Castañeda ; Jorge Muñoz-Gil ; Gedio Marín-Espinoza; Wendy Rondón-Sánchez ; María Hernández-Villaruel ; Roseline Zabala-Marcano & José León-Ninin. Junio 2019. Contenido de mercurio en cáscaras de huevos del alcatraz (*Pelecanus occidentalis*) en un área de nidificación en el golfo de Cariaco, Venezuela. *The Biologist* (Lima), 2019, 17(1), ene-jun: 31-39

<http://revistas.unfv.edu.pe/index.php/rtb/article/viewFile/290/263> Accesado: 30 de setiembre de 2020.

130. Robert E. Ricklefs. 1977. Composition of eggs of several bird species. *The Auk* 94: 350-356. April 1977.

<https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/auk/v094n02/p0350-p0356.pdf>

Accesado: 18 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.

131. Ashraful Kabir. 2013. Blood chemistry analyses of Japanese quail (*Coturnix coturnix Japonica*). *Scholarly Journal of Agricultural Science* Vol. 3(4), pp.132-136, April, 2013. <http://www.academia.edu/download/56646672/quail.pdf>

Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.

132. Código de prácticas de higiene para los huevos y los productos de huevo. CAC/RCP 15-1976. PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL

<http://www.fao.org/3/i1111s/i1111s01.pdf> Accesado: 20 de marzo de 2016.

Edición actualizada en el 2020.

133. Universidad de Murcia (2012) Higiene, Inspección y Control alimentario. **Nombre de la asignatura:** HIGIENE, INSPECCIÓN Y CONTROL ALIMENTARIO. **Código:** 01AR

<https://www.um.es/web/innovacion/plataformas/ocw/listado-de-cursos/higiene-inspeccion-y-control-alimentario>

Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.

134. Johana Rosalia Satan Chuim (2020) Comportamiento productivo y calidad del huevo de la codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) en etapa de postura en condiciones del Cipca. Universidad Estatal Amazónica. Tesis.

<http://201.159.223.17/bitstream/123456789/735/1/T.AGROP.B.UEA.1160.pdf>

Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.

135. Marcial Cumpa Gavidia, 2009. Crianza y manejo de codornices. <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20DE%20CRINANZA%20DE%20CODORNIZ%2010-09-2009.pdf> Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
136. Codorniz ponedora <http://codornizjaponesa.blogspot.com/p/codorniz-ponedora.html> Accesado: 06 de agosto de 2017. Edición actualizada en el 2020.
137. Plan PURINA para codornices. Línea Familiar Codornina Producción con Omega 3. <https://pe.all.biz/alimentacin-para-codornices-g20105> Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
138. Agronegociosintegrados (2014) Consultoria Experta en negocios de Agricultura, Ganaderia y Forestales <https://agronegociosintegrados.blogspot.com/2014/10/la-codorniz-es-un-negocio-que-tiene-una.html> Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
139. Julio Escalante Rojas (2009) La codorniz de los huevos de oro - Angel Manero. <http://agronegociosenperu.blogspot.com/2009/06/la-codorniz-de-los-huevos-de-oro.html> Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
140. Aleyda Turrillo Gómez, Isabel Pérez Cuevas, Diego Gómez-Albert Normand, Carlos Mesas Martino, Maria del Prado Pérez García. Comercialización del huevo de codorniz. <https://docplayer.es/17623559-Comercializacion-del-huevo-de-codorniz.html> . Accesado: 06 de agosto de 2018. Edición actualizada en el 2020.
141. Diana Ruiz Salvatierra (2014) Diagnóstico situacional de la crianza de codornices (Coturnix coturnix japónica) en el distrito La Esperanza, provincia Trujillo. Universidad Nacional de Trujillo. EAP Zootecnia. Tesis. <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4917/Ruiz%20Salvatierra%20.%20%20Diana%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.
142. Constanza Yohana España Torres. 2014. Evaluacion de la calidad del huevo de codorniz comercializado en el municipio de Pasto, departamento de Nariño. Tesis para título profesional. <http://sired.udenar.edu.co/2352/> . Accesado: 15 de febrero de 2017. Edición actualizada en el 2020.

143. Cadena productiva de alimentos concentrados y balanceados para la industria avícola y porcina. Industria y Comercio. SUPERINTENDENCIA.

<https://pdf4pro.com/cdn/cadena-productiva-de-alimentos-e9bd1.pdf> Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

144. PLAN PURINA para codornices. Línea Familiar Codornina. Producción con Omega 3. <https://pe.all.biz/alimentacin-para-codornices-g20105> Accesado: 20 de marzo de 2016. Edición actualizada en el 2020.

145. Hans Mann. Noviembre 2010. El alimento balanceado: De fabricación en planta de alimentos al consumo en granjas. DESARROLLO Y NUTRICION ANIMAL S.A., Grupo Central Agrícola, Guatemala C.A.

<http://www.engormix.com/avicultura/articulos/fabricacion-de-alimento-balanceado-t28616.htm> Accesado: 13 de marzo de 2017. Edición actualizada en el 2020.

146. Alimentación de la codorniz, 2016. Avicultores, Nutrición 58. BM Editores. Fuente: [benditosemprendedores.blogspot.mx](http://benditosemprendedores.blogspot.mx). 2016.

[http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_aves/producciones\\_avicolas\\_alternativas/09-Alimentacion\\_codorniz.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/producciones_avicolas_alternativas/09-Alimentacion_codorniz.pdf) Accesado: 20 de agosto de 2020.

147. R. Lázaro<sup>1</sup>, M.P. Serrano y J. Capdevila, 2005. Nutrición y alimentación de avicultura complementaria: codornices Departamento de Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid

[http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_aves/producciones\\_avicolas\\_alternativas/51-codornices.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/producciones_avicolas_alternativas/51-codornices.pdf) Accesado: 20 de agosto de 2020. Edición actualizada en el 2020.

147. Mariano Gorrachategui García (1996) Alimentación de aves alternativas: codornices, faisanes y perdices. XII Curso de especialización FEDNA. Madrid, 7 y 8 de Noviembre de 1996

[http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_aves/producciones\\_avicolas\\_alternativas/52-alimentacion\\_alternativas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/producciones_avicolas_alternativas/52-alimentacion_alternativas.pdf) . Accesado: 31 de diciembre de 2016. Edición actualizada en el 2020.

148. Sofía Alejandra Valle Muñoz; Morena Guadalupe Bustamante Castro; Rosa Argentina Rodríguez; Harold Guillet; Jerry Vivas (2015) MANUAL CRIANZA Y MANEJO DE CODORNICES. Managua, Nicaragua

<https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnl01v181.pdf> Accesado: 29 de agosto de 2020. Edición actualizada en el 2020.

149. Peter Kastenmayer, 1992. Análisis de minerales y elementos traza en alimentos. <http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/ah833s22.htm>

<http://www.fao.org/3/AH833S22.htm> Accesado: 04 de abril de 2018. Edición actualizada en el 2020.

150. Cadmium in food. Enero 2009 The EFSA Journal (2009) 980, 1-139.

<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2009.980> Accesado: 04 de abril de 2021. Edición actualizada en el 2020.

151. Marta Elena Duque S. 2004. Determinación de metales pesados totales con digestión acida y solubles lectura directa por espectrofotometría de absorción atómica. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Metales+en+agua+por+Absorci%C3%B3n+At%C3%B3mica..pdf/e233a63d-378c-4f83-9311-d9375043cf2a>

Accesado: 08 de agosto de 2020. Edición actualizada en el 2020.

152. Linus Pauling Institute. Centro de Información de Micronutrientes.

<https://lpi.oregonstate.edu/publications/books>. Accesado: 14 de mayo de 2021. Edición actualizada en el 2020.

153. ATSDR - Resumen de Salud Pública: Cobalto. Abril 2004.

[https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs33.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs33.pdf) Accesado: 14 de mayo de 2021. Edición actualizada en el 2020.

### ANEXO 1 Valores máximos permitidos en Arsénico, Cadmio, Plomo y Mercurio en alimentos y agua e Ingesta Diaria Recomendada, IDR.

Tabla 52. ARSENICO (Reglamento (UE) 2015/1006, de 25 de junio de 2015, Reglamento (CE) no 1881/2006

mg/kg, ppm	Producto alimenticio
0,0003-0,008	Límite de confianza inferior de la dosis de referencia (BMDL01) 0,3 y 8 µg/kg de peso corporal al día para los cánceres de pulmón, piel y vejiga, así como para las lesiones cutáneas.
0,015	la ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) de 15 µg/kg de peso corporal ha dejado de ser apropiada
0,10 y 0,010	Para cereales a base de arroz para infantes y jugo de manzana respectivamente.
0,10 – 0,30 y 0,10	Arroz y derivados de arroz. En Grasas y aceites comestibles, sal, grado alimenticio, (CODEX STAN 193-1995)
10 µg/L o 0,010 mg/L	Para agua de consumo humano. (OMS / Codex Alimentario) aplica a Perú.

Fuente: <sup>(14, 15)</sup>

Tabla 53. CADMIO (Reglamento (UE) No 488/2014, de 12 de mayo de 2014)

mg/kg, ppm	
0,005 a 0,01	en alimentos para lactantes.
0,05	en carnes de bovinos, aves y pescado, de crustáceos
0,1	trigo y cereales
1,0	moluscos y cefalópodos
3,0	alimentos procedentes de algas

Fuente: <sup>(13)</sup>

Tabla 54. MERCURIO (Reglamento (UE) 2018/73, de 16 de enero de 2018)

mg/kg, ppm	
0,010	Cítricos, frutos con pepita (manzanas, peras), frutos con hueso (melocotones), bayas y frutos pequeños (uvas, zarzamoras, arándanos, moras; raíces y tubérculos, bulbos (ajos, cebollas), frutos y pepónidos (tomate, pepinos, calazas, maíz dulce); hortalizas de hoja (lechuga, espinaca), hierbas aromáticas (perejil, albahaca); leguminosas. Cereales. Leche. Huevos de ave (codorniz). Miel.
0,020	En frutos con cáscara (almendras, pecanas, cocos, nueces), semillas oleaginosas, té, café, infusiones de hierbas, cacao de grano, especias de semillas (anís, comino), de frutos (tamarindo, vainilla), de corteza (canela).
0,010 y 0,02	productos de animales terrestres (tejido muscular y vísceras, respectivamente de porcino, bovino, ovino, caprino, equino, aves de corral)

Fuente: <sup>(16)</sup>

Tabla 55. MERCURIO (Reglamento (CE) no 1881/2006, de 19 de diciembre de 2006)

0,50	productos de pesca y carne de pescado, crustáceos
1,00	bonito, raya, tiburón, atún, pez espada (peces longevos)

Fuente: <sup>(14, 15)</sup>

Tabla 56. PLOMO (Reglamento (CE) no 1881/2006, de 19 de diciembre de 2006)

mg/kg, ppm

0,050	zumo de frutas, néctares
0,020	leche cruda, preparados para lactantes.
0,10	carnes y 0,5 mg/kg para vísceras (despojos), frutas, hortalizas
0,20 - 0,30	cereales, legumbres, carne de pescado, bayas, vinos
0,50	crustáceos, vísceras de bovinos, ovinos, cerdos, aves de corral
1,0 y 1,5	Cefalópodos, bivalvos, respectivamente

Fuente: <sup>(16)</sup>

## Anexo 2 Concentración de iones metálicos por 100 g de huevo de gallina

Tabla 57. Concentración de iones metálicos por huevo de gallina

<b>Cantidad por 100 gramos</b>			
<b>Sodio</b> 124 mg			
<b>Potasio</b> 126 mg			
Vitamina A	520 IU	Vitamina C	0 mg
Calcio	50 mg	Hierro	1.2 mg
Vitamina B12	1.1 µg	Magnesio	10 mg

Fuente: USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 12 /Eggyclopedia, Unabridged 6/99 (Egg Nutrition Center - USA)

100 gramos de huevo se estiman: 73.8 g de agua, 2.7 mg de hierro, 58 mg de calcio, 13 mg de magnesio, 221 mg de fósforo, 144 mg de potasio, 121 mg de sodio. <https://www.cfireinaisabel.com/noticias/valor-nutricional-del-huevo#:~:text=En%20mayor%20detalle%2C%20por%20cada,sodio%2C%20202%20microgr%20de%20vitamina>

Tabla 58. Composición nutricional de un huevo entero y con cascara.

