



**Universidad  
Norbert Wiener**

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

**EVALUACIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN PAPAS  
FRITAS Y SU RIESGO TOXICOLÓGICO EN LOS  
CONSUMIDORES DE DIEZ POLLERÍAS CONOCIDAS  
DEL MERCADO DE LIMA. SETIEMBRE - NOVIEMBRE  
2019.**

Tesis para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

**Presentado por:**

**Br. Guimarey Martin Mercedes Tatiana**

**Br. Reategui Curimozon Judy**

Asesor:

Dr. Llahuilla Quea José Antonio

Lima – Perú  
2020

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios, a Mama Meche por guiarme, por brindarme salud, haberme permitido llegar a cumplir mis objetivos, a mis padres Octavio y Sabina a mis hermanas Yani y Meli por creer siempre en mí y brindarme su apoyo incondicional.

Br. Guimarey Martin Mercedes  
Tatiana.

Dios por la vida y oportunidad. Está dedicado a mis padres, Juan y Martha que siempre me dieron su apoyo incondicional. También a Magaly y Bárbara por todo el apoyo durante los cinco años de mi carrera quienes con sus consejos me motivaron a continuar y no dejarme vencer por las adversidades.

Br. Reátegui Curimozón Judy

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento a Dios por su bendición de cada día.

Al doctor Llahuilla Quea Jose Antonio, por ser un gran profesional que inspira confianza y ganas de superación, por su paciencia y apoyo en la realización de la tesis.

A la universidad Norbet Wiener por la formación brindada durante los 5 años.

Br. Guimarey Martin Mercedes Tatiana

Br. Reátegui Curimozón Judy

# ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
1 INTRODUCCIÓN .....	1
– Situación problemática.....	2
– Marco teórico .....	3
– Estudios antecedentes.....	29
– Importancia y justificación de la investigación .....	35
– Objetivos.....	36
– Hipótesis .....	36
2 MATERIALES Y MÉTODOS .....	37
2.1 Enfoque y diseño .....	37
2.2 Población, muestra y muestreo.....	37
2.3 Variables.....	38
2.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	38
2.5 Reactivos materiales y equipos.....	38
2.6 Proceso de recolección de datos .....	39
2.6.1 Autorización y coordinaciones previas para la recolección de datos 40	
2.6.2 Aplicación de instrumentos de recolección datos.	40
2.7 Métodos de análisis estadístico .....	40
2.8 Aspectos bioéticos .....	40
2.9 Determinación de Plomo.....	40
2.9.1 Condiciones espectrofotométricas	40
2.9.2 Preparación de la curva de calibración	41
2.9.3 Preparación de soluciones	41

2.9.4	Elaboración de la muestra	41
2.9.5	Lectura en el equipo de absorción atómica	42
2.10	Determinación del Cadmio.....	42
2.10.1	Condiciones espectrofotométricas	42
2.10.2	Preparación de curva de calibración	43
2.10.3	Preparación de la muestra	43
2.10.4	Lectura en el equipo de absorción atómica	43
2.11	Caracterización de Riesgo toxicológico.....	44
2.11.1	Identificación de vía de exposición	44
2.11.2	Cálculo de la dosis de exposición	45
2.11.3	Margen de exposición y Índice de peligrosidad	46
3	RESULTADOS.....	49
4	DISCUSIÓN.....	58
4.1	Discusión.....	58
4.2	conclusiones.....	61
4.3	recomendaciones.....	62
	CITAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
	ANEXOS.....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1: Aporte nutricional en comparación con papas crudas y papas fritas ...	4
Tabla 2: Propiedades fisicoquímicas del plomo .....	7
Tabla 3: Valores referenciales de Plomo en ambiente .....	10
Tabla 4: características fisicoquímicas del cadmio.....	17
Tabla 5: Límites de exposición de cadmio .....	21
Tabla 6: Rampa de calentamiento del horno de grafito ( propio).....	41
Tabla 7: Rampa de calentamiento del horno grafito (propio).....	42
Tabla 8: concentración de plomo .....	49
Tabla 9:Media y desviación estándar de la concentración de plomo en papas fritas.....	50
Tabla 10: Concentración de cadmio.....	51
Tabla 11: Media y desviación estandar de la concentracion de cadmio en papas fritas.....	52
Tabla 12: comparación de las concentraciones obtenidas de plomo en papas fritas con el límite premisible según el CODEX 193-1995 OMS/FAO.....	53
Tabla 13: Comparación de las concentraciones obtenidas en papas fritas con el límite permisibles según CODEX 193-1995 .....	53
Tabla 14: Riesgo toxicológico de los consumidores de papas fritas en diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre-moviembre 2019 .....	54
Tabla 15: Datos para el cálculo de la Dosis de Exposición .....	55
Tabla 16: Dosis de exposición estimada de plomo y cadmio .....	55
Tabla 17: Datos para el cálculo del margen de exposición en papas fritas de plomo y cadmio en adultos de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre-noviembre 2019.....	56
Tabla 18: Datos para el cálculo de Índice de peligrosidad .....	56
Tabla 19: Resultados del cálculo del Índice de peligrosidad .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Toxicocinética del plomo .....	12
Figura 2: Cadmio en medio ambiente .....	19
Figura 3: Equipo de espectrometría de absorción atómica .....	29
Figura 4 : Mapa del distrito de Cercado de Lima .....	37
Figura 5: Flujograma de análisis de determinación de cadmio y plomo .....	44
Figura 6: Flujograma de caracterización de riesgo.....	48
Figura 7: media y desviación estándar de la concentración de plomo en papas fritas.....	50
Figura 8: Media y desviación estándar de la concentración de cadmio en papas fritas.....	52
Figura 9: Evaluación del riesgo toxicológico en diez pollerías del Cercado de Lima.....	54

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A: Carta de autorizacion al ingreso al área de laboratorio de CICOTOX .....	72
Anexo B: Aplicacion del instrumento.....	73
Anexo C: Matriz de consistencia .....	74
Anexo D: Operacionalizacion de variables.....	75
Anexo E: Formato de validéz por 5 expertos .....	76
Anexo F: Formato de Confiabilidad.....	81
Anexo G: Resultados de laboratorio (CICOTOX) .....	88
Anexo H: Centro de Información Control Toxicológico y Apoyo a la Gestion Ambiental (CICOTOX) – UNMSM .....	92
Anexo I: Proceso de análisis de plomo y cadmio en el Centro de Información y Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambienta (CICOTOX) - UNMSM ...	93
Anexo J: Certificado de Verificación del Espectrofotómetro .....	94
Anexo K: Informe del análisis cuantitativo de cadmio.....	95
Anexo L: Informe del análisis cuantitativo de plomo.....	96

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de evaluar el plomo y cadmio en papas fritas y con ello el riesgo toxicológico en los consumidores de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima en el periodo de setiembre a noviembre del 2019. Para ello se tomó 64 muestras equivalente a 250 mg de papas fritas y 370 encuestas, para evaluar el riesgo toxicológico. Dicho análisis se realizó en el Centro de Información y Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX). La cantidad de metales pesados se determinó por el **método** de Espectrofotometría de Absorción Atómica mediante la técnica Horno de Grafito. Los **resultados** fueron en papas fritas concentraciones de plomo que oscilan con un mínimo valor de 0,0040mg/Kg y un máximo valor 0,0463mg/Kg, y un promedio de 0,073 mg/Kg , en el caso de cadmio presentaron concentraciones en un mínimo de 0,03230 mg/Kg mientras que el máximo valor fue 0,81020mg/Kg, con un promedio de 0,21100 mg/Kg. De estas concentraciones se estimó la dosis de exposición (DE) se obtuvo  $DE_{Pb} = 0,0000000052$  mg/Kg/d y  $DE_{Cd} = 0,0000000151$  mg/Kg/d; con la Dosis de Exposición se pudo calcular el índice de peligrosidad y margen de exposición. En **conclusión** las concentraciones de plomo (0,0073) mg/kg en papas fritas es menor significativamente a comparación de las concentraciones de cadmio (0,2110 mg/kg) es mayor significativamente con el límite máximo permisibles según el CODEX STAN 193-1995 OMS/FAO que es 0,1 mg/kg, como resultado de la evaluación de riesgo toxicológico se obtuvo un Índice de Peligrosidad con valores por debajo de 1 ( $IP < 1$ ) y un margen de exposición por encima de 1 ( $ME > 1$ ); esto refleja según la metodología utilizada de la OPS/OMS para evaluar el riesgo, que en el distrito estudiado se evidencia un riesgo toxicológico mínimo por exposición a los factores analizados.

Palabras claves: Evaluación de riesgo, Toxicidad, plomo, cadmio, Absorción Atómica, Horno de Grafito.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out with the purpose of evaluating lead and cadmium in french fries and with it the toxicological risk in the consumers of ten known chicken restaurants in Lima during the period from September to November 2019. For this purpose 64 equivalent samples were taken to 250mg of french fries and 370 surveys, to assess the toxicological risk. This analysis was carried out at the Center for Information and Toxicological Control and Support for Environmental Management (CICOTOX). The amount of heavy metals was determined by the Atomic Absorption Spectrophotometry method using the Graphite Furnace technique. The results were based on french fries lead concentrations that oscillate with a minimum value of 0,0040mg / kg and a maximum value of 0,0463mg / kg, with an average of 0,073 mg / kg. In the case of cadmium they presented concentrations in a minimum of 0,03230 mg / kg while the maximum value is 0,81020mg/ kg, with an average of 0,21100 mg / kg. From these concentrations the exposure dose (ED) was estimated, it was obtained:  $DE_{Pb} = 0,0000000052$  mg/Kg /d and  $DE_{Cd} = 0,0000000151$  mg/ Kg / d. With the Exposure Dose the hazard index and exposure margin could be calculated. In conclusion the concentrations of lead (0,0073) mg/kg in potato chips is significantly lower compared to the concentrations of cadmium (0,2110 mg/kg) is significantly higher with the maximum permissible limit according to CODEX STAN 193-1995 OMS/FAO which is 0,1 mg/kg, as a result of the evaluation, a hazard index was obtained with values below 1 ( $IP < 1$ ) and an exposure margin well above 1 ( $ME > 1$ ); This reflects, according to the OPS/OMS methodology used to assess the risk, that in the studied district a minimum toxicological risk is evidenced by exposure to the analyzed factors.

Keywords: Risk assessment, Toxicity, lead, cadmium, Atomic Absorption, Graphite Furnace.

# 1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad el consumo de tubérculos como la papa, se ha incrementado poniendo en riesgo la salud, ya que puede ocasionar en algún momento determinada toxicidad ya sean por residuos biológicos, químicos o físicos tales como bacterias, toxinas, pesticidas y especialmente por la presencia de metales pesados. Dichos metales pesados constituyen una importante preocupación en la Salud Pública por su toxicidad aguda, crónica y por la amplia variedad de fuentes de exposición. Entre los metales que generan mayor exposición ambiental como alimentaria, se encuentran el plomo, cromo, cadmio y el mercurio. El cadmio es considerado cancerígeno por la Agencia de Investigación sobre el Cáncer de la OMS, mientras que el plomo preocupa principalmente por su neurotoxicidad.<sup>1</sup>

Existen indicadores biológicos de exposición a estos metales suficientemente contrastados tanto en la salud ambiental como laboral, los niveles de plomo en sangre (Pb-S) de la población en general han ido reduciéndose a lo largo de las últimas décadas. En los diferentes grupos de alimentos, el plomo ha aparecido ampliamente distribuido. Los alimentos en los que se ha encontrado mayor presencia de plomo son frutas, verduras, carnes y pescados. La principal vía de exposición de cadmio se produce a través de la dieta, principalmente de los alimentos ricos en fibra, vegetales y papas.<sup>1</sup>

Esta investigación tiene como objetivo evaluar la concentración de plomo y cadmio en papas fritas y su riesgo toxicológico en los consumidores de pollerías conocidas del Cercado de Lima, teniendo en cuenta límites máximos permisibles establecidos por el Codex Alimentarius.

A si mismo informar a la población y a entidades pertinentes sobre la presencia de plomo y cadmio en dicho alimento y la importancia que existe en realizar una evaluación del riesgo toxicológico para ejecutar planes de acción y prevenir impactos en la salud de la población.

## – SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Hacer que los alimentos sean seguros es un problema de salud pública muy importante en todo el mundo, ya que, actualmente, con el desarrollo acelerado de la industria y el aumento del uso de fertilizantes, se evidencia una constante acumulación de metales potencialmente peligrosos en las zonas agrícolas, esto luego es transferido a las plantas las cuales bioacumulan dichos metales produciendo la contaminación de los cultivos.<sup>2</sup>

Los altos niveles de metales pesados como plomo, cadmio es una preocupación importante en Salud Pública por su toxicidad y por la amplia variedad de fuentes de exposición. La Organización Mundial de la Salud (OMS) y otras entidades de salud, han determinado niveles de riesgo tomando en cuenta la concentración de metales en agua potable y alimentos.<sup>3</sup>

La papa es uno de los productos agrícolas más importante del Perú. Se cultiva en 19 de los 24 departamentos o regiones del país, la producción nacional consume el 94% en fresco y el 6% en forma procesada<sup>4</sup>. La ingesta de alimentos, con altas concentraciones de metales pesados es una de las causas más sobresalientes de toxicidad, a nivel global, compromete severamente la salud y seguridad alimentaria.<sup>1</sup>

A nivel local tenemos en la cuenca del Río Rímac, la cual soporta una actividad minera intensa en la parte media y alta, provocando un alto riesgo de contaminación por metales pesados y causa un impacto negativo en el medio ambiente y en la salud humana. Aunque existen varios estudios sobre el impacto de las aguas residuales en la agricultura y en la salud por contaminación con patógenos en Lima Metropolitana, estudios relacionados a la contaminación por metales pesados y efectos en la agricultura y por ende en los alimentos de alto consumo como las papas son escasos y menos concluyentes.<sup>45</sup>

## – MARCO TEÓRICO

### 1. Composición de las papas fritas:

**La papa** o *Solanum tuberosum*, es una especie de planta herbácea perteneciente al género *Solanum* de la familia de las solanáceas; las plantas de este género son ricas en alcaloides (por ejemplo la solanina), potencialmente peligrosos para quienes las consuman.<sup>14</sup>

Originaria de la región que hoy comprendería el altiplano sur del Perú al noroeste de Bolivia. Cuya domesticación comenzó hace aproximadamente 8000 años. En el siglo XVII comenzó a ser trasladada a Europa por los conquistadores españoles. Su consumo fue creciendo, aunque al principio como una planta forrajera y de jardín por sus flores; su uso gastronómico se expandió a todo el mundo desde del siglo XVIII gracias a los escritos agronómicos del francés Antoine Parmentier y del irlandés afincado en España Enrique Doyle, hasta convertirse hoy día en uno de los principales alimentos del ser humano.<sup>14</sup>

La papa es el tercer cultivo alimenticio más valioso del mundo, en términos de consumo humano, después del arroz y del trigo. Conforme el Centro de Investigación de la Papa (CIP), aproximadamente de 1.4 millones de personas consumen este tubérculo habitualmente, y la producción mundial llega a los 300 millones de toneladas métricas. Hoy en día existen alrededor de 5,000 variedades de papa y en el Perú se cultivan más de 3,000 variedades alrededor, que tienen una diversidad de colores, formas y tamaños. Un aproximado de 711 mil familias peruanas produce este tubérculo, por esta razón es que el Perú ocupa el primer lugar como productor en América Latina y el Caribe.<sup>14</sup>

#### Propiedades nutricionales

- Vitaminas B1, B2, B3 y C. Indispensables para el metabolismo, el sistema nervioso central y la creación de los glóbulos rojos.<sup>15</sup>
- Fuente de hidratos de carbono. Los carbohidratos tal como los azúcares o el almidón, dan energía al cuerpo con poca grasa, en especial al sistema nervioso y al cerebro.<sup>15</sup>
- Contiene fibra. La fibra es muy necesaria para que el cuerpo pueda realizar

la digestión adecuadamente. Se encuentra solo en alimentos de origen vegetal y si bien no es un nutriente directo, es muy útil para el organismo al prevenir el estreñimiento.<sup>15</sup>

- Fuente de minerales. Como el hierro, el magnesio, el fósforo o el zinc, indispensable para el adecuado funcionamiento de los músculos.<sup>15</sup>

**Tabla 1:** Aporte nutricional en comparación con papas crudas y papas fritas<sup>44</sup>

<b>Composición nutricional</b>	<b>Papas crudas (100g)</b>	<b>Papas Fritas (100g)</b>
Energía (Kcal)	87	359
Agua	74,5	49,6
Proteínas	2,1	1,4
Grasa total	0,1	33,4
Carbohidratos totales	22,3	14,9
Carbohidratos disponibles	19,9	13,3
Fibra dietaria	2,4	1,6
Cenizas	1,0	0,7
Calcio	9	6
Fosforo	47	31
Zinc	0,29	0,19
Hierro	0,50	0,33
β caroteno equivalentes totales	.	
Vitamina A equivalente totales	0	0
Tiamina	0,09	0,06
Riboflavina	0,09	0,06
Niacina	1,67	1.11
Vitamina c	14,00	9,33
Ácido fólico	.	0
Sodio	.	15
Potacio	.	0

## **Proceso de fritura**

En el proceso de fritura de las papas, ocurren transformaciones en la composición del alimento y en el medio de fritura (aceite) en niveles que dependen de las condiciones de proceso (temperatura, tiempo). Durante la fritura por inmersión o también denominada profunda, las papas se cocinan debido a la transferencia de calor directa desde el aceite caliente hacia el alimento; el medio de fritura, como el aceite, posee alta capacidad calorífica, esto permite transferir energía para superar el punto de ebullición del agua. Debido a la evaporación en la frontera (entre la corteza formada y el aceite), el agua difunde desde el interior hacia el medio de fritura, es decir, se genera una transferencia de masa. Apenas finaliza la transferencia de agua, se superan los 100°C de temperatura y se inicia la producción de aromas, sabores y color característico de la papa fritas. A partir de los 120°C empiezan a producirse ciertas sustancias, como la acrilamida, compuesto potencialmente carcinógeno.<sup>16</sup>

Actualmente el Estado está demostrando un gran interés por la reactivación de la agricultura e industria del país, es por ello que en el año 2016 se difunde la campaña “Nutre, innova y promueve negocios”, (MINAGRI, 2016), el cual busca promover el consumo de papa a través de la ejecución de eventos científicos, académicos y gastronómicos, para de esta forma lograr aumentar el consumo per cápita anual, que ha sido impulsado por el auge de los negocios de pollerías y restaurantes afines.<sup>15</sup>

## **2. Metales en alimentos**

Los principales riesgos en la salud humana los metales pesados y metaloides están asociados con la exposición al Plomo, Cadmio, Mercurio y Arsenio. La presencia de metales pesados en los alimentos se debe principalmente a la contaminación del aire, del agua y del suelo. La contaminación por sustancias químicas puede provocar intoxicaciones agudas o enfermedades de larga duración, como el cáncer, al no poder ser degradados los metales pesados ni química ni biológicamente, estos se acumulan en el organismo y en consecuencia alcanzan altas concentraciones en el ser vivo, las cuales pueden ser superiores en alimentos o medioambiente, pudiendo ser mayor la

bioacumulación si estamos en la zona superior de la cadena trófica, provocando efectos tóxicos de muy diverso carácter.<sup>17</sup>

El origen de las fuentes tóxicas, puede ser natural, intencional, accidental y generado por el ser humano. Los tóxicos naturales son sustancias inocuas que en concentraciones superiores pueden llegar a ser tóxicas; los tóxicos intencionales son sustancias que son ajenas al alimento que han sido adicionadas con un fin establecido, los tóxicos accidentales son los que generan mayor riesgo para la salud, pueden ser por contaminación cruzada y los tóxicos generados procesos, se encuentran en la transformación de los alimentos.<sup>18</sup>

Los metales pesados fueron utilizados por seres humanos durante miles de años. Aunque varios de los efectos adversos son conocidas, la exposición continúa en la actualidad, e incluso va en aumento en algunas partes del mundo, en particular en los países menos desarrollados. Los compuestos de Cadmio en la actualidad son utilizados principalmente en las baterías de Ni-Cd recargables. En siglo XX las emisiones de Cadmio se incrementaron dramáticamente, los productos que contienen pocas veces se reciclan y se eliminan con la basura doméstica. El tabaquismo es la principal fuente de exposición en humanos; sin embargo, está visto que en las personas no fumadoras, los alimentos son la fuente más importante de exposición. La población general está expuesta al Plomo del aire y de los alimentos en proporciones aproximadamente iguales. Durante el último siglo, las emisiones en el aire han causado una considerable contaminación de alta importancia, debido principalmente a las emisiones de Plomo procedentes de la gasolina. Los niños son particularmente susceptibles a la exposición debido a la alta absorción gastrointestinal y a la permeabilidad de la barrera hematoencefálica. Aunque el Plomo en la gasolina ha disminuido drásticamente en las últimas décadas, la eliminación es gradualmente en los aditivos en los carburantes, el uso de pinturas, los envases de alimentos y otras prácticas aún no han sido eliminadas por completo; lo que da a lugar a una posible contaminación en los alimentos.<sup>17</sup>

Estos metales han sido ampliamente estudiados y sus efectos sobre la salud humana es revisada periódicamente por organismos internacionales como la OMS (Organización Mundial de la Salud).<sup>17</sup>

### 3. Plomo

Es un metal que se localiza en mínima proporción en la corteza terrestre, se puede encontrar en todas las partes de nuestro entorno.

La naturaleza toxica del plomo y su uso diverso a nivel industrial ha ocasionado que este elemento sea un agente contaminante del medio ambiente y por lo tanto son responsable de diversos problemas toxicológicos.<sup>19</sup>

#### a) Características Físicoquímicas

Es un metal pesado debido a su densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4g/ml 16°C (61°F), de color gris Azulado. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad, a 327.4°C (621.3°F) y hierve a 1740 °C Las valencias químicas normales son 2 y 4. El plomo es insoluble en agua, es parcialmente resistente al ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Sin embargo, se disuelve con lentitud en ácido nítrico. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. Origina vapores o humos metálicos a partir de 500 ° C, penetrando en los alveolos y con ello produciendo toxicidad.<sup>19</sup>

**Tabla 2:** Propiedades físicoquímicas del plomo<sup>42</sup>

Nombre	Plomo
Símbolo	Pb
Numero Atomico	82
Serie química	Metales de bloque p
Grupo-periodo-bloque	14-6-p
apariencia	Gris azulado
Punto de fusión	327.4 °C o 600.61 °K
Punto de ebullición	1740 °C o 2022 °K

#### b) Plomo en aire, suelo y agua:

La exposición a través del aire ambiental, ha dependido en gran medida en el uso de gasolina con Plomo. Desde su eliminación, los niveles de plomo en aire

son generalmente bajos y solo contribuyen muy poco a la exposición, sin embargo en áreas con concentraciones altas de Plomo, la exposición es mayor.

Otra fuente inhalatoria se produce por cigarrillos, el contenido es 3- 12 $\mu$ g. de plomo. aproximadamente el 2% es en fumadores activos, la mayor parte de plomo esta en el humo del mismo. Algunas actividades como deportes de motor, disparos en interiores, trabajo de cerámicas por la aplicación de esmalte con plomo pueden ocasionar exposición por inhalación o ingesta oral, por lo tanto, al final todas las partículas de plomo en el aire terminan tarde o temprano en el suelo, que puede contaminar los alimentos, el agua potable o las manos, lo que lleva a la ingestión. Como consecuencia, las fuentes de plomo inhalado también son a menudo las del plomo ingerido.<sup>7</sup>

El plomo en suelos son emisiones pasadas y acumuladas de contaminantes. también se encuentra en polvo, en las calles como en las casa debido a la pintura a base de plomo o por industria. La unión del plomo con el suelo es dependiente del nivel de acidez o alcalinidad del suelo y de la capacidad de intercambio catiónico entre los elementos del suelo. Además del pH, también influyen otros factores tales como la cantidad de plomo presente en el suelo, las concentraciones de fosfato y carbonato. La absorción de plomo en las plantas está condicionada a suelos con baja materia orgánica, pH ácido y una concentración ínfima de fosfatos. La biodisponibilidad en suelo se ve afectada por la no presencia de elementos como el fósforo, inducidos por el crecimiento de las plantas. En suelos contaminados con Plomo, se presenta de manera conjunta a cadmio y zinc.<sup>9-11</sup>

El agua potable presenta un riesgo para los humanos, debido a su potencial exposición al plomo, en la superficie del agua se puede encontrar concentraciones de plomo que dependerá de las fuentes de contaminación, el plomo contenido de sedimentos y las características del sistema (pH temperatura, etc.). Las concentraciones de plomo en zonas rurales son más bajas que en zonas urbanas. Usualmente se halla muy poco plomo en ríos, lagos o en agua subterránea la cual puede ser utilizada como agua para consumo humano. Aproximadamente el 99% del agua utilizada como agua potable tiene menos de 0.005 partes de plomo por millón de partes de agua

(ppm). Por lo tanto, el plomo ingerido a través del agua potable puede ir en aumento en poblaciones en que el suministro contiene agua con bajo pH, como por ejemplo en cañerías, soldaduras de plomo y grifos de bronce provocando el una mayor cantidad de plomo en el agua ingerida. Actualmente se solicita que los sistemas públicos de tratamiento de agua usen procesos de control para disminuir la acidez en el agua. Según el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), en Perú se permite un valor menor a 0.05 mL de plomo en agua para riego en consumo crudo de vegetales.<sup>9</sup>

### **c) Fuentes de contaminación:**

#### Fuentes Naturales

El plomo es liberado al medio ambiente por deterioro natural de las rocas, suelos, incendios forestales y actividad volcánica, en agua mayormente la concentración de plomo es bajo, sin embargo el aire contiene mas plomo que es arrastrado como vapor. Ya sea cualquiera el motivo de estas emisiones de origen natural son mínimas comparadas con la actividad humana.<sup>10</sup>

#### Fuentes Antropogénicas

Las principales fuentes de contaminación ambiental destacan la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación, reciclaje, en algunos países, el uso persistente de pinturas y gasolinas con plomo. Más de tres cuartas partes del consumo mundial de plomo corresponden a la fabricación de baterías de plomo-ácido para vehículos de motor. Sin embargo, este metal también se utiliza en muchos otros productos, como pigmentos, pinturas, material de soldadura, vidrieras, vajillas de cristal, municiones, esmaltes cerámicos, artículos de joyería y juguetes, así como en algunos productos cosméticos y medicamentos tradicionales. También puede contener plomo el agua potable canalizada a través de tuberías de plomo o con soldadura a base de este metal. En la actualidad, buena parte del plomo comercializado en los mercados mundiales se obtiene por medio del reciclaje.<sup>10</sup>

### **d) Límites de exposición**

El plomo no realiza ni forma parte de ningún proceso en nuestro organismo, por ello su concentración sanguínea tendría que ser cero. Por motivo a varias

fuentes de exposición es casi improbable encontrar algún organismo y medio ambiente sin dicho metal. Sin embargo se han establecido los valores de referencia, tomando en cuenta el medio de distribución.<sup>19</sup>

La concentración de Plomo en el ambiente.	ECA suelo DS – 011-2017- MINAM	70 mg/Kg (uso de suelo agrícola)
		140 mg/Kg (Uso de suelo residencial/parques)
		800 mg/Kg (Uso de suelo comercial/ industrial/ extractivo)
	ECA aire DS – 011-2017- MINAM	0,5 µg/m <sup>3</sup>
	ECA agua DS – 011-2017- MINAM	0,01 µg/m <sup>3</sup> (A1)
		0,05 µg/m <sup>3</sup> (A2)
		0,05 µg/m <sup>3</sup> (A3)

**Tabla 3:** Valores referenciales de Plomo en ambiente<sup>28</sup>

A1: aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

A2: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

A3: aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

Los límites de exposición al Plomo varían de acuerdo al tipo de alimento. La Unión Europea y la comisión del Codex Alimentarius (FAO/OMS, 2017) nos brinda lineamientos generales sobre las concentraciones máximas de plomo, han establecido un límite máximo de 0.1 mg/Kg, para tubérculos y raíces (papas peladas).<sup>2</sup>

## **e) Toxicocinética**

### **Absorción**

El plomo se absorbe en el cuerpo a través de los pulmones, el tracto gastrointestinal y, en menor medida a través de la piel. El tracto respiratorio es la ruta más importante de absorción de plomo en adultos, con una tasa de absorción promedio de aproximadamente 50 por ciento. Las exposiciones respiratorias pueden ocurrir con actividades como raspar, lijar o quemar pintura con plomo de las superficies, así como con varios procesos de fundición / quemado / soldadura.