### Composición química

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE UN HUEVO ENTERO Y CON CÁSCARA DE 59 g ( PESO LÍQUIDO: CLARA + YEMA 50 g)

NUTRIENTE	HUEVO ENTERO	CLARA	YEMA
Agua (g)	37,665	29,329	8,102
<b>Minerales</b>			
Calcio (mg)	24,5	2,004	22,742
Hierro (mg)	0,72	0,01	0,586
Magnesio (mg)	5	3,674	1,494
Fósforo (mg)	89	4,342	81
Potasio (mg)	60,5	47,762	15,6
Selenio (mcg)	15,4	5,878	7,503
Sodio (mg)	63	54,776	7,138
Zinc (mg)	0,55	0,003	0,516

Fuente: USDA. Biblioteca Nacional Agropecuaria. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE EE. UU. Listas de nutrientes del legado de referencia estándar (2018). <https://www.nal.usda.gov/fnic/nutrient-lists-standard-reference-legacy-2018>. Accedido: 14 de mayo de 2021  
[http://www.sanutricion.org.ar/files/upload/files/nutrientes\\_huevo.pdf](http://www.sanutricion.org.ar/files/upload/files/nutrientes_huevo.pdf)  
 0,014 mg Mn / unidad huevo

## ANEXO 3 COTIZACION CICOTOX



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Facultad de Farmacia y Bioquímica  
Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental  
CICOTOX



Jr. Puno N° 1002 - Lima, Teléfono: 328-7700

**COTIZACIÓN N° 0064/FFB-CTX-2018**

jueves, 03 de mayo de 2018

Estimado(a): Sr. Oscar Santisteban Rojas

**TESIS**

Es grato dirigirme a usted para hacerle llegar un cordial saludo y a su vez atender a su solicitud con las especificaciones mencionadas.

Muestra	Cant.	Descripción	Costo unitario (S/.)	Total (S/.)
50 MUESTRAS DE HUEVO	100	PRETRATAMIENTO DE MUESTRA	S/. 30.00	S/. 3,000.00
			<b>MONTO TOTAL</b>	S/. 3,000.00
			<b>DESCUENTO</b>	0%
			<b>TOTAL CON DESCUENTO (INCLUYE IGV)</b>	S/. 3,000.00

FORMA DE PAGO	MONTO	BANCO
1º PAGO (Boleta)	S/. 1,500.00	CAJA DE LA FACULTAD
2º PAGO (Boleta)	S/. 1,500.00	CAJA DE LA FACULTAD
<b>Monto total a pagar</b>	<b>S/. 3,000.00</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Entrega de resultados</b>	10 días recepción de la muestra (previamente cancelada)	

Se les informa que en la Resolución de Superintendencia N° 063-2012/SUNAT, se incluye a toda prestación de servicios gravados con el IGV, como operación sujeta al Sistema de Pago de Obligaciones Tributarias con el Gobierno Central (Deducciones), lo cual implica a nivel de la Facultad que se encuentran afectos todos los servicios que incluyen IGV. Por tal motivo, a partir de la fecha toda facturación con montos superiores a S/ 700.00 Nuevos Soles incluido IGV, tendrán que realizar el depósito del 10 % del monto total del servicio a la Cta. Cte. N° 00000622435 de Deducciones de la UNMSM en el Banco de la Nación, indicando el Nro. de la Factura que le daremos a saber oportunamente.

Quedo de usted para cualquier consulta posterior

Dr. José Alfonso Apesteeguía Infantes  
Director de CICOTOX



F02-V01

Figura 6. Cotización CICOTOX.

Fuente: Elaboración propia (Laboratorio Centro de Control Analítico, CCA, de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM, Perú)

## ANEXO 4 Condiciones Espectrofotométricas para la medición de metales pesados por Absorción Atómica

### CONDICIONES ESPECTROFOTOMÉTRICAS

#### Arsénico

- Longitud de onda: 193,7 nm
- Ranura: 0,5 nm
- Corrección de fondo: Lámpara de deuterio (D2)
- Corriente de lámpara: 12mA
- Tiempo de lectura: 4 seg
- Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de Arsénico
- Medida de señal: Absorbancia
- Calentamiento eléctrico temperatura 900 °C
- Flujo de gas argón: 200 mL/min

#### Mercurio

- Longitud de onda: 253.7 nm
- Ranura: 0,5 nm
- Corrección de fondo: Lámpara de deuterio (D2)
- Corriente de lámpara: 6mA
- Tiempo de lectura: 4 seg
- Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de Mercurio
- Medida de señal: Absorbancia
- Flujo de gas argón: 25 mL/min

#### Plomo

- Longitud de onda: 217,0 nm
- Ranura (Slit): 1,0 nm
- Corrección de fondo: Lámpara de deuterio (D2)
- Corriente de lámpara: 10 mA
- Tubo de grafito: Normal
- Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de Plomo
- Medida de señal: Área del pico

Figura 7. Condiciones Espectrofotométricas para la medición de metales pesados por Absorción Atómica, arsénico, mercurio, plomo.

Fuente: Elaboración propia (Laboratorio Centro de Control Analítico, CCA, de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM, Perú)

**Rampa de calentamiento del horno grafito:**

Fase	Temperatura (°C)	Tiempo (seg)	Rampa (°C/seg)	Gas flujo
1	105	18.0	60	0.3L/min
2	400	5.0	150	0.3L/min
3	400	0.5	50	Apagado
4	1800	2.0	0	Apagado
5	2600	4.0	0	0.3L/min

**Cadmio**

- Longitud de onda: 228,8 nm
- Ranura (Slit): 0,5 nm
- Corrección de fondo: Lámpara de deuterio (D2)
- Corriente de lámpara: 8 mA
- Tubo de grafito: Normal
- Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de Cadmio
- Medida de señal: Área del pico

**Rampa de calentamiento del horno grafito:**

Fase	Temperatura (°C)	Tiempo (sg)	Rampa (°C/sg)	Gas flujo
1	130	19.0	130	0.2L/min
2	350	10.0	44	0.2L/min
3	1200	2.0	0	Apagado
4	2500	2.0	650	0.2L/min

Figura 8. Condiciones Espectrofotométricas, Rampa de calentamiento del horno de grafito, cadmio

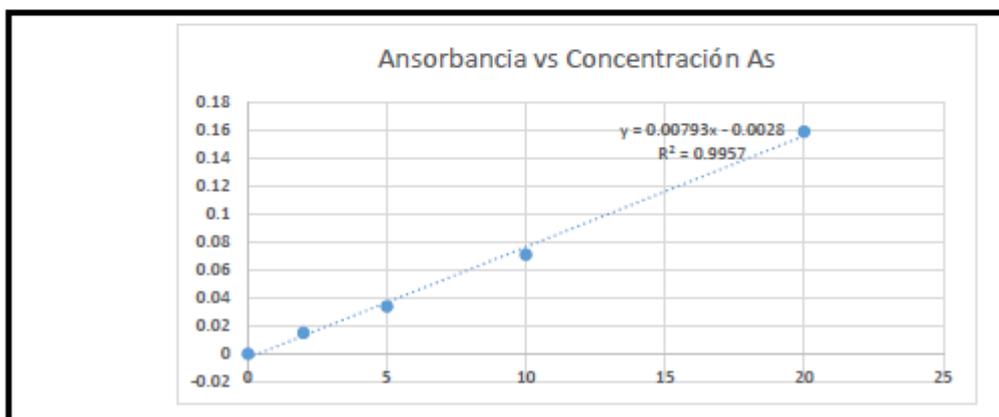
Fuente: Elaboración propia (Laboratorio Centro de Control Analítico, CCA, de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM, Perú)

## ANEXO 5 Curva de calibración de arsénico

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)  
CENTRO DE INFORMACIÓN, CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN  
CICOTOX  
INFORME INTERNO DE LABORATORIO  
**ANÁLISIS CUANTITATIVO** .44S - As

CÓDIGO	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	MUESTRA	ANÁLISIS
85310 - 85409	10/11/2018	08:40 a.m.	10:30 p.m.	Huevos de codomiz	Arsénico
VOLUMEN DE MUESTRA	Flujo continuo	LONGITUD DE ONDA	193.7 nm	PRE TRATAMIENTO	-

NOMBRE	CONCENTRACIÓN $\mu\text{g/L}$ (ppb)	ABSORBANCIA
Blanco	0	0.000
Estándar 1	2	0.015
Estándar 2	5	0.034
Estándar 3	10	0.071
Estándar 4	20	0.159



ANALIZADO POR:	REVISADO POR:
Q.F. Americo Figueroa	Dr. Alfonso Apestegua

Figura 9. Informe interno, curva de calibración de arsénico.

Fuente: Elaboración propia (Laboratorio Centro de Control Analítico, CCA, de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM, Perú)

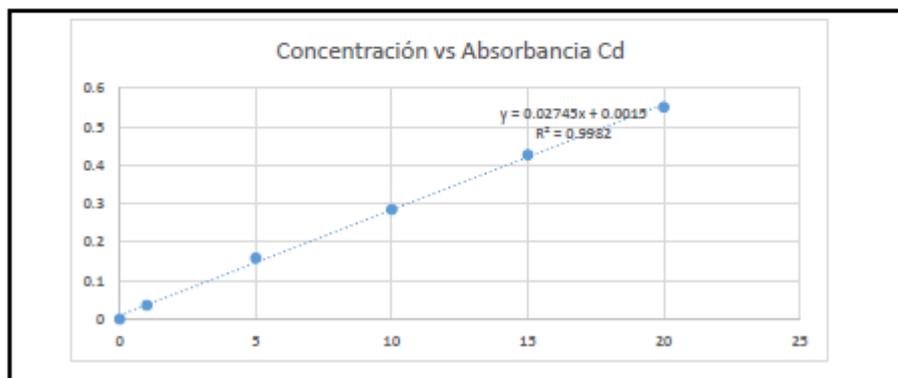
## ANEXO 6 Curva de calibración de Cadmio

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)  
CENTRO DE INFORMACIÓN, CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN  
CICOTOX  
**INFORME INTERNO DE LABORATORIO**  
**ANÁLISIS CUANTITATIVO** *AAS - Cd*

CÓDIGO	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	MUESTRA	ANÁLISIS
85310 - 85409	10/11/2018	08:40 a.m.	10:30 p.m.	Huevos de codorniz	Cadmio

VOLUMEN DE MUESTRA	LONGITUD DE ONDA	PRE TRATAMIENTO
20 $\mu$ L	228.8 nm	-

NOMBRE	CONCENTRACIÓN $\mu$ g/L (ppb)	ABSORBANCIA
Blanco	0	0
Estándar 1	1	0.03
Estándar 2	5	0.125
Estándar 3	10	0.239
Estándar 4	15	0.387
Estándar 5	20	0.491



ANALIZADO POR:	REVISADO POR:
Q.F. Americo Figueroa	Dr. Alfonso Apesteuña

Figura 10. Curva de calibración de cadmio.