El tracto gastrointestinal (GI) no es la ruta principal de absorción para los adultos, pero puede ser un contribuyente significativo, particularmente para aquellos que trabajan o comen en un ambiente contaminado con plomo. La absorción gastrointestinal de plomo en adultos es típicamente 8 a 10 por ciento, sin embargo, la absorción aumenta durante el ayuno y con dietas deficientes en calcio, hierro, fósforo o zinc. A diferencia de los adultos, el tracto gastrointestinal es la ruta de absorción predominante en niños con una absorción de alrededor del 50 por ciento. La absorción de la piel no es una ruta común de absorción entre los adultos y generalmente ocurre solo con la exposición al plomo orgánico en el lugar de trabajo (p. Ej., Tetraetilico de plomo orgánico en la gasolina).<sup>20</sup>

### **Distribucion y depósito:**

La distribución del plomo, una vez absorbido, se realiza por medio de tres compartimentos en equilibrio: sangre, tejidos blandos y huesos. El plomo en la sangre representa el 2.5 % del contenido total; el 95 % circula ligado a los eritrocitos, con una vida media de 36 días, y pasa a distribuirse posteriormente a los tejidos blandos y huesos. El compartimento formado por los tejidos blandos (riñón, hígado y sistema nervioso) representa aproximadamente el 10 % del contenido corporal total, con una vida media de unos 40 días. El tercer compartimento lo forma el tejido óseo, constituyendo el principal depósito de plomo absorbido (aprox. 90 %) en donde se incorpora a la matriz ósea de manera muy similar al calcio, presenta una vida media entre 10 y 30 años, debido a la formación de compuestos muy estables.<sup>46</sup>

## Eliminación:

El Plomo se elimina del cuerpo, a través de la orina y las heces. Por la orina en un 76% y en las heces 16%, siendo claramente la ruta urinaria la más importante. Se menciona que existe filtración glomerular y un relativo grado de reabsorción tubular; igualmente que en los niños la vía de eliminación gastrointestinal es tan importante como la vía urinaria. En exposiciones bajas, la excreción en las heces es aproximadamente la mitad que en la orina, a niveles más altos probablemente menos. La excreción en la orina se produce a través filtración glomerular, aunque la filtración es, probablemente, seguida por la reabsorción tubular parcial. Por otra parte, la tasa de excreción se ve afectada por el flujo urinario. También se excreta a través de la bilis y jugo pancreático. Posiblemente, la excreción en la bilis es en la forma de un complejo Pb-glutación. En cierta medida es excretado en la saliva y el sudor. Se excreta en cantidades muy mínimas como en las en las uñas y el pelo. El Plomo también se incorpora en el semen, la placenta, el feto y la leche. La vida media del plomo es larga, y se estima en 5 a 10 años, que varía con la intensidad y duración de la exposición y la carga corporal final acumulada.<sup>18</sup>

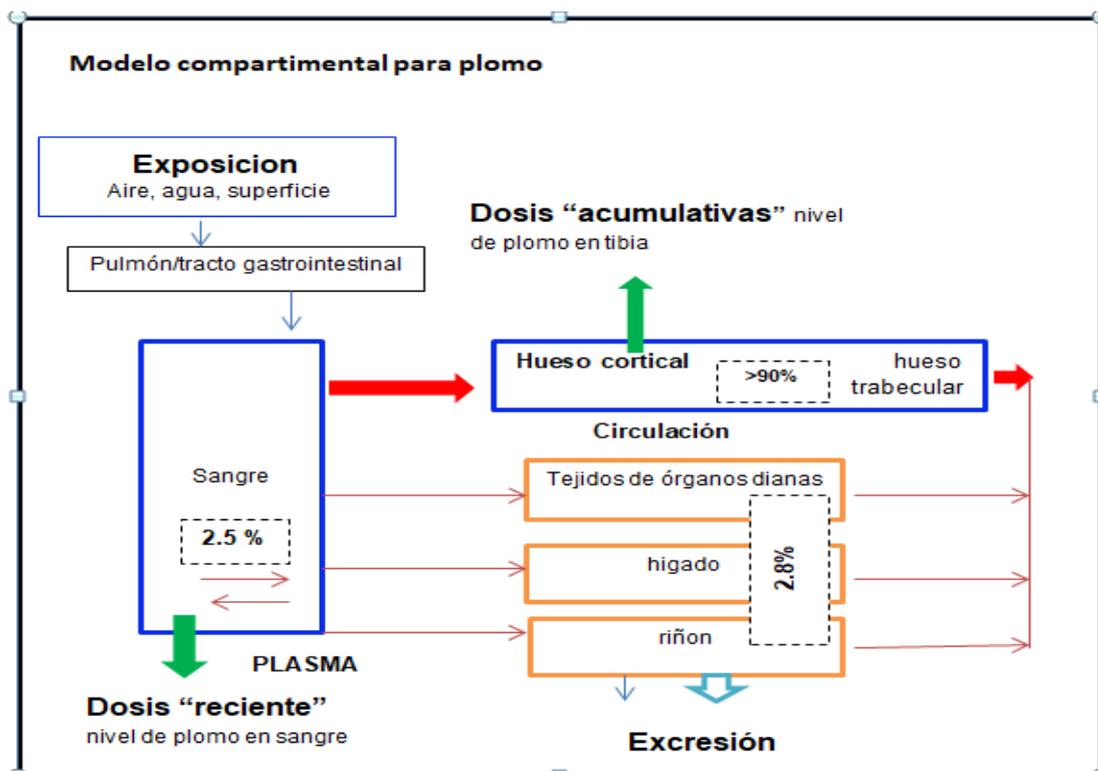


Figura 1: Toxicocinética del plomo<sup>20</sup>

#### **f) Toxicodinámia:**

Debido a que el Pb no tiene función biológica en ningún organismo vivo; genera daños y efectos adversos en la salud cuando se tienen niveles de este metal en cualquiera de los sistemas anteriormente mencionados. El mecanismo de acción está dado por la afinidad del Pb por los grupos sulfhídrico (reemplazando o desplazando a otros cationes divalentes) principalmente por las enzimas dependientes de zinc, inicialmente el Pb interfiere con el metabolismo del Ca cuando este está en concentraciones bajas. El Pb reemplaza el Ca comportándose como segundo mensajero intracelular, alterando la distribución de Ca en los compartimientos dentro de la célula; activa la proteína quinasa C, se une a la calmodulina e inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el Ca intracelular. Muchos de sus efectos tóxicos se atribuyen a la capacidad de dañar proteínas estructurales y enzimas, sin embargo, sus acciones son mucho más complejas.<sup>18</sup>

#### **g) Manifestaciones Clínicas:**

El plomo es un metal tóxico que afecta negativamente muchas funciones fisiológicas y sistemas de órganos a través de múltiples mecanismos bioquímicos. La exposición produce efectos adversos durante algunas semanas de exposición, así como durante un período prolongado. Algunos de los efectos tóxicos del plomo (como el cólico y la anemia) son reversibles si la intoxicación por plomo se identifica temprano y se maneja de manera efectiva. Sin embargo, los niveles altos de plomo o los niveles moderados durante largos períodos pueden provocar daños irreversibles en el sistema nervioso central y periférico, los riñones y otros órganos.<sup>20</sup>

Estos efectos de exposición se presentan de la siguiente manera:

- **Síntomas de exposición aguda**

Los síntomas de intoxicación por plomo pueden ocurrir con días o semanas de exposición prolongada a plomo elevado. Existe una correlación general entre los efectos sobre la salud y los niveles de plomo en la sangre (BLL). Sin embargo, las manifestaciones de toxicidad por plomo varían de un individuo a otro.

Es más probable que los síntomas ocurran con BLL > 80 ug/dL (3.86 micromol/L). Con BLL de 40 a 80 ug/dL, los síntomas son menos severos y se presentan en un grado más variable. Los adultos con BLL < 40 ug/dL generalmente son asintomáticos y se deben buscar otras explicaciones de los síntomas.

Los síntomas y signos de toxicidad aguda por plomo en adultos son los siguientes:

**Gastrointestinal:** dolor abdominal ("cólico de plomo"), estreñimiento.

**Musculo esquelético:** dolor articular / artralgia, dolor muscular / mialgia.

**General:** fatiga excesiva, trastornos del sueño, disminución de la libido.

Neuropsiquiátrico: dolor de cabeza, dificultad para concentrarse, déficit en la memoria a corto plazo, irritabilidad, depresión.<sup>20</sup>

El BLL extremadamente alto ( > 100 ug/dL y más comúnmente > 150 ug/dL) presenta riesgos de efectos más graves del sistema nervioso central, como encefalopatía (coma, convulsiones, delirio), así como un deterioro cognitivo persistente después de la recuperación.

**Efectos hematológicos:** la anemia puede ocurrir como un efecto subagudo que generalmente refleja varios meses de exposición al plomo. Si bien los niveles de plomo superiores a 30 ug/dL durante los meses anteriores pueden dar lugar a la inhibición de algunas de las enzimas de la síntesis de hemoglobina, la anemia franca generalmente se desarrolla cuando BLL excede los 80 ug/dL. Cuando los BLL disminuyen y vuelven a la normalidad, las anomalías hematológicas suelen corregirse. La anemia también puede ocurrir como un efecto de exposición crónica.<sup>20</sup>

- Efectos de exposición crónica

El BLL elevado prolongado crónico, posiblemente tan bajo como 5 a 10 ug/dL, puede tener efectos a largo plazo en renal, cardiovascular, cognitivo, y otras funciones. Estos efectos pueden no ser reversibles con la reducción de los niveles de plomo.<sup>20</sup>

**Mortalidad:** los niveles elevados de plomo en la sangre se han relacionado con un mayor riesgo de mortalidad. En un estudio de los Estados Unidos, se encontró un aumento similar en la mortalidad cardiovascular después de

corregir la hemoglobina y ajustar otros factores. No hay un umbral claro BLL que identifique el riesgo; incluso niveles > 2 a 5 ug/dL se han asociado con una mayor mortalidad.<sup>20</sup>

Los niveles de plomo en los huesos pueden estar más estrechamente asociados con el riesgo de mortalidad. El aumento de la mortalidad debido al plomo puede estar mediado por sus efectos sobre el ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN). Algunos estudios indican que la exposición al plomo puede alterar la metilación global del ADN. Neurológico / psiquiátrico: la exposición crónica (acumulativa) al plomo a un nivel tan bajo como BLL 5 ug/dL se ha asociado con efectos neuropsiquiátricos.<sup>20</sup>

Aunque la evidencia no es concluyente, otros estudios encontraron que la exposición acumulativa al plomo puede aumentar el riesgo de enfermedad de Parkinson y empeorar la función cognitiva entre los pacientes con enfermedad de Parkinson. Si el plomo aumenta el riesgo de esclerosis lateral amiotrófica (ELA) es controvertido debido a limitaciones y sesgos en los estudios, así como a la posibilidad de causalidad inversa, porque la ELA disminuye el movimiento de las extremidades, lo que lleva a la desmineralización ósea y la posible liberación de plomo.<sup>20</sup>

Varios mecanismos bioquímicos pueden contribuir a los efectos neurotóxicos del plomo. El plomo puede competir con otro catión divalente, el calcio, en varios sistemas biológicos, como la respiración mitocondrial y diversas funciones nerviosas. La interferencia del plomo con varios procesos dependientes del calcio se ha implicado como un mecanismo contribuyente en la neurotoxicidad del plomo y otros efectos adversos para la salud. Además, el plomo altera la permeabilidad de la barrera hematoencefálica y se acumula en las células de astroglia esenciales para el mantenimiento del entorno neuronal.<sup>20</sup>

**Anemia / hematológica:** la anemia puede desarrollarse con la exposición subaguda a un BLL muy alto, generalmente > 80 ug/dL como se discutió anteriormente.

El plomo puede causar anemia por varios procesos: El plomo inhibe enzimas como la deshidratasa del ácido delta-aminolevulínico (delta-ALAD) y la ferroquelatasa que son críticas para la síntesis de hemoglobina. La inhibición de la ferroquelatasa inhibe la inserción de hierro en el anillo de porfirina y

conduce a la creación de protoporfirina eritrocitaria libre (FEP) y protoporfirina de zinc (ZPP) cuando se inserta zinc en lugar de hierro. Por lo general, se puede medir un exceso de FEP en sangre cuando el BLL se eleva por encima de 30 ug/dL. La intoxicación por plomo y la deficiencia de hierro actúan sinérgicamente para producir niveles muy altos de FEP, ZPP y niveles más graves de anemia microcítica.<sup>20</sup>

Además, el plomo causa una mayor fragilidad de la membrana de los glóbulos rojos, lo que conduce a una vida útil más corta y la hemólisis resultante.

Algunos estudios también han encontrado niveles más bajos de eritropoyetina asociados con niveles elevados de BLL y hemoglobina baja que se ha atribuido a la acumulación de plomo en el túbulo proximal del riñón donde las células producen eritropoyetina.<sup>20</sup>

El plomo también inhibe la nucleotidasa 5' de pirimidina, causando la degradación del ácido ribonucleico ribosómico (ARN) en los glóbulos rojos que puede manifestarse como punteado basófilo en un frotis de sangre periférica.