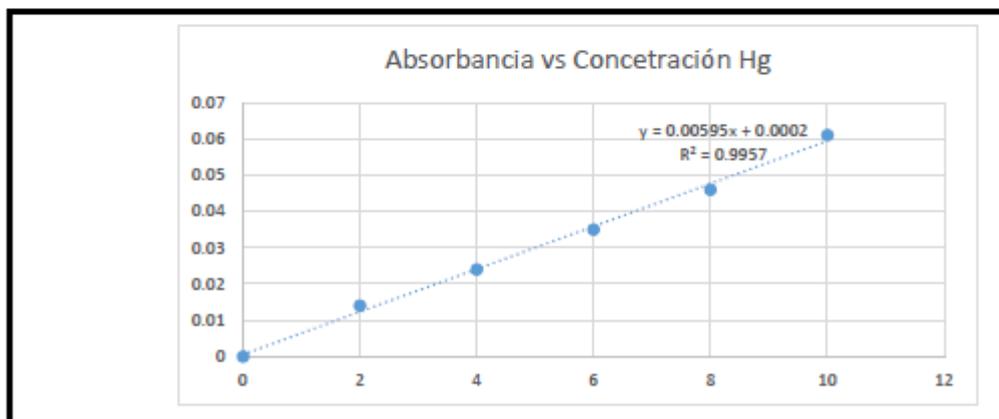
Fuente: Elaboración propia (Laboratorio Centro de Control Analítico, CCA de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM, Perú)

## ANEXO 7-Curva de calibración de Mercurio

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)  
CENTRO DE INFORMACIÓN, CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN  
CICOTOX  
INFORME INTERNO DE LABORATORIO  
ANÁLISIS CUANTITATIVO AAS - Hg

CÓDIGO	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	MUESTRA	ANÁLISIS
85310 - 85409	10/11/2018	08:40 a.m.	10:30 p.m.	Huevos de codomiz	Mercurio
VOLUMEN DE MUESTRA	Flujo continuo	LONGITUD DE ONDA	253.7 nm	PRE TRATAMIENTO	-

NOMBRE	CONCENTRACIÓN $\mu\text{g/L}$ (ppb)	ABSORBANCIA
Blanco	0	0.000
Estándar 1	2	0.014
Estándar 2	4	0.024
Estándar 3	6	0.035
Estándar 4	8	0.046
Estándar 5	10	0.061



ANALIZADO POR:	REVISADO POR:
Q.F. Americo Figueroa	Dr. Alfonso Apesteigua

Figura 11. Curva de calibración de mercurio.

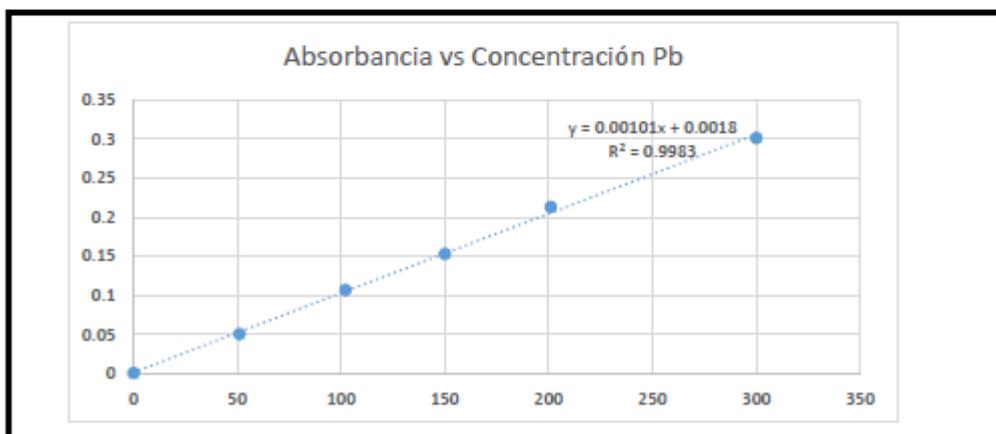
Fuente: Elaboración propia (Laboratorio Centro de Control Analítico, CCA, de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM, Perú)

## ANEXO 8 Curva de calibración de Plomo

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)  
CENTRO DE INFORMACIÓN, CONTROL TOXICOLÓGICO Y APOYO A LA GESTIÓN  
CICOTOX  
INFORME INTERNO DE LABORATORIO  
**ANÁLISIS CUANTITATIVO** A4S - Pb

CÓDIGO	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	MUESTRA	ANÁLISIS
85310 - 85409	10/11/2018	08:40 a.m.	10:30 p.m.	Huevos de codomiz	Plomo
VOLUMEN DE MUESTRA	20µL	LONGITUD DE ONDA	217.0 nm	PRE TRATAMIENTO	-

NOMBRE	CONCENTRACIÓN µg/L (ppb)	ABSORBANCIA
Blanco	0	0.001
Estándar 1	51	0.051
Estándar 2	102	0.107
Estándar 3	150	0.153
Estándar 4	201	0.213
Estándar 5	300	0.301



ANALIZADO POR:	REVISADO POR:
Q.F. Americo Figueroa	Dr. Alfonso Apesteguía

Figura 12. Curva de calibración de Plomo.

Fuente: Elaboración propia (Laboratorio Centro de Control Analítico, CCA, de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNJMSM, Perú)

ANEXO 9 Cotización con empresa Servicios Analíticos Generales para  
determinación por ICO óptico. SAG COTIZACIÓN

**SAG**

Servicios Analíticos Generales S.A.C.



Registro N° LE-047

Dirección de Acreditación INACAL

NTP - ISO / IEC 17025:2006

**COTIZACIÓN N° 2019-01VH-2-1**

**CLIENTE:**

**SANTISTEBAN ROJAS OSCAR PEDRO**

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**

Es un laboratorio que brinda Servicios Ambientales de Análisis y Muestreo de Aguas, Suelo, Aire, Emisiones Gaseosas y Salud Ocupacional. Laboratorio Acreditado en Ensayos Hidrobiológicos (Fitoplacton, Zooplacton, Macroinvertebrados Bentónicos, Perifiton, Organismos de vida libre).

**PERSONAL CALIFICADO**

SAG S.A.C. cuenta con personal calificado con experiencia en realización de muestreos y análisis químicos, fisicoquímicos, instrumentales, biológicos e hidrobiológicos. Nuestro personal está entrenado para la toma de decisiones en campo cumpliendo las normativas y procedimientos nacionales, internacionales y protocolos de muestreo.

**ACREDITACIÓN**

SAG S.A.C. es un laboratorio de tercera parte (Organismo de evaluación de la conformidad independiente del fabricante o proveedor del producto o servicio cuya conformidad evaluará y del destinatario del mismo). Tiene el reconocimiento de INACAL como laboratorio acreditado de acuerdo a la norma NTP-ISO / IEC-17025:2006, contando actualmente con 113 métodos acreditados.

**ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD**

SAG S.A.C. para asegurar la confiabilidad de los resultados de análisis aplica metodologías normalizadas basados en el APHA, EPA, ASTM y NTP. Así mismo, hace uso de técnicas estadísticas para la evaluación de sus resultados.

Av. Naciones Unidas Nro. 1565 - Lima 1 - RUC 20514746355  
Central Telefónica: 425-6885 Email: [atencionalcliente@sagperu.com](mailto:atencionalcliente@sagperu.com)

Figura 13. Cotización SAG I.

Fuente: Elaboración propia (Servicios Analíticos Generales, SAG SAC)

ANEXO 9 Cotización con empresa Servicios Analíticos Generales para determinación por ICO óptico ...

**SAG** Servicios Analíticos Generales S.A.C.

P.V. 005  
Versión: 16  
F.F.: 02/2018  
**1 de 3**

COTIZACIÓN PARA SERVICIOS DE LABORATORIO N° 2019-01VH-2-1			
CLIENTE:	SANTISTEBAN ROJAS OSCAR PEDRO	FECHA:	2019-01-03
DIRECCIÓN:	----- - LIMA - LIMA - LIMA	RUC:	10155929150
TELÉFONO:	997911565	E-MAIL:	oscar.santisteban1@unmsm.edu.pe
CONTACTO:	OSCAR PEDRO SANTISTEBAN ROJAS		
Referencia / Procedencia :	Reservado por el cliente		
Facturar a:	SANTISTEBAN ROJAS OSCAR PEDRO		

AGUAS						
ANÁLISIS	METODOLOGÍA	LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN	UNIDAD	N° DE MUESTRAS	PRECIO UNITARIO (S/)	PRECIO TOTAL (S/)
ANÁLISIS DE METALES						
*Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Calcio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Silicio(SiO2), Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Tantalio, Titanio, Vanadio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version / 1994. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry.	Variable N° 3++	mg/L	20	140.00	3,920.00
AGUAS - SUB TOTAL						3,920.00
AGUAS - SUB TOTAL CON DESCUENTO DE 22 %						3,038.00

SUB TOTAL SERVICIO DE ANÁLISIS	3,038.00
SUB TOTAL (SERVICIO DE ANALISIS + OTROS GASTOS)	3,038.00
IGV (18%)	546.84
TOTAL S/	3,584.84

Observaciones:	
* En caso de que se presenten problemas o gastos no previstos en el curso de la prestación de los servicios, SAG deberá informar al respecto al cliente y tendrá derecho al cobro de los honorarios adicionales para cubrir el tiempo y los costos adicionales en que haya incurrido obligatoriamente para prestar los servicios.	
Observaciones para el cliente	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Las muestras ingresadas deben estar acompañadas por la <u>copia de la cotización del servicio y copia de control</u> con los datos completos que se solicita, caso contrario las muestras no serán aceptadas.</li> <li>* Todos los resultados serán reportados en 01 informe de ensayo.</li> <li>* Para los análisis acreditados y con la finalidad que no se supere el tiempo de preservación, favor de considerar el "DA-002 Tomo de muestra, preservación y tiempo de conservación para el análisis"</li> <li>* Los envíos a Lima deben ir dirigidos a: Percy Tafur Goñas DNI:40746045 y SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C. Av. Naciones Unidas 1565 Urb. Chacra Ríos Norte – Cercado de Lima, RUC: 20514746355.</li> <li>* El servicio de recojo del flete por parte de SAG desde la agencia, es de lunes a viernes. En caso el cliente haga envíos fuera del horario indicado, debe informar a su ejecutivo de ventas con 2 días de anticipación como mínimo. Caso contrario las muestras no serán recogidas y de haber muestras perecibles, el laboratorio no se responsabiliza que dichos resultados no alcancen la acreditación.</li> <li>* En el caso de enviar muestras sábados y domingos, remitirlas a nombre de Luis Alberto Poma Pando, DNI 10007646 y SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C. Av. Naciones Unidas 1565 Urb. Chacra Ríos Norte – Cercado de Lima, RUC: 20514746355.</li> <li>* Para envíos de muestras vía aérea, de lunes a domingo remitirlas a nombre de SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C. Av. Naciones Unidas 1565 Urb. Chacra Ríos Norte – Cercado de Lima, RUC: 20514746355.</li> </ul>
Servicios Analíticos Generales S.A.C., podrá cambiar los métodos de ensayo por razones técnicas y/o operativas. La versión de la norma podrá cambiar según la normativa.	

Av. Naciones Unidas Nro. 1565 - Lima 1 - RUC 20514746355  
Central Telefónica: 425-6885 Email: [atencionalcliente@sagperu.com](mailto:atencionalcliente@sagperu.com)

Figura 14. Cotización SAG II.

Fuente: Elaboración propia (Servicios Analíticos Generales, SAG SAC)

## ANEXO 9 Cotización con empresa Servicios Analíticos Generales para determinación por ICO óptico ...



Servicios Analíticos Generales S.A.C.

Pv. 005  
Versión: 16  
F.S.: 02/2018

**2 de 3**

Para el caso de mediciones de pH en laboratorio tener en cuenta que el ensayo presenta un tiempo de vida de 15 minutos, pasado ese tiempo pierde la condición de acreditado por ser considerado una muestra no idónea. Por lo cual en el informe de ensayo tendrá la indicación "El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por INACAL, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo". Se recomienda optar por pH medición en campo para que no pierda la condición de acreditado.

Los resultados de análisis de aguas y calidad de aire serán enviados vía digital en 9 días útiles (y conformes a las condiciones de pago) de haber recepcionado la muestra, se exceptúan los ensayos cromatográficos, salmonella, suelos e hidrobiológicos en los cuales los tiempos se podrán extender hasta 21 días útiles.

Se remite el informe vía digital solicitando que el cliente confirme los datos del encabezado del informe u otra información. Una vez recibida la información vía correo se procede a la impresión del mismo. En un máximo de 48 horas el informe es remitido en físico al cliente por la mensajería si esta considerado en la cotización el costo de envío. Para los clientes que su cotización no incluye el envío de informes podrán apersonarse a nuestras instalaciones a recoger su informe a las 24 horas de confirmada su impresión. Cualquier cambio posterior a la emisión del informe en físico será remitido como informe suplementario y cobro adicional.

Para consultas sobre los resultados de análisis, fecha de entrega del informe de ensayo, quejas, sugerencias u otros; por favor dirigir su comunicación al área de Atención al Cliente [[atencionalcliente@sagperu.com](mailto:atencionalcliente@sagperu.com) / RPC: 977-189-625 / 425-6885 anexo: 129].

En color azul los Métodos Acreditados ante INACAL-DA bajo la norma NTP-ISO/IEC-17025

En color rojo los Métodos que no realiza el Laboratorio y que no son acreditados, que son tercerizados.

En color verde los Métodos Acreditados ante INACAL-DA que serán subcontratados.

\* El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

\*\* Expresado como límite de detección del método

**I. NOMENCLATURA DE NORMAS:**

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF, 22nd. Edition, 2012.

ASTM: American Society for Testing and Materials. EPA: Environmental Protection Agency.

ISO: International Organization for Standardization. NTP: Norma Técnica Peruana.

OSHA: Occupational Safety and Health Administration. NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health.

SW-846: EPA Waste's Official Compendium of Analytic and Sampling Methods that have been evaluated and approved for use in complying with RCRA regulations.

**II. CONDICIONES DE PAGO**

a. - Los precios están valorizados en SOLES.

b.- Pago adelantado del 50 % y saldo antes de la entrega del informes de ensayos. (para montos mayores a S/. 700.00 antes de abonar el 12% a la cuenta de deducciones, solicitar la factura correspondiente) Dicho pago deberá realizarse con cheque a nombre de SERVICIOS ANALITICOS GENERALES SAC, Transferencia o depósito en nuestras cuentas indicadas abajo, no se aceptarán pagos en efectivo. Adicionalmente se enviará el voucher de pago escaneado indicando el N° de cotización por correo electrónico a [ventas@sagperu.com](mailto:ventas@sagperu.com)

c.- Toda constancia de transferencia o depósito debe indicar la BAZÓN SOCIAL y N° RUC del cliente, así como el N° FACTURA y COTIZACIÓN DEL SERVICIO APROBADO, caso contrario no se podrá identificar el pago.

Banco	Moneda	N° de Cuenta Corriente	Código de Cuenta Interbancario
LIMA			
Banco de Crédito del Perú.	Soles	(**)Indicar Servicio de Recaudación	002-191-002401338038-51
BBVA Continental.	Soles	(**) Indicar código de recaudo: 5571	011-108000100029321-85
Scotiabank.	Soles	(**)Indicar Servicio de Recaudación	009-073-000008734577-83
Banco de la Nación del Perú.	Soles	0015000244	01801500001500024482
*Cuenta Corriente de Deducciones (12%)			
Banco de la Nación del Perú.	Soles		00-021-007587

\* Sistema de Pago de Obligaciones Tributarias D.L. No. 940 (12%). Aplicable por ingresos mayores a S/.700.00. Por ley es obligación del cliente realizar el pago de la deducción a nuestra cuenta en el Banco de la Nación.

d.- Para depósitos en efectivo o abonos en cheques de otros bancos, los pagos pueden realizarse también a nivel nacional en cualquier agencia Scotiabank, CreditScotia, Agentes, Cajeros Express SCI o Internet. El costo por operación es potestad de la entidad bancaria.

(\*\*) Indicar en ventanilla, de manera obligatoria que realizará un bono a Servicios Analíticos Generales POR SERVICIO DE RECAUDACIÓN, con la referencia del número de RUC o DNI de la empresa facturada, caso contrario no se podrá identificar el pago.

e.- Para pagos a través del Banco Continental indicar en ventanilla de manera obligatoria como REFERENCIA el número de RUC, DNI o FACTURA de la empresa facturada, caso contrario no se podrá identificar el pago.

**III. CONDICIONES DEL SERVICIO:**

Ver adjunto DA-057 Condiciones del servicio del laboratorio (Ver 01).

**IV. ACEPTACIÓN DEL SERVICIO:**

Av. Naciones Unidas Nro. 1565 - Lima 1 - RUC 20514746355  
 Central Telefónica: 425-6885 Email: [atencionalcliente@sagperu.com](mailto:atencionalcliente@sagperu.com)

Figura 15. Cotización SGA III.

Fuente: Elaboración propia (Servicios Analíticos Generales, SAG SAC)

ANEXO 9 Cotización con empresa Servicios Analíticos Generales para determinación por ICP óptico.



Servicios Analíticos Generales S.A.C.

PV: 005  
Versión: 16  
F.E.: 02/2018

3 de 3

a. De ser aceptada nuestra propuesta, le solicitamos nos notifique mediante una orden de servicio, orden de compra o respuesta afirmativa vía E-mail de la presente cotización al correo electrónico [eestacio@sagperu.com](mailto:eestacio@sagperu.com) y [ventas@sagperu.com](mailto:ventas@sagperu.com), haciendo referencia al número de cotización.

b. Cotización válida por 30 días

Atentamente,

**Elvis Estacio**

Ejecutivo Comercial

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Central Telefónica: 425-6885 Anexo: 130

[Email: Eestacio@sagperu.com](mailto:Eestacio@sagperu.com)

[Web: www.sagperu.com](http://www.sagperu.com)

Av. Naciones Unidas Nro. 1565 - Lima 1 - RUC: 20514746355  
Central Telefónica: 425-6885 Email: [atencioncliente@sagperu.com](mailto:atencioncliente@sagperu.com)

Figura 16. Cotización SGA IV.

Fuente: Elaboración propia (Servicios Analíticos Generales, SAG SAC)

## ANEXO 10 Protocolo de Análisis Toxicológico CICOTOX



Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Universidad del Perú. Decana de América  
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N° 85310 - 85325

## PROTOKOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sr. Oscar Pedro Santesteban Rojas

TESIS: COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE PLOMO, MERCURIO, CADMIO Y ARSÉNICO EN PIENSOS Y HUEVOS DE CODORNIZ (*Coturnix Coturnix Japonica*), PRODUCIDOS EN EMPRESAS FÓRMALES E INFORMALES Y COMERCIALIZADOS EN MERCADOS, SUPERMERCADOS Y AMBULATORIAMENTE EN LA REGIÓN LIMA

FECHA DE RECEPCIÓN: 28 de Octubre de 2018 HORA 08:50 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10 de Noviembre de 2018 HORA 08:40 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 24 de Noviembre de 2018 HORA 10:30 p.m.

MÉTODOS:  
Determinación de plomo por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.  
Determinación de cadmio por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.  
Determinación de arsénico por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros.  
Determinación de mercurio por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros-Vapor Frio.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
85310	Blanco 1	Cuantificación de Plomo	12.41 ppb
85311		Cuantificación de Cadmio	0.80 ppb
85312		Cuantificación de Arsénico	0.64 ppb
85313		Cuantificación de Mercurio	0.16 ppb
85314	Blanco 2	Cuantificación de Plomo	5.83 ppb
85315		Cuantificación de Cadmio	3.03 ppb
85316		Cuantificación de Arsénico	0.60 ppb
85317		Cuantificación de Mercurio	0.15 ppb
85318	Huevos de codorniz (Código: MOR CL)	Cuantificación de Plomo	8.32 ppb
85319		Cuantificación de Cadmio	2.91 ppb
85320		Cuantificación de Arsénico	0.74 ppb
85321		Cuantificación de Mercurio	N.D.
85322	Huevos de codorniz (Código: MOR YEM)	Cuantificación de Plomo	47.86 ppb
85323		Cuantificación de Cadmio	2.74 ppb
85324		Cuantificación de Arsénico	0.84 ppb
85325		Cuantificación de Mercurio	N.D.

\*N.D. No detectable

Lima, 24 de noviembre de 2018

  
 Director de CICOTOX  
 Dr. José A. Apesteeguía Infantes  
 Esp. Toxicología & Química Legal  
 C.Q.F.P. N° 06538  
 RNE 240  
 D.N.I. N° 09359857


  
 AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS  
 CQFP: 18579

## RECOGE RESULTADO

NOMBRE: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_  
D.N.I.: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recibido el resultado.

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"  
Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 - Lima 1  
E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Figura 17. Protocolo de análisis toxicológico I.

Fuente: Elaboración propia (CICOTOX - CENPROFARMA - FFyB-UNMSM)

## ANEXO 10 Protocolo de Análisis Toxicológico ...



Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Universidad del Perú. Decana de América  
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

Nº 85326 - 85341

## PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sr. Oscar Pedro Santisteban Rojas

TESIS: COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE PLOMO, MERCURIO, CADMIO Y ARSENICO EN PIENSOS

Y HUEVOS DE CODORNIZ(Coturnix Coturnix Japonica), PRODUCIDOS EN EMPRESAS FORMALES E INFORMALES Y

COMERCIALIZADOS EN MERCADOS, SUPERMERCADOS Y AMBULATORIAMENTE EN LA REGION LIMA

FECHA DE RECEPCIÓN: 28 de Octubre de 2018 HORA: 08:30 p.m

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10 de Noviembre de 2018 HORA: 08:40 a.m

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 24 de Noviembre de 2018 HORA: 10:30 p.m

## MÉTODOS:

Determinación de plomo por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

Determinación de cadmio por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

Determinación de arsénico por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros.