Hipertensión: existe una asociación entre los niveles elevados de plomo y la presión arterial elevada, pero la magnitud de este efecto es incierta. En un metaanálisis de estudios en la población general y en individuos con exposición ocupacional al plomo, un aumento doble en BLL se asoció con un pequeño aumento en la presión arterial (1.0 / 0.6 mmHg).<sup>20</sup>

El plomo en el hueso, que refleja la exposición acumulativa al plomo, puede estar más estrechamente asociado que el plomo en la sangre con el desarrollo de hipertensión. El plomo puede afectar la presión arterial al promover la generación de superóxido y peróxido de hidrógeno en las células endoteliales y vasculares del músculo liso.<sup>20</sup>

**La nefropatía** por plomo es una complicación potencial de la exposición prolongada a niveles altos de plomo. Incluso los niveles crónicos bajos de exposición al plomo (es decir, que dan como resultado BLL > 10 ug/dL) tienen el potencial de nefrotoxicidad relacionada con el plomo con la disminución de la función renal con el tiempo.<sup>20</sup>

**Otros efectos** : el BLL elevado y el plomo acumulado en el hueso debido a la exposición al plomo de bajo nivel que suelen experimentar los adultos de los Estados Unidos parecen estar asociados con un mayor riesgo de enfermedades relacionadas con la edad, como la formación de, la pérdida de

dientes y fragilidad, así como con nefrolitiasis y gota. Los niveles elevados de plomo se han asociado con retrasos en la conducción electrocardiográfica. Aunque los datos no son concluyentes, el Programa Nacional de Toxicología del Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. Enumera los "plomo y compuestos de plomo" como "razonablemente anticipados como carcinógenos humanos". Los estudios epidemiológicos han tenido resultados mixtos sobre si el plomo aumenta el riesgo de cáncer, y los estudios carecen de información sobre la exposición cuantitativa, las contribuciones del tabaquismo y la exposición a otros metales. Los polimorfismos genéticos comunes pueden predisponer a peores respuestas a la exposición al plomo, aunque los resultados del estudio varían.<sup>20</sup>

#### 4. Cadmio

Es uno de los metales más tóxicos que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre y en un sin número de aplicaciones de nuestra vida cotidiana que forma parte de las menas de zinc, plomo y cobre.<sup>21</sup>

##### a) Características fisicoquímicas

Es un metal dúctil químico, pertenece al grupo IIB de la tabla periódica por lo que también tiene relación estrecha con el zinc. Tiene ocho isótopos estables en la naturaleza y se han descrito once radioisótopos inestables de tipo artificial y presenta propiedades químicas intermedias entre las del zinc metálico en soluciones ácidas de sulfato.<sup>22</sup>

**Tabla 4:** características fisicoquímicas del cadmio<sup>42</sup>

<b>Nombre</b>	<b>Cadmio</b>
Símbolo	Cd
Numero Atómico	48
Densidad relativa	8,65 a 20° C (68° F)
Peso molecular	112,41 g / mol
Serie química	Metales del bloque d
Grupo, periodo, bloque	12,5,d

Descripción física	Blanco, plateado, teñido de azul, solido inodoro.
Punto de fusión	320,9° c ( 360 °F)
Punto de ebullición	1 409 ° F a 760 mm Hg

### **b) Cadmio en aire, agua y suelo.**

El cadmio encontrado en el aire son óxido de cadmio, cloruro de cadmio y sulfuro de cadmio, su transformación mínima en la atmósfera, se transporta a largas distancias en la atmósfera mediante fuegos forestales y volcanes depositándose sobre suelos y agua como polvo, lluvia o nieve, produciendo en niveles elevados de cadmio, tanto en sitios lejanos a su emisión.<sup>23</sup>

El agua, se presenta como ión cadmio ( $Cd^{+2}$ ) y complementos de  $Cd(OH)^2$  y  $CdCO^3$ . como el sulfuro de cadmio, el carbonato de cadmio y el óxido de cadmio, son insolubles en agua. Los compuestos insolubles se transforman en solubles por interacción con ácidos, luz u oxígeno.

Pequeñas cantidades de cadmio llegan de los derrames o fugas de sitios en desechos peligrosos, aguas residuales industriales y domésticas, se contaminan a peces, mariscos y crustáceos. También en agua que viaja a través de tuberías fabricadas con cadmio y descomposiciones de rocas.<sup>18</sup>

Descargas procedentes de instalaciones industriales o de plantas de tratamiento de aguas residuales, la deposición desde la atmósfera, filtraciones procedentes de vertederos, suelo o fertilizantes fosfatados.

La concentración media de cadmio en los océanos esta entre  $< 5$  y  $110$  ng/L, sabiendo que los mayores niveles se encuentran en las zonas cercanas a la costa y en los fosfatos y fosforitas marinos.

El cadmio se retira de las aguas residuales por medio de precipitación a compuestos carbonados o hidróxidos y posteriormente se separa. La Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (EPA) requiere a los proveedores de agua que limiten la concentración de cadmio en agua  $<5$  mg/L.<sup>23</sup>

El suelo incluye la atmósfera y las deposiciones directas, siendo las debidas al uso de fertilizantes fosfatados y lodos de aguas residuales.

Los fertilizantes fosfatados aumentan la concentración en plantas. Los alimentos tienen concentración superior son los cereales como el arroz, maíz y

trigo, vegetales de hoja verde, soja, zanahorias y las papas, los pescados, el pan y en menor cantidad son las carnes y frutas.

El fosfato tiene una concentración que oscila entre 3 y 100  $\mu\text{g/g}$  de cadmio. En 2012 en Estados Unidos se consumió más de un millón de toneladas de fertilizantes fosfatados. El suelo contaminado por cadmio se incorpora en las plantas y forma parte de la alimentación diaria para el ser humano. Un suelo con pH bajo, cada vez es más común debido a la lluvia ácida, aumentando así la concentración de cadmio en las plantas.<sup>15</sup>

Por medio de las raíces, la absorción foliar directa, acumulándose en las hojas de las plantas, por lo que los vegetales de hoja verde cultivados presentan mayores concentraciones que los tubérculos y que los cereales.<sup>15</sup>

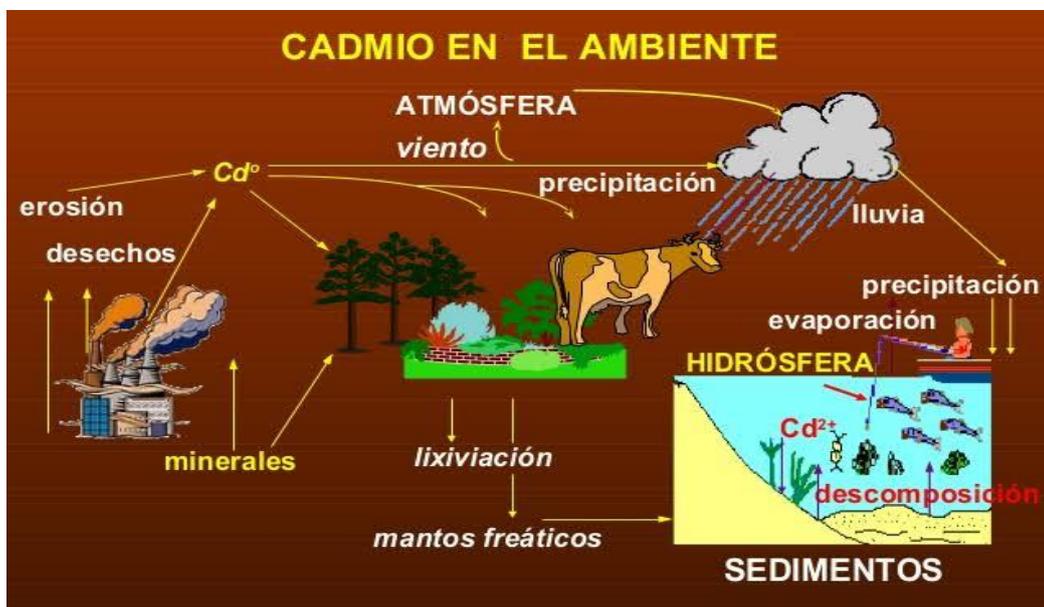


Figura 2: Cadmio en medio ambiente <sup>27</sup>

### c) Fuentes de contaminación:

Fuentes naturales

En grandes cantidades el cadmio es liberado al ambiente, sobre 25,000 toneladas al año, la mitad es liberada en los ríos en las descomposiciones de rocas y aire a través de juegos forestales y volcanes. El resto de cadmio es liberado por actividades humanas.<sup>23</sup>

## Fuentes antropogénicas

La minería es la principal fuente liberado al ambiente acuático. El resultado de filtraciones a los acuíferos procedentes del agua de drenaje de minas, de aguas residuales o de estanques de residuos. Una gran proporción del cadmio liberado al entorno acuático procede de múltiples fuentes más que de sitios puntuales de contaminación.<sup>23</sup>

Sus aleaciones y sus compuestos se usan en multitud de productos industriales y de consumo. El principal uso es la fabricación de componentes activos en las baterías de Niquel – Cadmio (83% del uso de cadmio).<sup>15</sup>

- Estearato de cadmio, es un estabilizador térmico y protector frente a la luz en la fabricación de plásticos (cloruro de polivinilo (PVC)).
- Sulfuro y sulfoseleniuro de cadmio: se forman los cristales, tintes, pigmentos en plásticos, cerámicas y esmaltes, se combinan para crear colores y en células solares y fotográficas.<sup>15</sup>
- Cloruro de cadmio: se realiza fungicida, colorante en pirotecnia, componente de los baños galvanoplásticos, aditivo en las soluciones de estañado y mordiente en la tinción e impresión de textiles. También se utiliza para la producción de películas fotográficas, fabricación de espejos y para el recubrimiento de tubos electrónicos de vacío.<sup>15</sup>
- óxido de cadmio: se utiliza como estabilizadores térmicos de PVCN, agente para galvanoplastia y componente de las aleaciones de plata, semiconductores y pigmentos fosforescentes, así como para el endurecimiento de cristales o el vitrificado de cerámica.<sup>15</sup>

## d) Límites de exposición

Normas y regulaciones internacionales de límites de exposición de cadmio.

Agua potable	La EPA ha determinado que 0.04 mg/L de cadmio en el agua potable. No causará efectos adversos en un niño durante periodo de 10 días. La EPA ha determinado que la exposición de por vida a concentraciones de 0.005 mg/L de cadmio en el agua potable no causará efectos adversos.
--------------	---

Producto de consumo	La Administración de Drogas y Alimentos (FDA) ha determinado que la concentración de cadmio en agua en botella no debe exceder 0.005 mg/L.
El aire de trabajo	La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) limita la exposición de trabajadores a un promedio de 5 µg/m <sup>3</sup> durante una jornada diaria de 8 horas, 40 horas a la semana.

**Tabla 5:** Límites de exposición de cadmio <sup>42</sup>

### e) Toxicocinética

#### **Absorción:**

La absorción por el tracto gastrointestinal es de 50% aproximadamente, en los adultos el hígado no expuesto tiene en promedio 2,7mg de cadmio. Relativamente lenta, un promedio de 14 días en exposiciones prolongadas.

La inhalación se deposita partículas en el tracto respiratorio y los pulmones, mientras que el resto son exhaladas, la absorción oral es aproximadamente entre 1-10%, las partículas grandes (mayores de 10 µm de diámetro) se depositan en la parte superior del tracto respiratorio y las partículas de menor tamaño (0,1 µm) tienden a penetrar en los alvéolos.<sup>15</sup>

#### **Vías de ingreso y distribución:**

Es por exposición ocupacional, el cadmio procede de dos vías de ingreso: Es absorbida por los pulmones y tracto intestinal pasa a sangre distribuyendo todo el cuerpo, concentrando en el hígado y riñón dependiendo de la intensidad, tiempo de exposición. <sup>15</sup>

La metalotioneína se transporta a otros tejidos es de 50% y el hígado de 16% o se deposita en el plasma sanguíneo. Uniendo metales, ricas en residuos de cisteína, la síntesis ocurre en el hígado y riñón. Tiene efecto detoxificante, aunque en forma lenta en la sangre. Una parte se reabsorbe en el túbulo, contribuyendo así a su acumulación en el hígado. <sup>15</sup>

### **Metabolismo:**

El metabolismo no sufre ninguna conversión directa tales como oxidación, reducción o alquilación. No se biotransforman, una vez absorbido es eliminado muy lentamente, la importancia del metabolismo es la unión del Metalotioneína transformándolo en inerte toxicológicamente.<sup>15</sup>

### **Excreción:**

Las principales vías de excreción son:

Orina, se elimina 0,007% diario del contenido corporal y su vida media es de 40 años. Heces se elimina 0,03%. Una pequeña cantidad se encuentra en sangre y en el hígado, a través de la vía biliar, se elimina por heces.<sup>24</sup>

### **f) Toxicodinamia**

El cadmio es tóxico en gran número de órganos, los riñones, hueso y los pulmones, es un xenobiótico no esencial para el organismo, su toxicidad depende de la vía de ingreso, tipo, dosis y solubilidad de sus compuestos. Por vía inhalatoria, las concentraciones ambientales en lugares de trabajo, superiores a los 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  inducen la "fiebre por humos metálicos", a partir de 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  aparece una neumonitis química y más allá de los 5.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se considera que es mortal. Por vía digestiva, el cadmio es considerado uno de los elementos más peligrosos para la alimentación humana, debido a su carácter acumulativo. Las cantidades de cadmio ingeridas diariamente con los alimentos en la mayoría de países se encuentran en el rango de 10 a 20  $\mu\text{g}/\text{día}$ , asimismo la ingesta de hasta 100  $\mu\text{g}$  va producir síntomas gastrointestinales, mientras que a partir de los 350  $\mu\text{g}$  se considera potencialmente mortal.<sup>25</sup>

### **g) Manifestaciones clínicas**

#### **Vías de administración:**

- Manifestaciones clínicas por inhalación

La inhalación de altas cantidades de cadmio puede inducir la aparición de un cuadro sintomático no muy bien definido al principio, pero que luego se distingue por fiebre, alteraciones digestivas, dolor torácico, disnea y edema

agudo de pulmón, el cual puede ocasionar la muerte por insuficiencia respiratoria.<sup>26</sup>

Los efectos agudos por la exposición en alto grado o accidental a humos de cadmio se deben a que funciona como irritante de las mucosas y produce un síndrome de dificultad respiratoria aguda. La inhalación también puede provocar anemia, albuminuria, hepatitis y anuria, que provocan la muerte por hepatonecrosis. Otro efecto que suele ocurrir inmediatamente o poco después de la exposición al cadmio es la irritación de la piel y los ojos; además, puede causar “fiebre por humos metálicos”. Esta enfermedad es similar a la influenza con síntomas de sabor metálico, dolor de cabeza, fiebre, escalofríos, dolores, opresión en el pecho y tos. Los síntomas tardan varias horas en aparecer después de la exposición y normalmente duran uno o dos días.<sup>26</sup>

- Manifestaciones clínicas por ingestión

La concentración de cadmio por ingesta es de 15ppm por medio de agua o alimentos, los síntomas son: náuseas, vómitos, dolores abdominales y cefalea. En muchos casos hay diarrea intensa con colapso, anosmia (pérdida del sentido del olfato), enfisema, proteinuria, anemia leve, daño en el ADN o desarrollo de cáncer.<sup>6</sup>