Determinación de mercurio por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros-Vapor Frío

Nº ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
85326	Huevos de codorniz (Código: BAY CL)	Cuantificación de Plomo	272,58 ppb
85327		Cuantificación de Cadmio	3,19 ppb
85328		Cuantificación de Arsénico	0,65 ppb
85329		Cuantificación de Mercurio	0,19 ppb
85330	Huevos de codorniz (Código: BAY YEM)	Cuantificación de Plomo	11,64 ppb
85331		Cuantificación de Cadmio	1,15 ppb
85332		Cuantificación de Arsénico	0,53 ppb
85333		Cuantificación de Mercurio	N.D.
85334	Huevos de codorniz (Código: SIM CL)	Cuantificación de Plomo	N.D.
85335		Cuantificación de Cadmio	5,45 ppb
85336		Cuantificación de Arsénico	N.D.
85337		Cuantificación de Mercurio	N.D.
85338	Huevos de codorniz (Código: SIM YEM)	Cuantificación de Plomo	14,09 ppb
85339		Cuantificación de Cadmio	8,30 ppb
85340		Cuantificación de Arsénico	0,52 ppb
85341		Cuantificación de Mercurio	0,05 ppb

\*N.D.: No detectable

Lima, 24 de noviembre de 2018

  
 Director CICOTOX  
 Dr. José A. Apesteeguía Infantes  
 Esp. Toxicología & Química Legal  
 C.Q.F.P. N° 06538  
 RNE 240  
 D.N.I. N° 09359857


  
 M.F. AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS  
 QQP: 18579

## RECOGE RESULTADO

NOMBRE: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_

D.N.I.: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado.

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓNICO"  
 Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 - Lima 1  
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Figura 18. Protocolo de análisis toxicológico II.

Fuente: Elaboración propia (CICOTOX –CENPROFARMA - FFyB-UNMSM)

## ANEXO 10 Protocolo de Análisis Toxicológico ...



Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Universidad del Perú. Decana de América  
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N° 85342 - 85357

## PROTOKOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sr. Oscar Pedro Santisteban Rojas

TESIS: COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE PLOMO, MERCURIO, CADMIO Y ARSENICO EN PIENSOS

Y HUEVOS DE CODORNIZ(*Coturnix Coturnix japonica*), PRODUCIDOS EN EMPRESAS FORMALES E INFORMALES Y COMERCIALIZADOS EN MERCADOS, SUPERMERCADOS Y AMBULATORIAMENTE EN LA REGION LIMA

FECHA DE RECEPCIÓN: 28 de Octubre de 2018 HORA: 08:50 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10 de Noviembre de 2018 HORA: 08:40 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 24 de Noviembre de 2018 HORA: 10:30 p.m.

## MÉTODOS:

Determinación de plomo por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

Determinación de cadmio por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

Determinación de arsénico por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros

Determinación de mercurio por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros-Vapor Frio

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
85342	Huevos de codorniz (Código: ATE CL)	Cuantificación de Plomo	106,96 ppb
85343		Cuantificación de Cadmio	15,73 ppb
85344		Cuantificación de Arsénico	0,58 ppb
85345		Cuantificación de Mercurio	0,54 ppb
85346	Huevos de codorniz (Código: ATE YEM)	Cuantificación de Plomo	185,49 ppb
85347		Cuantificación de Cadmio	3,28 ppb
85348		Cuantificación de Arsénico	N.D.
85349		Cuantificación de Mercurio	0,07 ppb
85350	Huevos de codorniz (Código: USM CL)	Cuantificación de Plomo	200,98 ppb
85351		Cuantificación de Cadmio	0,99 ppb
85352		Cuantificación de Arsénico	0,72 ppb
85353		Cuantificación de Mercurio	0,87 ppb
85354	Huevos de codorniz (Código: USM YEM)	Cuantificación de Plomo	N.D.
85355		Cuantificación de Cadmio	8,59 ppb
85356		Cuantificación de Arsénico	0,46 ppb
85357		Cuantificación de Mercurio	0,08 ppb

\*N.D. No detectable

Lima, 24 de noviembre de 2018

  
 Director de CICOTOX  
 Dr. José A. Apesteigua Infantes  
 Esp. Toxicología & Química Legal  
 C.Q.F.P. N° 06538  
 RNE 240  
 D.N.I. N° 09359857

  
 AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS  
 COFP: 18579



## RECIBE RESULTADO

NOMBRE: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_

D.N.I.: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado.

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"  
 Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima 1 -- Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 – Lima 1  
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Figura 19. Protocolo de análisis toxicológico III.

Fuente: Elaboración propia (CICOTOX –CENPROFARMA - FFyB-UNMSM)

## ANEXO 10 Protocolo de Análisis Toxicológico ...



Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Universidad del Perú. Decana de América  
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

N° 85358 - 85373

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sr. Oscar Pedro Santisteban Rojas

TESIS: COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE PLOMO, MERCURIO, CADMIO Y ARSÉNICO EN PIENSOS

Y HUEVOS DE CODORNIZ (*Coturnix Coturnix Japonica*), PRODUCIDOS EN EMPRESAS FORMALES E INFORMALES Y

COMERCIALIZADOS EN MERCADOS, SUPERMERCADOS Y AMBULATORIAMENTE EN LA REGIÓN LIMA

FECHA DE RECEPCIÓN: 28 de Octubre de 2018 HORA: 08:50 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10 de Noviembre de 2018 HORA: 08:40 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 24 de Noviembre de 2018 HORA: 10:30 p.m.

MÉTODOS:

Determinación de plomo por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

Determinación de cadmio por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

Determinación de arsénico por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros

Determinación de mercurio por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros-Vapor Frio

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
85358	Huevos de codorniz (Código: PELL V)	Cuantificación de Plomo	N.D.
85359		Cuantificación de Cadmio	1.71 ppb
85360		Cuantificación de Arsénico	0.40 ppb
85361		Cuantificación de Mercurio	N.D.
85362	Huevos de codorniz (Código: PUR PND)	Cuantificación de Plomo	N.D.
85363		Cuantificación de Cadmio	3.30 ppb
85364		Cuantificación de Arsénico	N.D.
85365		Cuantificación de Mercurio	0.41 ppb
85366	Huevos de codorniz (Código: COG)	Cuantificación de Plomo	N.D.
85367		Cuantificación de Cadmio	1.63 ppb
85368		Cuantificación de Arsénico	N.D.
85369		Cuantificación de Mercurio	0.41 ppb
85370	Huevos de codorniz (Código: HRL I)	Cuantificación de Plomo	N.D.
85371		Cuantificación de Cadmio	1.24 ppb
85372		Cuantificación de Arsénico	3.91 ppb
85373		Cuantificación de Mercurio	N.D.

\*N.D. No detectable

Lima, 24 de noviembre de 2018

Director de CICOTOX

Dr. José A. Apestegui Infantes  
Esp. Toxicología & Química Legal  
C.O.F.P. N° 06538  
RNE 240  
D.N.I. N° 09359857



F. AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS  
CQFP: 18579

RECIBE RESULTADO

NOMBRE: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_  
D.N.I.: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recibido el resultado.

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓNICO"

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 - Lima 1

E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe

http://farmacia.unmsm.edu.pe

Figura 20. Protocolo de análisis toxicológico IV.

Fuente: Elaboración propia (CICOTOX - CENPROFARMA - FFyB-UNMSM)

## ANEXO 10 Protocolo de Análisis Toxicológico ...



Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Universidad del Perú. Decana de América  
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

Nº 85374 - 85389

## PROTOKOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sr. Oscar Pedro Santisteban Rojas

TESIS: COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE PLOMO, MERCURIO, CADMIO Y ARSENICO EN PIENSOS

Y HUEVOS DE CODORNIZ(Catarrax Casarius Japonica), PRODUCIDOS EN EMPRESAS FORMALES E INFORMALES Y

COMERCIALIZADOS EN MERCADOS, SUPERMERCADOS Y AMBULATORIAMENTE EN LA REGION LIMA

FECHA DE RECEPCIÓN: 28 de Octubre de 2018 HORA 08:50 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10 de Noviembre de 2018 HORA 08:40 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 24 de Noviembre de 2018 HORA 10:30 p.m.

## MÉTODOS:

Determinación de plomo por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

Determinación de cadmio por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

Determinación de arsénico por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros.

Determinación de mercurio por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros-Vapor Frio.

Nº ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
85374	Huevos de codorniz (Código: HRL2)	Cuantificación de Plomo	N.D.
85375		Cuantificación de Cadmio	1.48 ppb
85376		Cuantificación de Arsénico	0.55 ppb
85377		Cuantificación de Mercurio	0.11 ppb
85378	Huevos de codorniz (Código: TOTT)	Cuantificación de Plomo	N.D.
85379		Cuantificación de Cadmio	0.52 ppb
85380		Cuantificación de Arsénico	0.47 ppb
85381		Cuantificación de Mercurio	0.24 ppb
85382	Huevos de codorniz (Código: MET)	Cuantificación de Plomo	313.10 ppb
85383		Cuantificación de Cadmio	0.55 ppb
85384		Cuantificación de Arsénico	0.36 ppb
85385		Cuantificación de Mercurio	0.93 ppb
85386	Huevos de codorniz (Código: EST VMT)	Cuantificación de Plomo	110.33 ppb
85387		Cuantificación de Cadmio	0.56 ppb
85388		Cuantificación de Arsénico	0.54 ppb
85389		Cuantificación de Mercurio	0.87 ppb

\*N.D. No detectable

Lima, 24 de noviembre de 2018

  
 Director de CICOTOX  
 Dr. José A. Apesteguía Infantes  
 Esp. Toxicología & Química Legal  
 C.Q.E.P. N° 06538  
 RNE 240  
 D.N.I. N° 09359857

  
 Américo A. FIGUEROA VARGAS  
 CQFP: 18579



## RECIBE RESULTADO

NOMBRE: \_\_\_\_\_

D.N.I: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

FIRMA: \_\_\_\_\_

HORA: \_\_\_\_\_

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado.

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"  
 Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 - Lima 1  
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Figura 21. Protocolo de análisis toxicológico V.

Fuente: Elaboración propia (CICOTOX –CENPROFARMA - FFyB-UNMSM)

## ANEXO 10 Protocolo de Análisis Toxicológico ...



Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Universidad del Perú. Decana de América  
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

Nº 85390 - 85405

## PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sr. Oscar Pedro Santisteban Rojas

TESIS: COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE PLOMO, MERCURIO, CADMIO Y ARSENICO EN PIENSOS

Y HUEVOS DE CODORNIZ(Coturnix Coturnix Japonica ), PRODUCIDOS EN EMPRESAS FORMALES E INFORMALES Y

COMERCIALIZADOS EN MERCADOS, SUPERMERCADOS Y AMBULATORIAMENTE EN LA REGIÓN LIMA.

FECHA DE RECEPCIÓN: 28 de Octubre de 2018 HORA 08:50 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10 de Noviembre de 2018 HORA 08:40 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 24 de Noviembre de 2018 HORA 10:30 p.m.

## MÉTODOS:

Determinación de plomo por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

Determinación de cadmio por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

Determinación de arsénico por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros.

Determinación de mercurio por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros-Vapor Frio.