La absorción de cadmio en el ámbito intestinal se produce en dos etapas: La primera, las células de la mucosa internalizan el cadmio presente en el lumen intestinal; la segunda etapa, una parte del cadmio atraviesa la membrana lateral de los enterocitos para pasar a la circulación sanguínea.<sup>26</sup>

La dosis oral de cadmio es elevada, el metal libre atraviesa la mucosa pasando a la circulación sanguínea, almacenándose en el hígado y los riñones. En estos dos órganos se almacenan entre 40% y 80% del cadmio presente en el organismo.<sup>27</sup>

## **5. Evaluación del riesgo toxicológico**

Es una metodología que sirve para predecir y describir los niveles de exposición en las personas determinado los factores de riesgo, caracterizando a su vez la magnitud y gravedad de las consecuencias en salud resultantes de dicha exposición. Consiste en recabar información disponible sobre los efectos tóxicos de una sustancia química y se analiza a fin de

determinar el riesgo posible en relación con la exposición.<sup>28</sup>

Para una evaluación de riesgo de este tipo se requiere información de varias disciplinas como son la ecología, epidemiología y toxicología así como de la química, la física y las matemáticas.<sup>28</sup>

La posibilidad de que en el organismo se dé un efecto toxico depende en su mayoría de la cantidad suministrada con el contaminante al órgano de mayor concentración, sin embargo no se puede dejar a un lado otros factores la variabilidad genética, la edad, la raza, el sexo, la toxicocinética, la toxicodinamia, etcétera y otros factores como hábitos, formas de vida, entre otros considerados factores no biológicos.<sup>29</sup>

### **a. Metodologías de evaluación de riesgos**

Como indicamos anteriormente para la aplicación de una metodología de evaluación de riesgo es necesario evaluar varias metodologías. Estados Unidos es el país que mas ha desarrollado este tipo de metodologías , por medio de sus dos agencias: la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) y la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, por sus siglas en inglés). La metodología de la EPA es basada en datos obtenidos del medio ambiente y como afecta la salud; la ATSDR, encargada de los riesgos toxicológicos en humanos, cuenta con una metodología considerada como una “evaluación de salud”, quiere decir que analiza las emisiones de sustancias químicas al ambiente y ver como afecta actualmente la salud o en todo caso en el futuro. La aplicación de las metodologías propuestas por la EPA y de la ATSDR es muy difícil en Latinoamérica, debido a la mínima información de estos países con respecto al estudio de sitios contaminados. Por lo tanto se ha desarrollado una metodología adaptable al entorno latino que toma en cuenta lo primordial de las otras metodologías; esta metodología es desarrollada y propuesta por dos organizaciones en conjunto, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), por medio de sus oficinas regionales. Se elaboró en Perú en 1995 en el marco del DS 002-2013-MINAM donde se aprueba los estándares de calidad ambiental para suelos, la guía para la elaboración de estudios de evaluación de riesgos en la salud y el

ambiente (ERSA) para lugares contaminados. En el método OPS/OMS se habla de tres fases. <sup>19</sup>

- Preparación de la lista de lugares potencialmente contaminados y contaminados.
- Inspección y visita de los lugares listados.
- Se realiza la evaluación de riesgo en sitios que se consideren de alto riesgo.<sup>19</sup>

#### **b. Análisis de riesgo:**

**Evaluación del riesgo:** Consta de varias informaciones como, por ejemplo: recolección de datos de la sustancia peligrosa, cálculo de la dosis de exposición y la dosis de respuesta; la suma de la información más otros datos.

**Manejo del riesgo:** Usa la información de observaciones científicas definiendo como afecta en la salud la exposición de sustancias tóxicas. El análisis permite responder preguntas como, ¿cuál es el nivel de riesgo? ¿cuál es la población que puede verse más afectada?, ¿existen algún riesgo por la exposición a la sustancia química estudiada? <sup>19</sup>

#### **c. Evaluación dosis – respuesta**

Se estableció según bibliografía toxicológica dos curvas diferentes:

**Dosis – respuesta:** es la cantidad de contaminantes o sustancias / cantidad de consumidores presentando una respuesta. <sup>20</sup>

**Dosis – efecto:** Es la relación entre la intensidad o magnitud en los cambios fisiológicos o biológicos con la cantidad de sustancias o contaminantes. <sup>20</sup>

Las curvas nos sirven para determinar un rango seguro de exposición que se conoce como “Dosis de Referencia” (DRf) o la “Ingesta Diaria Admisibles” (IDA).<sup>19</sup>

#### **d. Evaluación de exposición**

La evaluación de la exposición tiene la finalidad de determinar la magnitud (Actual o potencial), frecuencia y duración de la exposición a los contaminantes de preocupación considerando las vías principales a las que los receptores están o pueden estar expuestos. La información de exposición permite el cálculo de la dosis, lo que es la cantidad de contaminante que ingresa al

interior del organismo por contacto con la matriz ambiental potencialmente contaminada y por la ruta de exposición correspondiente.<sup>30</sup>

La evaluación de la exposición se basa en una descripción detallada del entorno y de los hábitos de los potenciales receptores humanos (escenario humano) y del ambiente de flora y fauna (escenario ecológico).<sup>30</sup>

Las principales etapas de la evaluación de la exposición son las siguientes:

- Identificación de las rutas y vías de exposición
- Caracterización de los receptores y escenarios de exposición
- Selección de factores de exposición
- Cálculo de la dosis de exposición.<sup>30</sup>

El concepto de ruta de exposición se refiere al camino que sigue el contaminante desde su fuente hasta la población. Toda ruta se constituye en:

1. Fuente de contaminación. Fuente que emite contaminantes al ambiente.
2. Medio ambiental. Aire, agua, suelo, polvo, alimento, etc., medio responsable de transportar los contaminantes desde la fuente hasta el punto de exposición.
3. Punto de exposición. Lugar donde la población entra en contacto con los contaminantes (pozos profundos, área de recreación infantil, grifos caseros, etc.).
4. vía de exposición. Inhalación (aire, partículas finas), ingesta (agua, suelo, alimento, polvo), absorción dérmica, etc.
5. población receptora. Personas que están expuestas a los contaminantes, la población receptora es entonces la población expuesta.<sup>31</sup>

#### **e. Característica de riesgo.**

Es aplicable a sustancias que pueden producir cáncer y las que no. Sin importar la característica de esta sustancia, se evalúa el riesgo individual luego se extrapola estos valores a toda la población.<sup>31</sup>

En sustancias no carcinógenas se evalúan tres aspectos importantes: la severidad del efecto, la relación dosis estimada con respecto a la dosis de referencia (RDf) o la dosis de riesgo mínimo (MRL), y la población total expuesta.

clasificación de la severidad del efecto son:

- Catastrófico cuando la vida esta en riesgo (daños cardiacos, efectos

fatales, etc.),

- Severo afecta la salud del paciente pero sin causarle la muerte (efectos en la conducta, abortos y daños neurológicos).
- Adversos: es una alteración de los órganos( irritación de ojos, neonatos con bajo peso y disminución de la actividad enzimática).<sup>31</sup>

El cadmio cuenta con un NOAEL de 0,01mg/kg/d por acumulación crónica por alimentos contaminados, por lo contrario de plomo que no cuenta RfD o NOAEL por lo que se recomienda el uso de un valor 250mg/kg/d.

El plomo esta definido como posible agente causal de cáncer; según el Centro Internacional de Investigación sobre Cancer (IARC).<sup>32</sup>

#### **f. Gestión de riesgo.**

Con la información obtenida en la evaluación de riesgo, se tomaran decisiones sobre la mejor manera de abordar la contaminación y la exposición en el medio ambiente. El administrador de riesgo (risk manager) tendra en cuenta una evaluación de temas para elaborar políticas que permitan mejorar el manejo de los problemas de exposición.<sup>33</sup>

### **6. Espectrometría de Absorción Atómica con horno de grafito**

Dentro de los métodos espectrométricos de análisis para identificar y cuantificar elementos presentes en distintas matrices, se encuentra la espectrometría óptica atómica, este método convierte elementos presentes en una muestra en átomos o iones elementales en estado gaseoso por medio de un proceso denominado atomización. Los dos métodos más utilizados para lograr la atomización de la muestra incluyen la aplicación de una llama (empleada en la absorción atómica con llama, FAAS) o el uso de energía electrotérmica en horno de grafito, también llamada con atomización electrotérmica. La técnica de GFAAS permite bajar los límites de detección al rango de partes por billón (ppb) con una instrumentación relativamente sencilla y sin los esfuerzos y pérdidas de tiempo que conllevan las técnicas de extracción previa.<sup>19</sup>

#### **Fundamento:**

El principio se basa en la absorción de luz por parte de un elemento en estado atómico. La longitud de onda a la cual la luz es absorbida es específica para

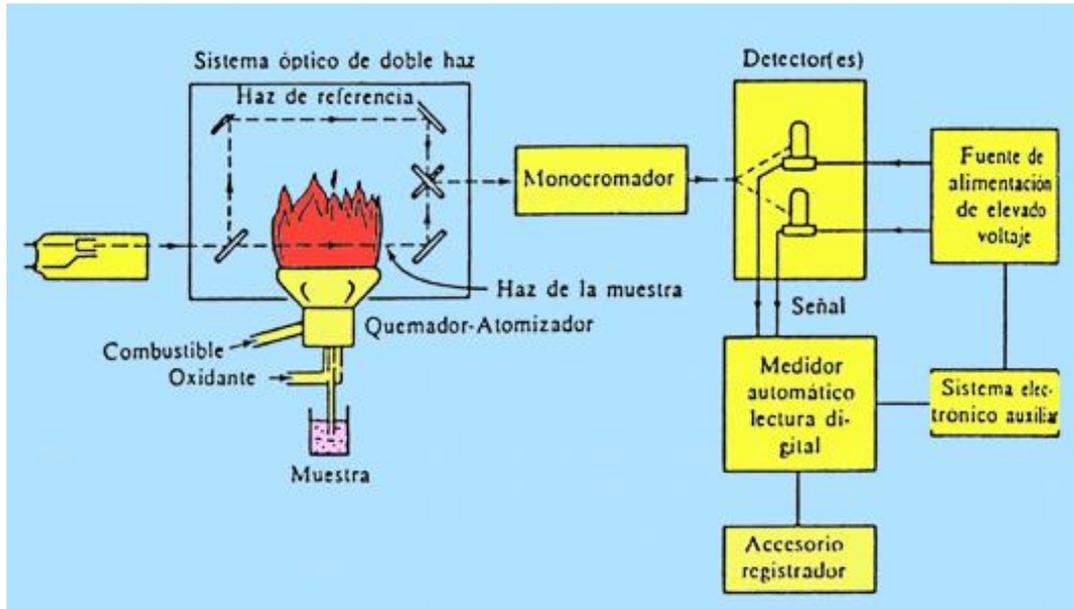
cada elemento. Se mide la atenuación de la intensidad de la luz como resultado de la absorción, siendo la cantidad de radiación absorbida proporcional a la cantidad de átomos del elemento presente.<sup>19</sup>

El método involucra fundamentalmente 2 procesos: la atomización de la muestra y la absorción de radiación proveniente de una fuente por los átomos libres. El tratamiento de la muestra hasta la atomización comprende las siguientes etapas:

**Secado.** Una vez que la muestra ha sido inyectada en el tubo de grafito, se calienta a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (usualmente entre 80 a 180 °C). El objetivo de esta etapa es la evaporación del solvente. La muestra inyectada (2-20 µL) en el horno de grafito es sometida a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (80-180 °C). Aquí se evaporan el solvente y los componentes volátiles de la matriz.

**Calcinado.** El próximo paso del programa es el calcinado por incremento de la temperatura, para remover la mayor cantidad de material (materia orgánica) de la muestra como sea posible, sin pérdida del analito. La temperatura de calcinación usada varía típicamente en el rango de 350 a 1600 °C. Durante el calcinado, el material sólido es descompuesto mientras que los materiales refractarios, como por ejemplo los óxidos, permanecen inalterados.

**Atomización.** En esta etapa, el horno es calentado rápidamente a altas temperaturas (1800-2800 °C) para vaporizar los residuos del paso de calcinado. Este proceso lleva a la creación de átomos libres en el camino óptico. Se mide la absorbancia durante este paso, la temperatura de atomización depende de la volatilidad del elemento, usualmente se agrega una cuarta etapa para limpieza del horno a una temperatura algo superior a la temperatura de atomización. Cuanto mejor sea la separación de los elementos concomitantes del analito, mejor será la atomización y la determinación estará más libre de interferencias.<sup>34</sup>



**Figura 3:** Equipo de espectrometría de absorción atómica<sup>34</sup>

## – ESTUDIOS ANTECEDENTES

### Antecedentes Nacionales

Panduro N. (2018), en Peru, su investigación titulada “Prevalencia del cadmio, plomo y cromo en la biomasa estacional de Myrciaria dubia HBK Mc Vaugh “camu camu”, en un entisoles de Yarinacocha”. Su **Objetivo:** Determinar presencia de niveles constantes del cadmio, plomo y cromo en la biomasa estacional de Myrciaria dubia HBK Mc Vaugh “camu camu”, en un entisoles de Yarinacocha. Según sus **Métodos** analítico que se utilizó estas muestras se prepararon mediante la digestión húmeda nitro-perclórica, para la determinación de los tres macronutrientes primarios: para el nitrógeno se realizó mediante el método de la micro-Kjeldahl modificado; para el fósforo, mediante colorimetría con el método amino naftol sulfónico (color azul) y para el potasio, por espectrometría de absorción atómica. Los macronutrientes secundarios, micronutrientes y metales pesados, se determinaron mediante fotometría de absorción atómica de flama. Se determinó la materia seca, concentración y absorción periódica de cadmio, plomo y cromo en hojas y frutos de 80 plantas francas de siete años, desde la defoliación hasta la cosecha. **Resultados:** La concentración de cadmio se encuentra presente en todas las fases fenológicas, pero en frutos, el cadmio, plomo y cromo, sólo

fueron encontrados en la fase de Fruto maduro, superando los límites máximos permisibles en productos alimenticios. **La Conclusión:** La prevalencia del cadmio, plomo y cromo en la biomasa estacional del “camu camu”, en ambos órganos estudiados se superan los límites máximos permisibles de estos metales en productos alimenticios, solo en la fase de Fruto maduro.<sup>7</sup>

Bertolotti R. y Noé N. (2018), en Perú. En el artículo titulada “Concentración de plomo, mercurio y cadmio en músculo de peces y muestras de agua procedentes del Río Santa, Ancash – Perú”. Plantearon como **objetivo:** cuantificar la concentración de Pb, Hg y Cd en músculo de peces destinado a consumo humano y de muestras de agua de río en tres localidades (A=Catac, B=Taricá y C=Palmira) de la ciudad de Huaraz (Ancash, Perú). Cinco peces y una muestra de agua en cada localidad fueron analizadas mediante **la técnica** de Absorción Atómica de Flama. **Resultado:** Pb en músculos de peces fue 1,826, 0,321 y 0,709 mg/Kg para las zonas A, B y C respectivamente. En el mismo orden, la concentración de Hg fue 0,344, 0,433 y 0,284 mg/Kg y de Cd, 0,001, 0,0 y 0,002 mg/Kg respectivamente. En las tres zonas, las concentraciones de Pb estuvieron por encima de los niveles permitidos por la Comisión Reguladora Europea. La concentración de Pb en muestras de agua fue 0,007, 0,007 y 0,01 mg/L para las zonas A, B y C respectivamente. En el mismo orden, la concentración de Hg fue 0,063, 0,032 y 0,171 mg/L. y de Cd 0,000 mg/L para las tres zonas, respectivamente. En las tres zonas el Hg estuvo por encima de los niveles permitidos por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos. **Se concluye** que peces y agua representan potenciales medios de contaminación de personas con metales pesados a partir de la ruta digestiva en esta zona.<sup>8</sup>

García M. y Madueño M. (2018), en Perú. Su investigación titulada “Determinación de metales pesados (Plomo y Cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) de mercados de Lima Metropolitana”. Su **Objetivo** es determinar los niveles de concentración de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad “crespa” de la ciudad de Lima Metropolitana. Los puntos de muestreo para realizar el análisis fueron 20, tomados a nivel de toda Lima. Por distrito se tomaron dos muestras con un total de 40 muestras y averiguando el origen de recolección de la hortaliza. **El método** analítico fue el de absorción atómica para realizar la valoración de los metales. Como **resultado** las

concentraciones en lechuga presentaron una media de 1,279 ppm para Pb y de 0,084 ppm para Cd; la concentración de Pb fue la única que superó lo establecido por la OMS/FAO (Codex Alimentarius; Pb = 0,3 ppm; Cd = 0,2 ppm). **En conclusión:** Los mayores niveles de Pb y Cd en lechuga se encuentran en la Sierra que en la Costa. Estos resultados evidencian la exposición a metales pesados en hortalizas y diversos cultivos en consecuencia estarían siendo parte de nuestra alimentación diaria.<sup>9</sup>

Dávila C. (2017), en Perú. Tesis titulada “Determinación de Plomo Y Cadmio en Jugos de Naranja (Citrus Sinensis) Expendidos De Forma Ambulatoria En El Paradero Villa Sol - Los Olivos – Periodo octubre 2016 – enero 2017”. Con el propósito del **Objetivo:** conocer los niveles actuales de metales pesados plomo (Pb), cadmio (Cd), presentes en un producto de consumo masivo y diario se cuantificó 15 muestras de jugo de naranja expendidas de forma ambulatoria en el paradero Villasol - Los Olivos- Periodo octubre 2016 – enero 2017. Se determino el contenido de Plomo y Cadmio en estas muestras, con **el método** de absorción atómica con horno de grafito en el laboratorio CETOX. **Resultados:** promedio fueron: Cd: 0,144 mg/kg y Pb: 0,305 mg/kg, estos resultados fueron contrastados con valores establecidos por la Mercosur y la Unión Europea como límites permisibles, evidenciando que los análisis superan estos limites.<sup>10</sup>

Ynocente C. y Olórtegui D. (2018), en Perú, en la tesis titulada “Evaluación del riesgo toxicológico en personas expuestas a suelos con plomo (Pb) y cadmio (Cd) en los alrededores del Parque Industrial Infantas en Lima”. Plantearon como **objetivo:** Evaluar el riesgo toxicológico en personas expuestas a suelos con presencia de plomo y cadmio en los alrededores del Parque Industrial Infantas. Según su **metodología,** se empleó la Espectrometría de absorción atómica, con flama para plomo y horno grafito para cadmio. Como **resultado** obtuvieron que, las concentraciones de Pb y Cd en la Urb. Carabayllo tuvieron una media de 66,97 mg/kg y 0,86 mg/kg; para la Urb. Villa del Norte fue 51.43 mg/kg y 0,73 mg/kg respectivamente y para la dosis de exposición en la Urb. Carabayllo, para adultos fue  $DE_{pb} = 0,000046879$  mg/kg/día y  $DE_{cd} = 0,0008203825$  mg/kg/día, y para niños, una  $DE_{pb} = 0,0008203825$  mg/kg/día y  $DE_{cd} = 0,0000318562$  mg/kg/día. En Urb. Villa del Norte, para adultos, se obtuvo una  $DE_{pb} = 0,000036$  mg/kg/día y  $DE_{cd} = 0,000000509$  mg/kg/día y para

niños , una  $DE_{pb} = 0,00062996$  mg/kg/día y  $DE_{cd} = 0,00000891$  mg/kg/día. **Concluye** que, en ambas zonas las concentraciones no superan los Estándares de Calidad Ambiental para suelos de uso Residencial, cuyo valor es 140mg/kg. Y según la caracterización de riesgo para adultos y niños por exposición de suelos con plomo y cadmio fue mínimo, debido a que ambas zonas resulto menor que 1 (IP1).<sup>19</sup>

### **Antecedentes Internacionales**

Huaricocha J. (2018), en Ecuador, La tesis de Maestría titulada “Evaluación del riesgo toxicológico por cadmio y plomo en granos de arroz (*Oryza sativa*) comercializados en la ciudad de Cuenca” Universidad de Cuenca”, el **Objetivo:** Determinar la cantidad de plomo y cadmio en arroz. Se trabajó con una muestra representativa a estas personas se le realizó una encuesta (n=385), siendo nuestra finalidad determinar donde se adquiere el arroz consumido, tipo, cantidad consumida, entre otros. El **método** utilizado para la determinación de las concentraciones de los metales en estudio fue la Espectroscopia de Absorción Atómica (EAA), previa digestión ácida, obteniéndose como **resultado** concentraciones de plomo en el arroz integral (n= 10,  $\bar{X}=0.31$ mg/Kg, SD=0.02 mg/Kg) evidenciándose que sobrepasa los límites establecidos en el Codex Alimentarius (0.2 mg/Kg). Las concentraciones de cadmio en los granos de arroz integral o en arroz blanco es (n=5), se encontró por debajo del límite permisible. **La Conclusión:** el riesgo toxicológico, para hombres, mujeres, gestantes y niños, los numeros de peligro (HQ) son de: 0.31, 0.63, 1.86 y 1.87. Los valores obtenidos del HQ para niños y gestantes son demasiado elevados aumentando así la probabilidad de poder producir daño neurológico. Por otro lado, los niveles de exposición son muy bajos para evidenciar riesgo carcinogénicos.<sup>11</sup>

Reyes C, Vergara I, Torres E y colaboradores (2016), en Colombia, “Contaminación por metales pesados: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad alimentaria”. Se ha observado una alta concentración de nitrógeno, plomo, cadmio y cobre en las verduras de hoja debido a las aguas residuales municipales e industriales y al uso sobresaliente de fertilizantes químicos y estiércol, y puede ser peligroso para la salud humana. **Objetivo:** el presente

estudio es determinar la cantidad de plomo, zinc y cadmio en muestras de vegetales crudos, albahaca, perejil y menta en Teherán (2013). Este es un estudio transversal. **Método:** mediante un espectrofotómetro de absorción atómica modelo young lin AAS8020. **Resultado:** El análisis de datos se realizó mediante el uso del software SPSS. Los valores promedio para metales pesados en vegetales en Teherán fueron los siguientes: Pb (0.4) Zn (4.09) y Cd (0.00067). **Conclusión:** El plomo y cadmio son elementos de metales pesados que causaron contaminación. Y su daño a los productos agrícolas fue mucho mayor que el zinc.<sup>12</sup>

Pérez J. (2016), en Chile, Su investigación titulada “Metales pesados y calidad agronómica del agua residual tratada, Volumen 34, N° 1. Páginas 19-25 IDESIA Enero-febrero”, Se realizó la recolección de muestras de agua durante 6 meses de una vía de salida de una planta de tratamiento de agua. **El objetivo** fue determinar la concentración de metales pesados, así como evaluar la calidad agrícola del agua residual tratada. **Los resultados** del análisis de los elementos: cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn), se determinó que la concentración de metales pesados no supera los niveles tóxicos, por lo que, de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-1996 el agua residual tratada cumple con la concentración permitida para su descarga en cuerpos receptores. Mediante las variables  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , pH, conductividad eléctrica (CE) y relación de adsorción de sodio (RAS) se determinó su calidad agrícola. La **conclusión** a la que se llegó fue que los indicadores de salinidad muestran que el agua no es adecuada para la irrigación. Los valores de RAS son menos de 5,5 meq L<sup>-1</sup>, y los valores conjuntos Conductividad Eléctrica-Relacion Adsorción de Sodio sugieren la clasificación del agua como C4-S1, Está establecido según las autoridades que el agua tiene restricciones de uso por el riesgo de salinidad al aplicarla al riego agrícola.<sup>13</sup>

Pinzón C. (2015), en Colombia, en su investigación titulada “Determinación de los niveles de plomo y cadmio en leche procesada en la ciudad de Bogota D.C.” Plantearon como **objetivo:** Determinar los niveles de plomo y cadmio en la leche comercializada (procesada y/o cruda) en la ciudad de Bogota durante un periodo de un mes. Según **metodología**, de extracción (digestión) asistida por microondas para la determinación posterior de los niveles de Cd y Pb en

leche líquida por Espectrometría de Absorción Atómica (AAE) en horno grafito. Como **resultado** la concentración de plomo se encontraron en un rango de 6,08 a 17,09  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (0,006 a 0,017  $\text{mg}/\text{kg}$ ). Y cadmio estuvieron en un rango 13,86 a 19,90  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (0,014 a 0,019  $\text{mg}/\text{kg}$ ). **Concluye** que, las implicaciones toxicológicas de los niveles encontrados indican que el consumo de las leches comercializadas en la ciudad de Bogotá no representa un riesgo para la salud de sus habitantes ya que según el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia con respecto al nivel máximo de Pb es 0,020  $\text{mg}/\text{kg}$ .<sup>18</sup>

Sánchez G. (2016), en España, en su investigación titulada “Ecotoxicología del cadmio riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio”. Planteó como **objetivo**: Conocer la ecotoxicología del cadmio como contaminante en la naturaleza, y más particularmente en los suelos, para lo cual es necesario describir su comportamiento químico y las fuentes de las que procede, también se pretende exponer sus efectos sobre la salud del ser humano y analizar el panorama actual del cadmio como elemento presente en suelos del entorno europeo. Según la **metodología**, se ha realizado una revisión bibliográfica a través de la búsqueda y análisis de artículos científicos, libros de texto, monografías y documentos legales, en revistas científicas especializadas, bases de datos (ScienceDirect, PubMed, BUCea) así como sitios web de instituciones y organismos oficiales (OMS, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades). Como **resultado** obtuvo que, en cinco tipos de escenarios regionales, solo en uno se predice el incremento de cadmio en suelos (España, como representativa de la zona mediterránea). Este incremento es consecuencia de bajos niveles de lixiviación (por precipitaciones escasas), elevado pH del suelo y aplicación de fertilizantes relativamente alta en relación a la media. En **conclusión**, se puede decir que el balance de masa de Cadmio actual de la UE es negativo, lo cual supone la inversión de la tendencia obtenida en estimaciones anteriores. Se prevé que el Cadmio del suelo en cultivos de cereales y patata disminuya en un promedio de 15% en los próximos 100 años. Asimismo ha descendido el uso de fertilizantes fosfatados, lo que se traduce en un menor aporte de cadmio a los suelos, y por tanto en menores niveles del metal en alimentos.<sup>37</sup>

## – **IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Los metales pesados se bioacumulan en los organismos vivos y generan problemas de salud cuando se llegan a niveles tóxicos, las causas responsables de la incorporación de metales pesados en alimentos son a través de los sistemas hídricos, por su elevada toxicidad, el impacto causado en la salud, ya sean por exposiciones prolongadas o por bioacumulación resulta alarmante. Dependiendo del tipo de metal o metaloide, se producen afecciones que van desde daños en órganos vitales hasta desarrollos cancerígenos. Sin embargo, aún falta por definir los límites de concentración y riesgo de Mercurio (Hg), Arsenio (As) y Cadmio (Cd) en hortalizas, legumbres y cereales, para permitir estandarizar y consensuar los estudios de contaminación que se están realizando, así como los efectos tóxicos y en el medio ambiente.<sup>5</sup>

A nivel teórico la investigación tiene relevancia debido a la necesidad de ampliar los estudios referentes a la problemática planteada, por sus efectos en la salud, el estudio por lo tanto aborda una revisión teórica suficiente, con la revisión de antecedentes, la descripción teórica de las variables y a partir de ellas contribuir desde el punto de vista teórico a una mayor comprensión de la misma y además los sus resultados del estudio incrementará la base teórica de la explicación de la presencia de metales pesados.

A nivel metodológico el trabajo desarrolló una serie de estrategias y técnicas que permitieron alcanzar las metas propuestas, además de elaborar una línea de estudio que podrá dirigirse a investigar, si otros factores o condiciones estarían relacionadas en la presencia de complicaciones y riesgos en poblaciones en el nivel de concentración de plomo y cadmio en papas fritas que se expenden en pollerías del Cercado de Lima. Setiembre - noviembre 2019. A nivel práctico los beneficios clínicos del estudio pretenden promover actividades preventivas de información como charlas, campañas de salud y promocionar estilos vida saludable en poblaciones que adquieren este grupo de productos en el Cercado de Lima.

La presente investigación nos permite aportar información sobre el riesgo toxicológico de plomo y cadmio en papas fritas que se expenden en pollerías del Cercado de Lima, como sus niveles de concentración permitidos según el

CODEX OMS/FAO, los resultados servirán como base para la prevención de la enfermedades y futuras estrategias de prevención .<sup>6</sup>

## – OBJETIVOS

### **Objetivo general:**

Evaluar el plomo y cadmio en papas fritas y su riesgo toxicológico en los consumidores de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre - noviembre 2019.