Nº ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
85390	Huevos de codorniz (Código AVIC)	Cuantificación de Plomo	64.13 ppb
85391		Cuantificación de Cadmio	0.61 ppb
85392		Cuantificación de Arsénico	0.74 ppb
85393		Cuantificación de Mercurio	0.78 ppb
85394	Huevos de codorniz (Código WONG)	Cuantificación de Plomo	10.41 ppb
85395		Cuantificación de Cadmio	1.38 ppb
85396		Cuantificación de Arsénico	1.99 ppb
85397		Cuantificación de Mercurio	0.03 ppb
85398	Huevos de codorniz (Código AYAL)	Cuantificación de Plomo	258.22 ppb
85399		Cuantificación de Cadmio	0.76 ppb
85400		Cuantificación de Arsénico	N.D.
85401		Cuantificación de Mercurio	N.D.
85402	Huevos de codorniz (Código CHOS)	Cuantificación de Plomo	72.51 ppb
85403		Cuantificación de Cadmio	1.00 ppb
85404		Cuantificación de Arsénico	N.D.
85405		Cuantificación de Mercurio	0.44 ppb

\*N.D. No detectable

Lima, 24 de noviembre de 2018

  
 Director de CICOTOX  
 Dr. José A. Apestegui Infantes  
 Esp. Toxicología & Química Legal  
 C.Q.F.P. Nº 06538  
 RNE 240  
 D.N.I. Nº 09359857



  
 DR. AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS  
 CQFP: 18579

## RECOGE RESULTADO

NOMBRE: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_

D.N.I: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepción al resultado.

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"  
 Jr. Puno Nº 1002, Jardín Botánico – Lima 1 -- Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 – Lima 1  
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Figura 22. Protocolo de análisis toxicológico VI.

Fuente: Elaboración propia (CICOTOX –CENPROFARMA - FFyB-UNMSM)

## ANEXO 10 Protocolo de Análisis Toxicológico ...



Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Universidad del Perú. Decana de América  
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

Nº	85406	-	NO CODIFICADO
----	-------	---	---------------

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sr. Oscar Pedro Santisteban Rojas

TESIS: COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE PLOMO, MERCURIO, CADMIO Y ARSENICO EN PIENSOS

Y HUEVOS DE CODORNIZ (*Coturnix Coturnix Japonica*), PRODUCIDOS EN EMPRESAS FORMALES E INFORMALES Y

COMERCIALIZADOS EN MERCADOS, SUPERMERCADOS Y AMBULATORIAMENTE EN LA REGIÓN LIMA

FECHA DE RECEPCIÓN: 28 de Octubre de 2018 HORA 08:50 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10 de Noviembre de 2018 HORA 08:40 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 24 de Noviembre de 2018 HORA 10:30 p.m.

MÉTODOS:

Determinación de plomo por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

Determinación de cadmio por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

Determinación de arsénico por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros

Determinación de mercurio por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros-Vapor Frío

Nº ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
85406	Huevos de codorniz (Codigo CHOS ALC)	Cuantificación de Plomo	37.64 ppb
85407		Cuantificación de Cadmio	0.73 ppb
85408		Cuantificación de Arsénico	N D
85409		Cuantificación de Mercurio	N D
NO CODIFICADO	Huevos de codorniz (Codigo YEM LCL)	Cuantificación de Plomo	14.93 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Cadmio	1.13 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Arsénico	0.52 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Mercurio	1.27 ppb
NO CODIFICADO	Huevos de codorniz (Codigo REY)	Cuantificación de Plomo	24.17 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Cadmio	0.56 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Arsénico	0.75 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Mercurio	0.99 ppb
NO CODIFICADO	Huevos de codorniz (Codigo BELL)	Cuantificación de Plomo	224.61 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Cadmio	2.02 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Arsénico	N D
NO CODIFICADO		Cuantificación de Mercurio	0.66 ppb

\*N.D. No detectable

Lima, 24 de noviembre de 2018

  
 Director de CICOTOX  
 Dr. José A. Apesteguía Infantes  
 Esp. Toxicología & Química Legal  
 C.Q.F.P. N° 06538  
 RNE 240  
 D.N.I. N° 09359857

  
 E.F. AMERICO A. FIGUEROA VARGAS  
 CQFP: 18579



RECIBE RESULTADO

NOMBRE: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_

D.N.I.: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recibido el resultado

“FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO”  
 Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima 1 – Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 – Lima 1  
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Figura 23. Protocolo de análisis toxicológico VII.

Fuente: Elaboración propia (CICOTOX –CENPROFARMA - FFyB-UNMSM)

## ANEXO 10 Protocolo de Análisis Toxicológico ...



Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Universidad del Perú. Decana de América  
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

Nº	NO CODIFICADO	-	NO CODIFICADO
----	---------------	---	---------------

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sr. Oscar Pedro Santisteban Rojas

TESIS: COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE PLOMO, MERCURIO, CADMIO Y ARSÉNICO EN PIENSOS

Y HUEVOS DE CODORNIZ (*Coturnix Coturnix japonica*), PRODUCIDOS EN EMPRESAS FORMALES E INFORMALES Y

COMERCIALIZADOS EN MERCADOS, SUPERMERCADOS Y AMBULATORIAMENTE EN LA REGION LIMA.

FECHA DE RECEPCIÓN: 28 de Octubre de 2018 HORA 08:50 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10 de Noviembre de 2018 HORA 08:40 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 24 de Noviembre de 2018 HORA 10:30 p.m.

MÉTODOS:

Determinación de plomo por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

Determinación de cadmio por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito

Determinación de arsénico por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros

Determinación de mercurio por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros-Vapor Frio.

Nº ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
NO CODIFICADO	Huevos de codorniz (Código: CHAN)	Cuantificación de Plomo	N.D.
NO CODIFICADO		Cuantificación de Cadmio	0.62 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Arsénico	N.D.
NO CODIFICADO		Cuantificación de Mercurio	0.02 ppb
NO CODIFICADO	Huevos de codorniz (Código: LCL)	Cuantificación de Plomo	169.26 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Cadmio	6.12 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Arsénico	0.80 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Mercurio	0.70 ppb
NO CODIFICADO	Huevos de codorniz (Código: PTE)	Cuantificación de Plomo	5.69 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Cadmio	0.95 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Arsénico	N.D.
NO CODIFICADO		Cuantificación de Mercurio	N.D.
NO CODIFICADO	Huevos de codorniz (Código: HUAR PNIG)	Cuantificación de Plomo	54.95 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Cadmio	1.15 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Arsénico	2.65 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Mercurio	N.D.

\*N.D. No detectable

Lima, 24 de noviembre de 2018

  
 Director de CICOTOX  
 Dr. José A. Apesteña Infante  
 Esp. Toxicología & Química Legal  
 C.Q.F.P. N° 06538  
 RNE 240  
 D.N.I. N° 09359857

  
 MÉRICO A. FIGUEROA VARGAS  
 QFP: 185'9



RECOGE RESULTADO

NOMBRE: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_

D.N.I: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado.

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"  
 Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima 1 – Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 – Lima 1  
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Figura 24. Protocolo de análisis toxicológico VIII.

Fuente: Elaboración propia (CICOTOX –CENPROFARMA - FFyB-UNMSM)

## ANEXO 10 Protocolo de Análisis Toxicológico ...



Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Universidad del Perú. Decana de América  
Facultad de Farmacia y Bioquímica



Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental-CICOTOX

Nº	NO CODIFICADO	-	NO CODIFICADO
----	---------------	---	---------------

PROTOKOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Sr. Oscar Pedro Santisteban Rojas

TESIS: COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE PLOMO, MERCURIO, CADMIO Y ARSÉNICO EN PIENSOS Y HUEVOS DE CODORNIZ (*Coturnix Coturnix Japonica*), PRODUCIDOS EN EMPRESAS FORMALES E INFORMALES Y COMERCIALIZADOS EN MERCADOS, SUPERMERCADOS Y AMBULATORIAMENTE EN LA REGIÓN LIMA

FECHA DE RECEPCIÓN: 28 de Octubre de 2018 HORA 08:50 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10 de Noviembre de 2018 HORA 08:40 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 24 de Noviembre de 2018 HORA 10:30 p.m.

MÉTODOS:  
Determinación de plomo por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito  
Determinación de cadmio por espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito  
Determinación de arsénico por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros  
Determinación de mercurio por espectrofotometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros-Vapor Frío

Nº ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
NO CODIFICADO	Huevos de codorniz (Código: HUACH)	Cuantificación de Plomo	N.D.
NO CODIFICADO		Cuantificación de Cadmio	1.00 ppb
NO CODIFICADO		Cuantificación de Arsénico	N.D.
NO CODIFICADO		Cuantificación de Mercurio	N.D.

\*N.D. No detectable

Lima, 24 de noviembre de 2018

  
 Director de CICOTOX  
 Dr. José A. Apesteigua Infantes  
 Esp. Toxicología & Química Legal  
 C.Q.F.P. Nº 06538  
 RNE 240  
 D.N.I. Nº 09359857



  
 D.F. AMÉRICO K. FIGUEROA VARGAS  
 CQFP: 18579

RECOGE RESULTADO

NOMBRE: \_\_\_\_\_ FIRMA: \_\_\_\_\_  
 D.N.I: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

IMPORTANTE: Cualquier reclamo se atenderá en un plazo máximo de 30 días de recepcionado el resultado

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"  
 Jr. Puno Nº 1002, Jardín Botánico – Lima 1 – Perú Teléfonos: (511) 328-7700 Ap. Postal 4559 – Lima 1  
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

Figura 25. Protocolo de análisis toxicológico IX.

Fuente: Elaboración propia (CICOTOX –CENPROFARMA - FFyB-UNMSM)

## ANEXO 11 Informe de Ensayo SAG



### INFORME DE ENSAYO N° 130083 - 2019

**RAZÓN SOCIAL** : SANTISTEBAN ROJAS OSCAR PEDRO  
**DOMICILIO LEGAL** : LIMA - LIMA - LIMA  
**SOLICITADO POR** : SANTISTEBAN ROJAS OSCAR PEDRO  
**REFERENCIA** : UNMSM  
**PROCEDENCIA** : RESERVADO POR EL CLIENTE  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS** : 2019-01-07  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS** : 2019-01-09 AL 2019-01-14  
**FECHA(S) DE MUESTREO** : ---  
**MUESTREADO POR** : EL CLIENTE

#### I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	Unidades
Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Silice(SiO <sub>2</sub> ), Plata, Sodio, Estroncio, Tallo, Estaño, Titanio, Vanadio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version / 1994. Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry.	mg/L

  
 Quím. Belbeth Y. Fajardo León  
 C.Q.P. N° 648  
 Asesor Técnico Químico

Página 1 de 8

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW)-APHA-AWWA-WEF 22nd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana  
 OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Solo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
 Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Cod: FI01  
 Version: 08  
 F.E: 08/2016

AV. Naciones Unidas N°1565 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Peru Central Telefonica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109\*1133  
 Website: www.sagperu.com E-mail: sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com

Figura 26. Informe de ensayo SAG I.