### **Objetivos específicos:**

Determinar la concentración de plomo en papas fritas que se expenden en diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre - noviembre 2019.

Determinar la concentración de cadmio en papas fritas que se expenden en diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre - noviembre 2019.

Evaluar y comparar las concentraciones obtenidas plomo y cadmio con el límite máximo permisibles según el CODEX STAN 193-1995 OMS/FAO.

Evaluar el riesgo toxicológico en los consumidores de papas fritas en diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre – noviembre 2019.

## – HIPÓTESIS

Hipótesis de investigación (H1)

Las papas fritas consumidas en pollerías del Cercado de Lima, produce riesgo toxicológico por su alta concentración de plomo y cadmio que superan los límites establecidos por el Codex alimentarius.

Hipótesis nula (Ho)

Las papas fritas consumidas en pollerías del Cercado de Lima. No produce riesgo toxicológico porque está dentro de la concentración de plomo y cadmio establecidos por el Codex alimentario.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 ENFOQUE Y DISEÑO

Tipo de estudio, nivel y diseño de investigación:

Tipo descriptivo, Correlacional, analítica prospectiva de corte transversal.

### 2.2 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

Población: 10,000 consumidores de las papas fritas en las diez pollerías conocidas en Cercado de Lima.

Muestra: para determinar el tamaño de muestra se utilizó el muestreo la formula aleatorio simple para proporción.

370 encuestas al consumidor de papas fritas.

Se muestreó 64 porciones de papas fritas con un peso equivalente a 250g. cada una, expendidas en pollerías conocidas del Cercado de Lima.

Inclusión: Las diez pollerías conocidas que expenden papas fritas en Cercado de Lima.

Exclusión: todas las pollerías que expenden papas fritas que no se encuentren dentro del distrito de Cercado de Lima.

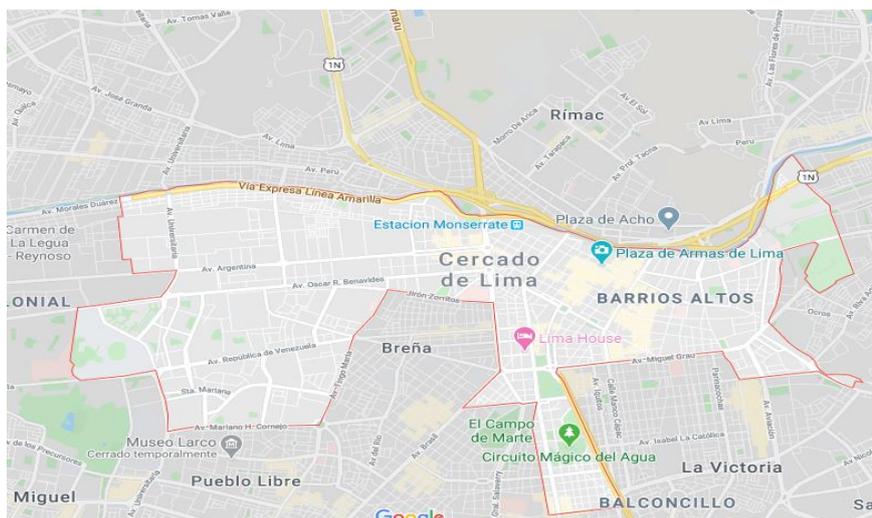


Figura 4 : Mapa del distrito de Cercado de Lima

### **2.3 VARIABLES:**

Independientes: Evaluación de plomo y cadmio en papas fritas.

Dependientes: Riesgo toxicológico en los consumidores de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima.

### **2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

- Espectrofotometría de absorción atómica con horno grafito en el Centro de Control toxicológico y apoyo a la gestión ambiental (CICOTOX).
- Encuesta.

### **2.5 REACTIVOS MATERIALES Y EQUIPOS**

Materiales de toma de muestra

- Bolsas herméticas de ziploc
- Guantes
- Plumón indeleble
- Cooler
- Cinta adhesiva

#### **Plomo:**

1.- reactivos y estándares

- Todos los reactivos utilizados deben especificar "Para análisis" y el agua debe ser ultrapura.
- Ácido clorhídrico 35 – 37%. Purificado.
- Solución patrón de plomo de 1000 mg/L.
- Solución modificadora de matriz ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) al 10%.
- Gas argón UHP.

2.- equipos y materiales

- Equipo Absorción Atómica Marca Thermo Scientific y modelo THERMO SCIENTIFIC iCE 3000 equipado con Horno de Grafito.
- Balanza analítica
- Mufla eléctrica
- Plancha de calentamiento

- Micropipetas 1000 $\mu$ L.
- Viales de polipropileno de 1.5mL.
- Fiolas de Grado "B" con tapa plástico giardino de 100mL y fiola de grado "A" con tapa plástico giardino de 25mL.

### **Cadmio:**

#### 1.- reactivos y estándares

- Todos los reactivos utilizados deben especificar "Para análisis" y el agua debe ser ultra pura.
- Ácido clorhídrico 35 – 37%. Purificado.
- Solución patrón de cadmio de 1000 mg/L.
- Gas argón UHP.

#### 2.- equipos

- Equipo Absorción Atómica Marca Thermo Scientific y modelo THERMO SCIENTIFIC iCE 3000 equipado con Horno de Grafito.
- Balanza analítica
- Mufla eléctrica
- Plancha de calentamiento
- Micropipetas 1000 $\mu$ L.
- Viales de polipropileno de 1.5mL.
- Fiolas de Grado "B" con tapa plástico giardino de 100mL y fiola de grado "A" con tapa plástico giardino de 25mL.

## **2.6 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Recolección de muestra. (Papas fritas)

Se recolectaron 64 muestra de papas fritas que se expenden en pollerías conocidas del Cercado de Lima, con un peso de 250g. cada una. Se colocó en bolsas herméticas Ziploc, previamente rotuladas; posteriormente se introdujo en un cooler con hielo en gel para mantener el nivel de refrigeración 2-8°C, finalmente se trasladó al Centro de Información Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental.

Encuesta al consumidor.

La encuesta consta de diez preguntas que aportan información del consumo de

papas fritas y con ello pudo evaluar el riesgo toxicológico de plomo y cadmio. Fueron entregadas indistintivamente a los consumidores de las pollerías.

Análisis toxicológicos (CICOTOX)

Se empleó el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

### **2.6.1 Autorización y coordinaciones previas para la recolección de datos**

Para el análisis de la muestra de papas fritas se solicitó una autorización al Director del centro de información, control Toxicológico y apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX) para ingreso al área del laboratorio. (Anexo A).

### **2.6.2 Aplicación de instrumentos de recolección datos.**

Se realizó encuestas a los consumidores de papas fritas en las diez pollerías más conocidas de Cercado de Lima (Anexo B).

## **2.7 MÉTODOS DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Método estadístico Chi-cuadrado y coeficiente de correlación de Pearson.

## **2.8 ASPECTOS BIOÉTICOS**

La presente tesis se realizó considerando aspectos éticos, con veracidad, sin tergiversar datos reales, sin alterar resultados; los análisis se hicieron siguiendo los estándares, condiciones y procedimientos adecuados.

## **2.9 DETERMINACIÓN DE PLOMO**

### **2.9.1 Condiciones espectrofotométricas**

- Longitud de onda: 217,0nm
- Ranura (Slit):1nm
- Corrección de fondo: Lámpara de deuterio (D2)
- Corriente de lámpara: 10mA
- Tubo de grafito: Normal

- Fuente de luz: Lámpara de cátodo hueco de Plomo
- Medida de señal: Área del pico

**Tabla 6:** Rampa de calentamiento del horno de grafito

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

### 2.9.2 Preparación de la curva de calibración

Los estándares para la curva de calibración se prepararon como sigue a continuación:

A partir de una solución stock de 1000ppm de plomo se tomó 1mL y se preparó una solución de 10000ppb con agua ultrapura en una fiola de 100mL. Luego se tomó 0,05; 0,1; 0,2 y 0,3mL para preparar soluciones de 50, 100, 200 y 300ppb en fiolas de 10mL. Luego se llevó a volumen con agua ultrapura.

### 2.9.3 Preparación de soluciones

- Solución modificadora de plomo.
- Se adiciono 2 mL de fosfato de amonio 10% en una fiola de 100mL.
- Se Llevó a volumen con agua ultrapura y homogenizar.

### 2.9.4 Preparación de la muestra

- Se mezcló la muestra hasta que este homogénea, se pesó 6 gramos y se transfirió a un crisol.
- Se Colocó los crisoles a secar en una estufa a 105 °C por 3 horas
- Se colocó los crisoles en plancha de calentamiento a 350 °C hasta completar el pre calcinación.
- Se llevó las muestras pre calcinadas en una mufla y se calcino a 500°C por 8 horas.
- Se dejó enfriar y adicionamos 10mL de la solución de ácido clorhídrico

al 6m, luego se calentó en plancha termostática por cinco minutos y se transfirió cuantitativamente a una fiola de 25 ml, diluimos con agua ultra pura, se agitó y se dejó reposar.

- Se filtró un volumen necesario, por un filtro de membrana de 0.45µm, se procedió a realizar las lecturas.

### 2.9.5 Lectura en el equipo de absorción atómica

Se tomó un alícuota de 500µL de solución modificadora de plomo y 500µL de blancos, estándares y muestras en un vial de polipropileno, luego homogenizamos.

Se colocó los viales en el automuestreador del horno de grafito y se procedió a leer bajo las condiciones espectrofotométricas.

## 2.10 DETERMINACIÓN DEL CADMIO

### 2.10.1 Condiciones espectrofotométricas

- Longitud de onda: 228,8nm
- Ranura: 0,5nm
- 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

Tabla 7: Rampa de calentamiento del horno grafito

Fase	Temperatura (°C)	Tiempo (sg)	Rampa (°C/sg)	Flujo de gas
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

### **2.10.2 Preparación de curva de calibración**

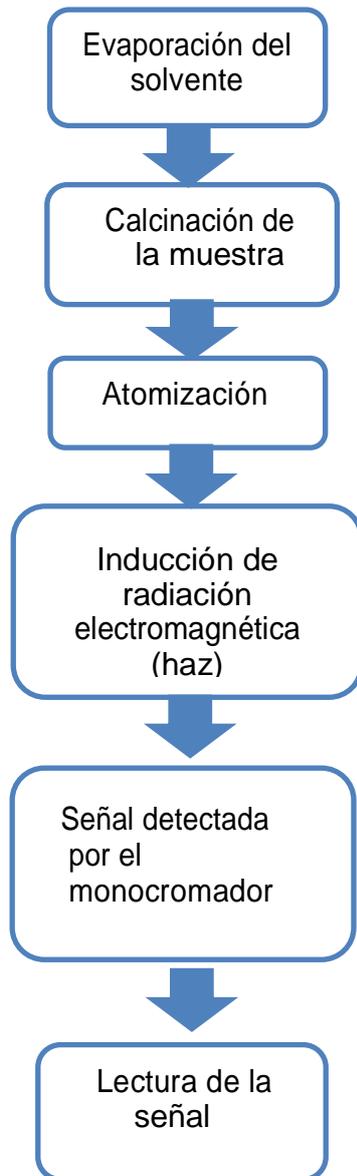
- Los estándares para la curva de calibración se prepararon como sigue a continuación:
- A partir de una solución stock de 1000ppm de cadmio se preparó una solución patrón de 100ppb y se tomó alícuotas para preparar soluciones de 1, 5, 10 y 20ppb en fioles de 10ml. Luego se llevó a volumen con agua ultrapura.

### **2.10.3 Preparación de la muestra**

- Se mezcló la muestra hasta que este homogénea, se pesó 6 gramos y se transfirió a un crisol.
- Se colocó los crisoles y se secó en la estufa a 105 °C por 3 horas.
- Se colocó los crisoles en una plancha de calentamiento a 350 °C hasta completar la pre calcinación.
- Se Llevó las muestras pre calcinadas en una mufla y se calcinó a 500°C por 8 horas.
- Se dejó enfriar y posteriormente adicionamos 10mL de la solución de ácido clorhídrico al 6M, se calentó en una plancha termostática por 5 minutos y se transfirió cuantitativamente a una fiola de 25 ml, diluimos con agua ultra pura, se agitó y dejamos reposar.
- Se filtró un volumen necesario por un filtro de membrana de 0,45µm y se procedió a realizar las lecturas.

### **2.10.4 Lectura en el equipo de absorción atómica**

Se tomó un alícuota 1 mL de estándar y muestra en un vial de lectura por horno. Se colocó los viales en el automuestreador del horno de grafito y se procedió a leer bajo las condiciones espectrofotométricas.



**Figura 5:** Flujograma de análisis de determinación de cadmio y plomo

## 2.11 CARACTERIZACIÓN DE RIESGO TOXICOLÓGICO

### 2.11.1 Identificación de vía de exposición

Una vez seleccionados los contaminantes críticos, se estimó la posibilidad de que dichos contaminantes se encuentren o puedan encontrarse en un futuro, en otros medios del ambiente. Para efectuar este ejercicio teórico, hay que tomar en cuenta los principios fisicoquímicos de cada sustancia. Con ellos

podrá determinarse la capacidad de transporte de las sustancias a través de los medios y por consiguiente podrá definirse su destino ambiental.

La evaluación de los mecanismos de transporte es muy importante para determinar la posibilidad de contaminación potencial más allá de las áreas muestreadas y define la necesidad de efectuar estudios adicionales de muestreo ambiental. En general, el transporte ambiental involucra los movimientos de gases, líquidos y partículas sólidas, dentro de un medio determinado y a través de interfaces entre aire, agua, sedimento, suelo, plantas y animales, cuando una sustancia es emitida al ambiente.<sup>31</sup>

### 2.11.2 Cálculo de la dosis de exposición

La dosis de exposición (DE) se define la cantidad de contaminante absorbida por la población en estudio. La DE se expresa en mg/kg/día, se compara con índices o valores de toxicidad (NOAEL y LOAEL) donde se podrá calcular si la exposición, está presente en la población estudiada, implicando un riesgo para su salud.<sup>30</sup>

$$DE = \frac{C \times TI \times FE \times 10^{-6}}{PC}$$

Dónde:

DE: Dosis de exposición (mg/kg-día)

C: Concentración de contaminante (mg/kg)

TI: Tasa de Ingestión (mg/d)

FE: Factor de Exposición (no posee unidades)

PC: Peso corporal (kg)

La tasa de Ingesta consiste en el consumo diario a través de la comida u objetos sucios, está asociada a diversas actividades que tienen lugar en ambiente exterior pero también puede ocurrir en ambientes interiores, siempre que sea plausible asumir que se produce la movilización de partículas de suelo

contaminado en forma de polvo y que éste alcanza un espacio interior ocupado por receptores.