Fuente: Elaboración propia (Servicios Analíticos Generales, SAG SAC)

## ANEXO 11 Informe de Ensayo SAG ...



## INFORME DE ENSAYO N° 130083 - 2019

## II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
Matriz analizada			Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
Fecha de muestreo			---	---	---	---
Hora de inicio de muestreo (h)			---	---	---	---
Condiciones de la muestra			Digerida	Digerida	Digerida	Digerida
Código del Cliente			PUR fonedora	HRI -1 foned	Dellet nrde	Huar p.negros
Código del Laboratorio			19010684	19010685	19010686	19010687
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0007	mg/L	<0.0007	<0.0007	<0.0007	<0.0007
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.88	1.36	1.86	0.82
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.005	0.002	0.007	0.002
Boro (B)	0.002	mg/L	0.276	0.266	0.250	0.393
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.224	0.077	0.756	0.764
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	97.27	95.25	266.25	80.12
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0006	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.003	0.005	0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	0.0006	<0.0005	0.0007	0.0006
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0067	0.0122	0.0150	0.0063
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	0.0599	0.0199	0.0367	0.0798
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	1.203	1.072	1.633	1.154
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	54.33	22.43	43.63	55.91
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	0.003	<0.003
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	12.55	4.78	12.29	17.61
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.3964	0.2354	0.3484	0.6083
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	0.022	0.005	0.008	0.004
Sodio (Na)	0.02	mg/L	8.96	3.87	6.62	11.38
Niquel (Ni)	0.0006	mg/L	0.0133	0.0093	0.0100	0.0135
Fósforo (P)	0.003	mg/L	33.232	17.511	30.693	41.969
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0099	0.0059	0.0069	0.0034
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	0.021	<0.003	<0.003	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	7.08	7.24	7.59	12.60
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	0.001	0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.292	0.109	0.327	0.161
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0377	0.0402	0.0643	0.0800
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	0.0008	0.0061	0.0108	0.0017
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.378	0.285	0.289	0.643

L.D.M.: Límite de detección del método

Nota: El laboratorio sólo realizó el análisis de las muestras digeridas.

Quim. Beneth Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

Página 2 de 8

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF. 22nd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana  
OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Cod: FI01  
Version: 08  
F.E: 08/2016

AV. Naciones Unidas N°1565 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Peru Central Telefonica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109\*1133  
Website: www.sagperu.com E-mail: sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com

Figura 27. Informe de ensayo SAG II.

Fuente: Elaboración propia (Servicios Analíticos Generales, SAG SAC)

## ANEXO 11 Informe de Ensayo SAG ...



## INFORME DE ENSAYO N° 130083 - 2019

## II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso		
Matriz analizada	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso		
Fecha de muestreo	---	---	---	---		
Hora de inicio de muestreo (h)	---	---	---	---		
Condiciones de la muestra	Digerida	Digerida	Digerida	Digerida		
Código del Cliente	Pte Piedra	Cog P-10	Mor-cl	Mor-yem		
Código del Laboratorio	19010688	19010689	19010690	19010691		
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0007	mg/L	<0.0007	<0.0007	0.0488	0.0024
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.10	0.58	0.12	0.11
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	0.001	0.001	0.004
Boro (B)	0.002	mg/L	0.178	0.243	0.207	0.145
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.045	0.135	0.037	0.074
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.0003
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	24.72	111.62	4.28	27.17
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	0.0005
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	0.0007	<0.0005	0.0011	<0.0005
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0959	0.0122	0.2941	0.0211
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	0.0333	0.0663	0.0248	0.0266
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	1.364	0.904	1.403	1.489
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	47.51	35.60	42.64	16.36
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	3.62	5.62	2.43	2.32
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.0219	0.3911	0.0255	0.0186
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	0.004	0.008	0.003	0.004
Sodio (Na)	0.02	mg/L	45.31	4.33	46.73	10.09
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	0.0689	0.0105	0.1395	0.0099
Fósforo (P)	0.003	mg/L	>60	25.545	7.161	>60
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0043	0.0074	0.0062	0.0265
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	0.003	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	0.014	0.008	0.003	0.013
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	3.64	5.11	3.29	2.87
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	0.004	0.002	0.002	0.005
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.026	0.081	0.010	0.027
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0055	0.0162	0.0043	0.0083
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	0.004	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	<0.0004	0.0037	<0.0004	<0.0004
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.669	0.337	0.076	0.777

L.D.M.: Límite de detección del método

Nota: El laboratorio sólo realizó el análisis de las muestras digeridas.

Quim.   
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

Página 3 de 8

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF 22nd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana  
OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Cod: FI01 AV. Naciones Unidas N°1565 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Peru Central Telefonica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109\*1133  
Version: 08 Website: www.sagperu.com E-mail: sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com  
F.E: 08/2016

Figura 28. Informe de ensayo SAG III.

Fuente: Elaboración propia (Servicios Analíticos Generales, SAG SAC)

## ANEXO 11 Informe de Ensayo SAG ...



## INFORME DE ENSAYO N° 130083 - 2019

## II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
Matriz analizada			Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
Fecha de muestreo			---	---	---	---
Hora de inicio de muestreo (h)			---	---	---	---
Condiciones de la muestra			Digerida	Digerida	Digerida	Digerida
Código del Cliente			Bay-cl	Bay-yem	SJM-clara	SJM-yem
Código del Laboratorio			19010692	19010693	19010694	19010695
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0007	mg/L	0.0092	0.0008	0.0016	0.0020
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.16	0.13	0.22	0.21
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	0.002	<0.001	<0.001
Boro (B)	0.002	mg/L	0.160	0.201	0.362	0.435
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.042	0.082	0.117	0.078
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	3.47	24.64	3.62	28.07
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	0.0007	<0.0005
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0507	0.0261	0.1407	0.1110
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	0.0204	0.0222	0.0181	0.0245
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	0.393	1.159	0.810	1.584
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	47.48	14.99	33.81	17.03
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	3.11	2.32	1.94	2.83
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.0062	0.0481	0.0160	0.0210
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	0.003
Sodio (Na)	0.02	mg/L	62.74	8.58	27.48	11.56
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	0.0228	0.0161	0.0894	0.0632
Fósforo (P)	0.003	mg/L	6.865	>60	3.732	>60
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0041	0.0028	0.0026	0.0047
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	0.010	0.009	0.006	0.008
Silíce (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	3.16	2.60	7.42	3.40
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	0.005	0.003	0.003	0.005
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.011	0.025	0.014	0.036
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0061	0.0068	0.0041	0.0075
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.157	0.848	0.066	0.719

L.D.M.: Límite de detección del método

Nota: El laboratorio sólo realizó el análisis de las muestras digeridas.

  
 Quím. Belbeth Y. Fajardo León  
 C.Q.P. N° 648  
 Asesor Técnico Químico

Página 4 de 8

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF: 22nd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana  
 OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Solo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
 Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Cod: FI01 AV. Naciones Unidas N°1565 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Peru Central Telefonica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109\*1133  
 Version: 08 Website: www.sagperu.com E-mail: sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com  
 F.E: 08/2016

Figura 29. Informe de ensayo SAG IV.

Fuente: Elaboración propia (Servicios Analíticos Generales, SAG SAC)

## ANEXO 11 Informe de Ensayo SAG ...



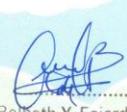
## INFORME DE ENSAYO N° 130083 - 2019

## II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
Matriz analizada			Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
Fecha de muestreo	---		---	---	---	---
Hora de inicio de muestreo (h)	---		---	---	---	---
Condiciones de la muestra			Digerida	Digerida	Digerida	Digerida
Código del Cliente			Chos Alc	Ayala SJL	Est. VMT	Chos
Código del Laboratorio			19010696	19010697	19010698	19010699
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0007	mg/L	<0.0007	<0.0007	0.0169	0.0350
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.10	0.11	0.09	0.12
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.002	0.003	<0.001	0.002
Boro (B)	0.002	mg/L	0.172	0.244	0.226	0.310
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.072	0.216	0.113	0.015
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	26.41	29.12	26.16	28.13
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0067	0.0289	0.0090	0.0021
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	0.0321	0.0360	0.0332	0.0386
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	0.914	1.256	1.035	0.922
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	55.40	65.32	54.39	57.54
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	3.96	4.22	3.69	3.15
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.0139	0.0119	0.0154	0.0112
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	0.003	0.003	<0.002	0.003
Sodio (Na)	0.02	mg/L	56.54	62.77	57.40	56.82
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	0.0067	0.0222	0.0131	0.0021
Fósforo (P)	0.003	mg/L	>60	>60	>60	>60
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	<0.0005	0.0026	0.0016	0.0019
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	0.024	0.028	0.020	0.024
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	3.35	4.80	4.88	7.32
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	0.004	0.005	0.005	0.007
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.032	0.042	0.026	0.022
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0059	0.0059	0.0056	0.0064
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.706	0.704	0.635	0.790

L.D.M.: Límite de detección del método

**Nota:** El laboratorio sólo realizó el análisis de las muestras digeridas.

  
 Quim. Belbeth Y. Fajardo León  
 C. Q. P. N° 648  
 Asesor Técnico Químico

Página 5 de 8

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF 22nd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana  
 OBSERVACIONES: Esta prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
 Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.

**NOTA:** Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Cod: FI01 AV. Naciones Unidas N°1565 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Peru Central Telefonica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109\*1133  
 Version: 08 Website: www.sagperu.com E-mail: sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com  
 F.E: 08/2016

Figura 30. Informe de ensayo SAG V.

Fuente: Elaboración propia (Servicios Analíticos Generales, SAG SAC)

## ANEXO 11 Informe de Ensayo SAG ...



## INFORME DE ENSAYO N° 130083 - 2019

## II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
Matriz analizada			Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso
Fecha de muestreo			---	---	---	---
Hora de inicio de muestreo (h)			---	---	---	---
Condiciones de la muestra			Digerida	Digerida	Digerida	Digerida
Código del Cliente			Ate CI	Bell's	Metro	Rey
Código del Laboratorio			19010700	19010701	19010702	19010703
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0007	mg/L	0.0019	0.0149	0.0076	0.0069
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.20	0.14	0.09	0.08
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	0.001	<0.001
Boro (B)	0.002	mg/L	0.368	0.310	0.146	0.169
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.045	0.140	0.109	0.041
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	4.12	24.74	24.75	23.28
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0006	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	0.0012	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.1582	0.0135	0.0136	0.0103
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	0.0186	0.0334	0.0429	0.0320
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	0.937	1.382	1.436	1.126
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	34.30	57.39	56.58	55.35
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	2.55	3.32	3.44	3.38
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.0169	0.0139	0.0199	0.0138
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	0.002	0.002	<0.002	0.002
Sodio (Na)	0.02	mg/L	38.42	50.07	48.45	48.31
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	0.0845	0.0107	0.0206	0.0167
Fósforo (P)	0.003	mg/L	5.279	>60	>60	>60
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0070	0.0029	0.0013	0.0020
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	0.005	0.019	0.027	0.021
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	7.03	6.85	4.33	4.64
Estafío (Sn)	0.001	mg/L	0.004	0.006	0.008	0.007
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.014	0.037	0.031	0.022
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0060	0.0062	0.0062	0.0053
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.112	0.635	0.748	0.683

L.D.M.: Límite de detección del método

Nota: El laboratorio sólo realizó el análisis de las muestras digeridas.

Quim. Belbén Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

Página 6 de 8

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF 22nd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana  
OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.  
NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Cod: F101 AV. Naciones Unidas N°1565 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Peru Central Telefonica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109\*1133  
Version: 08 Website: www.sagperu.com E-mail: sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com  
F.E: 08/2016

Figura 31. Informe de ensayo SAG VI.

Fuente: Elaboración propia (Servicios Analíticos Generales, SAG SAC)

## ANEXO 11 Informe de Ensayo SAG ...



## INFORME DE ENSAYO N° 130083 - 2019

## II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso		
Matriz analizada	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso		
Fecha de muestreo	---	---	---	---		
Hora de inicio de muestreo (h)	---	---	---	---		
Condiciones de la muestra	Digerida	Digerida	Digerida	Digerida		
Código del Cliente	Avic	Wong	Tott	Bl1		
Código del Laboratorio	19010704	19010705	19010706	19010707		
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0007	mg/L	0.0064	0.0062	0.0064	<0.0007
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.05	0.09	0.07	0.12
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.001	0.004	0.003	<0.001
Boro (B)	0.002	mg/L	0.075	0.101	0.158	0.196
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.073	0.097	0.088	0.033
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	22.18	27.25	22.60	1.64
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.0093	0.0328	0.0052	0.0177
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	0.0290	0.0510	0.0352	0.0036
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	0.866	1.384	0.789	0.178
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	43.25	55.55	47.60	0.31
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	3.41	3.78	3.53	0.47
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.0115	0.0181	0.0130	0.0022
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	0.004	0.003	<0.002
Sodio (Na)	0.02	mg/L	45.17	59.60	53.40	0.32
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	0.0134	0.0273	0.0141	0.0076
Fósforo (P)	0.003	mg/L	>60	>60	>60	0.150
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0018	0.0038	0.0020	0.0041
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	0.018	0.024	0.019	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	3.43	3.36	3.81	3.35
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	0.006	0.008	0.007	0.002
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.024	0.044	0.035	0.005
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0048	0.0061	0.0056	0.0047
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.566	0.800	0.635	0.076

L.D.M.: Límite de detección del método

Nota: El laboratorio sólo realizó el análisis de las muestras digeridas.

Quím. Belbeth Y Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

Página 7 de 8

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF, 22nd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana  
OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.  
NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Cod: FI01 AV. Naciones Unidas N°1565 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Peru Central Telefonica: 511 425 7227 / 425 6885 R.P.C: 994976442 Nextel: 98-109\*1133  
Version: 08 Website: www.sagperu.com E-mail: sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com  
F.E: 08/2016

Figura 32. Informe de ensayo SAG VII.

Fuente: Elaboración propia (Servicios Analíticos Generales, SAG SAC)

## ANEXO 11 Informe de Ensayo SAG ...



## INFORME DE ENSAYO N° 130083 - 2019

## II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso		
Matriz analizada	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso	Agua de Proceso		
Fecha de muestreo	---	---	---	---		
Hora de inicio de muestreo (h)	---	---	---	---		
Condiciones de la muestra	Digerida	Digerida	Digerida	Digerida		
Código del Cliente	USM-yem	USM-cl	Chany	Bl2		
Código del Laboratorio	19010708	19010709	19010710	19010711		
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados			
<b>Metales totales</b>						
Plata (Ag)	0.0007	mg/L	0.0012	0.0054	0.0176	0.0009
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	1.06	0.18	0.11	0.16
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Boro (B)	0.002	mg/L	0.450	0.376	0.307	0.149
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.089	0.053	0.049	0.076
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	30.82	5.60	26.88	2.19
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0015	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	0.0010	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	0.3316	0.0347	0.0167	0.0361
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	0.0307	0.0171	0.0366	0.0038
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	2.354	0.250	1.171	0.248
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	15.19	39.24	62.75	0.41
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	2.78	2.28	3.72	1.20
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	0.0378	0.0043	0.0126	0.0158
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	0.008	<0.002	0.003	<0.002
Sodio (Na)	0.02	mg/L	11.26	36.16	56.09	0.59
Níquel (Ni)	0.0006	mg/L	0.1302	0.0202	0.0033	0.0149
Fósforo (P)	0.003	mg/L	>60	4.533	>60	0.196
Plomo (Pb)	0.0005	mg/L	0.0055	0.0031	0.0007	0.0030
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
Selenio (Se)	0.003	mg/L	0.011	0.004	0.019	<0.003
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.03	mg/L	6.27	4.51	7.58	3.62
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	0.005	0.005	0.007	0.003
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.089	0.012	0.030	0.011
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0142	0.0059	0.0060	0.0071
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.0004
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.683	0.134	0.720	0.057

L.D.M.: Límite de detección del método

Nota: El laboratorio sólo realizó el análisis de las muestras digeridas.

Lima, 18 de Enero del 2019.

Quim. Belbeth Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

Página 8 de 8

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) -APHA-AWWA-WEF 22nd Edition 2012. EPA: U.S. Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials - NTP: Norma Técnica Peruana  
OBSERVACIONES: Está prohibido la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. Sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario de haber ingresado la muestra al laboratorio.

NOTA: Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Cod: F101  
Version: 08  
F.E: 08/2016

AV. Naciones Unidas N°1565 Chacra Rios Norte - Lima 01 - Peru Central Telefonica: 511 425 7227 / 425 6885 RPC: 994976442 Nextel: 98-109\*1133  
Website: www.sagperu.com E-mail: sagperu@sagperu.com, laboratorio@sagperu.com

Figura 33. Informe de ensayo SAG VIII.

Fuente: Elaboración propia (Servicios Analíticos Generales, SAG SAC)

**ANEXO 12 Registro fotográfico de la tesis**

Figura 34. Huevos de codorniz cocidos de procedencia Bayovar, antes de pelarse y pesarse.

Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 35. Huevos de codorniz cocidos de procedencia Morgue Central, antes de pesarse.

Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 36. Huevos de codorniz cocidos, pelados, antes de pesarse y continuar con el proceso de digestión.

Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 37. Balanza analítica empleada.

Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 38. Aparato de digestión (digestor) de Kjeldahl, en campana de extracción  
Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 39. Aparato de digestión (digestor) de Kjeldahl, acoplado sus componentes y parte frontal del mismo.  
Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 40. Ácidos nítrico y clorhídrico depurados de iones empleados en la digestión, en el interior de la campana de extracción.

Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 41. Ambiente de laboratorio de la UNMSM, San Juan de Lurigancho, escuela de Ingeniería Agroindustrial. Se observa el bidón de agua ultra pura y el material de vidrio empleado.

Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 42. Muestra de huevo de codorniz luego de ser pesada y tubos de digestión conteniendo la yema y clara, separados y separados previamente.  
Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 43. Medición de ácido clorhídrico y nítrico, bajo la campana de extracción para ser añadidas a las muestras de yema, clara, pienso o huevo entero.  
Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 44. Muestras siendo introducidas e introducidas en tubos de digestión.  
Fuente: Elaboración propia, ossanroj.

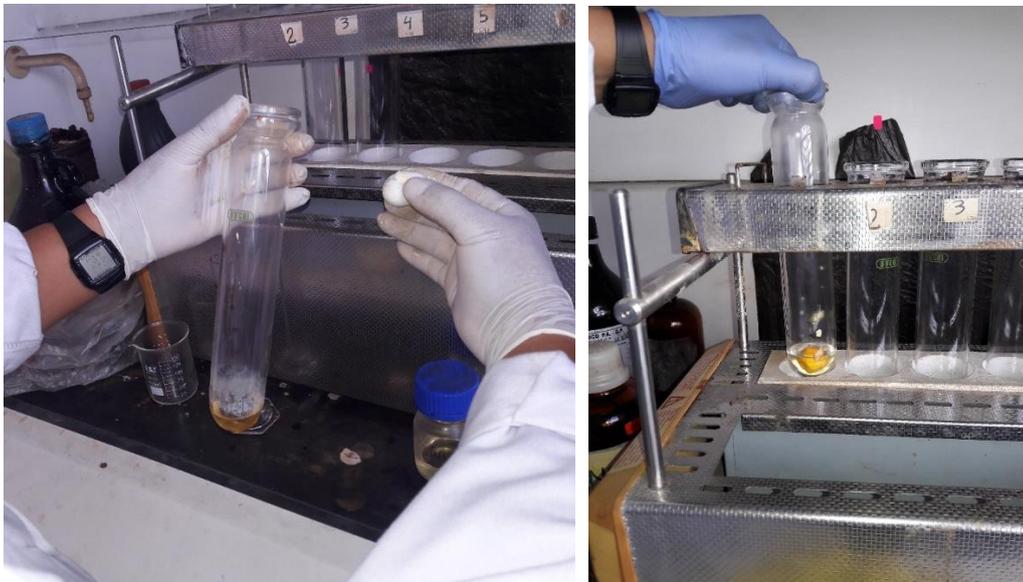


Figura 45. Muestras total de huevo entero introducida en tubo conteniendo la mezcla para mineralizar y colocación de tubo en el nido de digestión.  
Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 46. Bachiller Académico y tesista Oscar Pedro Santisteban Rojas en el laboratorio de Química Analítica de la sede de San Juan de Lurigancho, UNMSM, 2018, posando junto a la campana de extracción y digestor de Kjeldahl y demás reactivos empleados en su investigación.

Fuente: Elaboración propia, ossanroj.

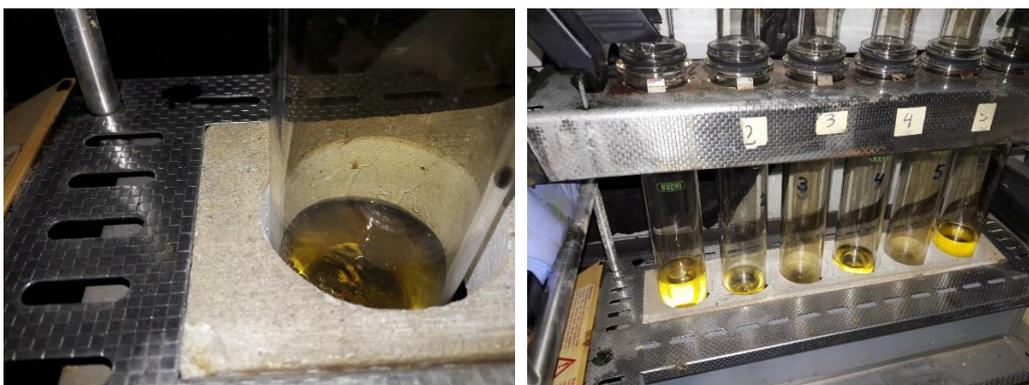


Figura 47. Tubo para digestión en nido de calentamiento y tubos de digestión (06) introducidos en el digestor de Kjeldahl.

Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 48. Evolución del proceso de digestión (izquierda generación de vapores de NO<sub>2</sub>, derecha, soluciones producidas al terminar el proceso).  
Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 49. Material aforado y limpio empleado en la investigación  
Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 50. Dilución de la solución resultante de digestión previa a su trasvasado cuantitativo, para evitar pérdidas.  
Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 51. Trasvasado del tubo de digestión al vaso de precipitado (beaker) para ser añadido en el matraz aforado o fiola.  
Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 52. Trasvasado desde al beaker a la fiola o matraz aforado  
Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 53. Culminación del trasvasado cuantitativo.  
Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 54. Muestras de huevo de codorniz luego de mineralización húmeda. Las soluciones se han enrasado a 250 mL  
Fuente: Elaboración propia, ossanroj.



Figura 55. Soluciones rotuladas antes de ser enviadas para su posterior análisis por Absorción Atómica e ICP.  
Fuente: Elaboración propia, ossanroj.