Según la ATSDR, se define los siguientes valores:

Tipo de población	TI
Adultos	50mg/ día

El Peso Corporal (PC) se define como 70 kg en adultos .

El Factor de Exposición (FE) se utiliza para promediar la dosis en los intervalos en los que dura la exposición.

El FE se calculará de la siguiente manera:

$$E = \frac{\text{Frecuencia} \times \text{duracion}}{\text{Tiempo}}$$

### 2.11.3 Margen de exposición e Índice de peligrosidad

El índice de peligrosidad (IP) es el resultado al dividir la dosis de exposición (DE) entre la Dosis de Referencia (RfD) propuesto por la EPA, o la Dosis de Riesgo Mínimo establecida por la Agencia para sustancias toxicas y registro de enfermedades (ATSDR). La dosis de exposición se calcula a partir de la concentración de plomo encontrada en el medio y el uso de las fórmulas presentadas. El Índice de Peligrosidad indicará la peligrosidad o seguridad con respecto a la dosis de exposición donde se encuentra expuesta la población.

Cuando la dosis de exposición calculada es igual o menor que la Dosis Referencial, el Índice de peligrosidad adquiere un valor de uno o menor que uno ( $IP < 1$ ). En este caso se considera que la población se encuentra en

condiciones seguras de exposición. Si el índice de peligrosidad toma valores que van creciendo por encima del uno ( $IP > 1$ ), se considera que la Dosis de Exposición a la que se encuentra la población, incrementa los niveles de riesgo y la probabilidad de que presenten efectos adversos la población estudiada.

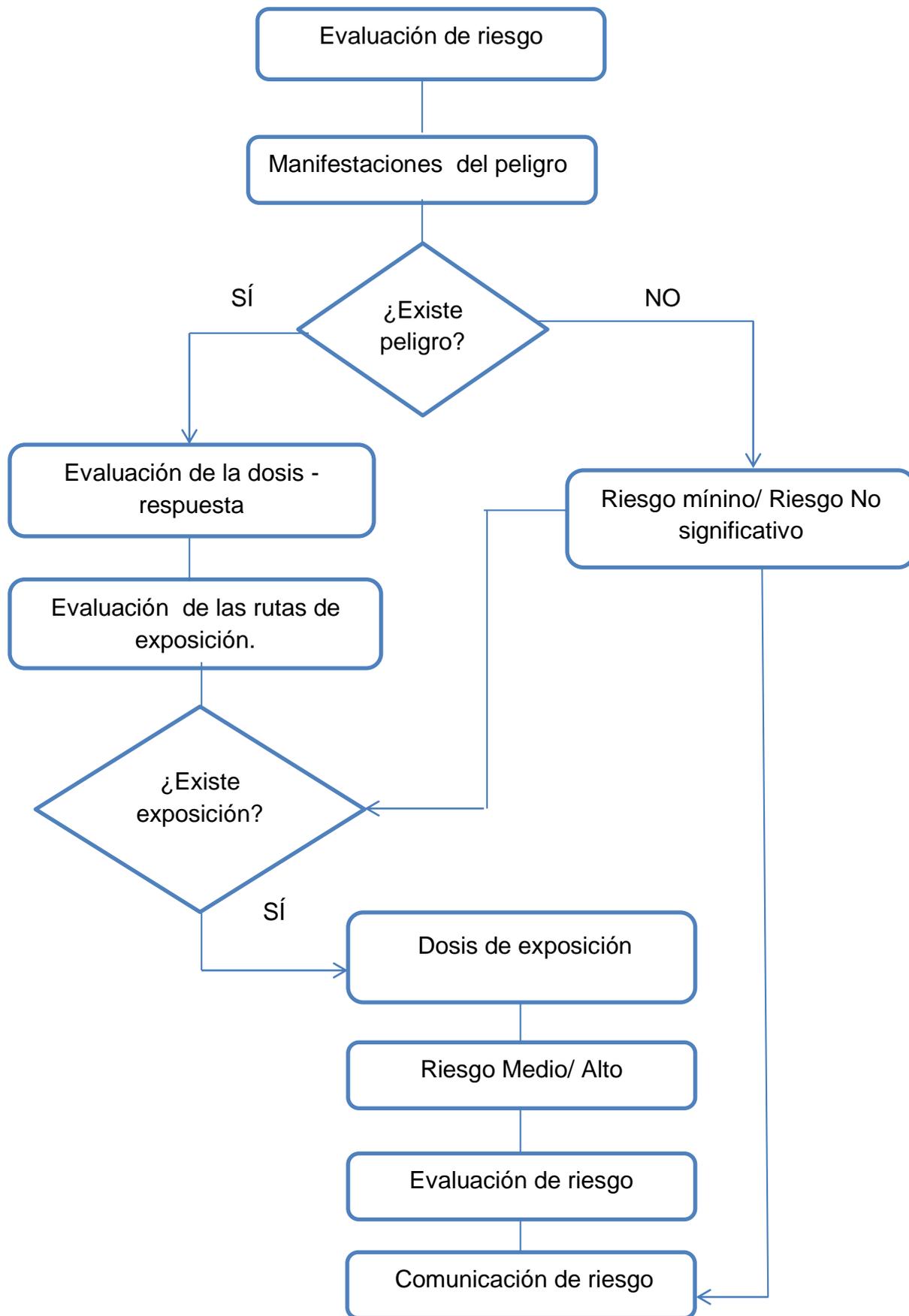
El margen de exposición (ME) es un marcador que compara los NOAEL (valores de donde se derivan los RfD) y la Dosis de exposición estimada. Este indicador es todo lo contrario del Índice de peligrosidad, es decir, más grande sea el valor del margen de exposición ( $ME > 1$ ) más amplia será la ventaja de seguridad y menos probable de que aparezca un efecto adverso en la población.

### **Índice de peligrosidad**

$$= \frac{\textit{Dosis de Exposición Estimada}}{\textit{DFR o IDA}}$$

### **Margen de exposición**

$$\textbf{ME} = \frac{\textit{NAOEL crítica}}{\textit{Dosis de Exposición Estimada}}$$



**Figura 6:** Flujograma de caracterización de riesgo

### 3 RESULTADOS

**Tabla 8:** concentración de plomo

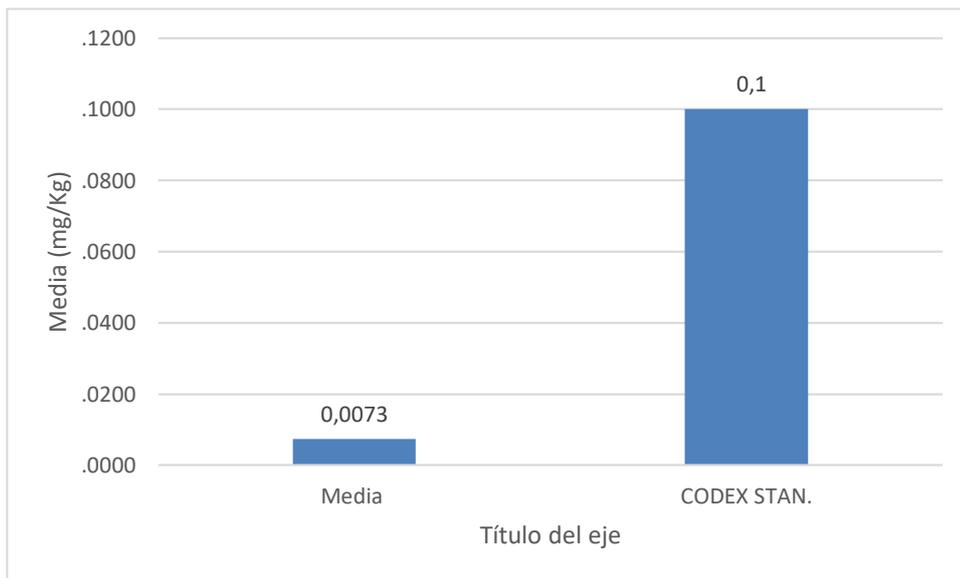
N°	CODIGO DE MUESTRA	Concentración de Plomo (mg/kg)
1	M1-p	< 0,004 mg/Kg
2	M2-p	0,0253mg/kg
3	M3-p	0,0463mg/kg
4	M4-p	< 0,004 mg/Kg
5	M5-p	< 0.004 mg/Kg
6	M6-p	< 0,004 mg/Kg
7	M7-p	< 0,004 mg/Kg
8	M8-p	0,0435mg/kg
9	M9-p	< 0,004mg/Kg
10	M10-p	< 0,004mg/Kg
11	M11-p	< 0,004mg/Kg
12	M12-p	< 0,004mg/Kg
13	M13-p	< 0,004mg/Kg
14	M14-p	< 0,004mg/Kg
15	M15-p	< 0,004mg/Kg
16	M16-p	< 0,004mg/Kg
17	M17-p	< 0,004mg/Kg
18	M18-p	< 0,004mg/Kg
19	M19-p	< 0,004mg/Kg
20	M20-p	< 0,004mg/Kg
21	M21-p	< 0,004mg/Kg
22	M22-p	< 0,004mg/Kg
23	M23-p	< 0,004mg/Kg
24	M24-p	< 0,004mg/Kg
25	M25-p	< 0,004mg/Kg
26	M26-p	< 0,004mg/Kg
27	M27-p	0,0078mg/kg
28	M28-p	< 0,004mg/Kg
29	M29-p	< 0,004mg/Kg
30	M30-p	< 0,004mg/Kg
31	M31-p	< 0,004mg/Kg
32	M32-p	< 0,004mg/Kg
	Media	0,0073 mg/kg

**Tabla 9:**Media y desviación estándar de la concentración de plomo en papas fritas

<b>N</b>	32
<b>Media</b>	0,0073
<b>Mediana</b>	0,0040
<b>Desviación estándar</b>	0,0106
<b>Mínima</b>	0,0040
<b>Maximo</b>	0,0463

Máximo permisible 0,1 mg/Kg

De la tabla se aprecia que la media de concentración de plomo es de 0,0073 mg/Kg  $\pm$ 0,0106mg/kg ,mientras que el mínimo valor es 0,0040mg/Kg y el máximo valor es 0,0463mg/Kg.



**Figura 7:** media y desviación estándar de la concentración de plomo en papas fritas

**Tabla 10:** Concentración de cadmio

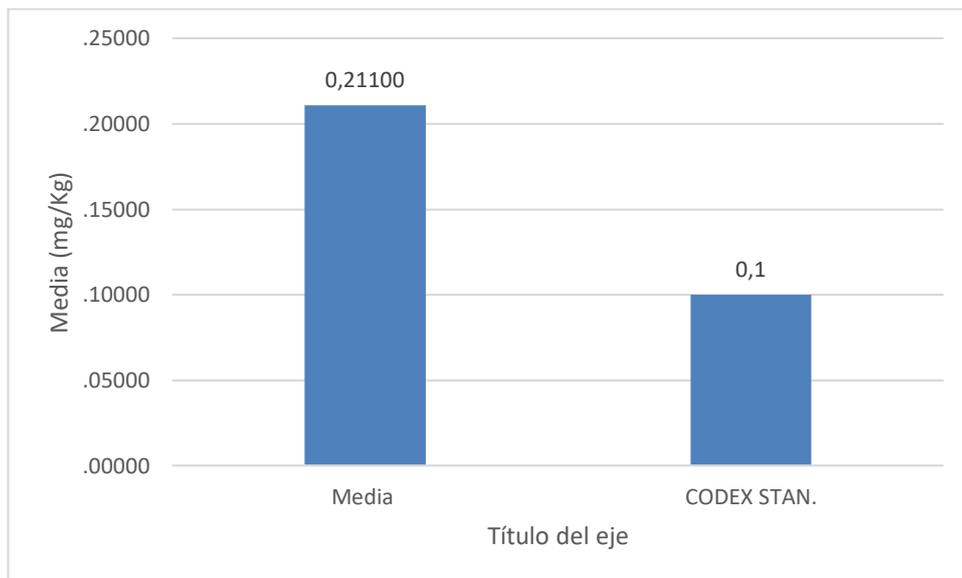
N°	CODIGO DE MUESTRA	Concentración de Cadmio (mg/kg)
1	M1-c	0,5910 mg/mg
2	M2-c	0,0460 mg/kg
3	M3-c	0,0702 mg/kg
4	M4-c	0,0323 mg/kg
5	M5-c	0,0588 mg/kg
6	M6-c	0,0586 mg/kg
7	M7-c	0,8102 mg/kg
8	M8-c	0,0835 mg/kg
9	M9-c	0,1812mg/kg
10	M10-c	0,1000 mg/kg
11	M11-c	0,3614mg/kg
12	M12-c	0,2238mg/kg
13	M13-c	0,1038 mg/kg
14	M14-c	0,0903mg/kg
15	M15-c	0,0644mg/kg
16	M16-c	0,6036mg/kg
17	M17-c	0,0508mg/kg
18	M18-c	0,1262 mg/Kg
19	M19-c	0,0386mg/kg
20	M20-c	0,1583 mg/kg
21	M21-c	0,1634mg/kg
22	M22-c	0,0928mg/kg
23	M23-c	0,5957mg/kg
24	M24-c	0,0723mg/kg
25	M25-c	0,6922mg/Kg
26	M26-c	0,1468mg/Kg
27	M27-c	0,0731mg/Kg
28	M28-c	0,0809mg/Kg
29	M29-c	0,1912mg/Kg
30	M30-c	0,2588mg/Kg
31	M31-c	0,4248mg/Kg
32	M32-c	0,1070mg/Kg
	Media	0,21100 mg/kg

**Tabla 11:** Media y desviación estandar de la concentracion de cadmio en papas fritas

<b>N</b>	32
<b>Media</b>	0,21100
<b>Mediana</b>	0,10540
<b>Desviacion estandar</b>	0,21720
<b>Mínima</b>	0,03230
<b>Maximo</b>	0,81020

Máximo permisible 0,1mg/Kg

De la tabla se aprecia que la media de concentración de cadmio es de 0,21100 mg/Kg  $\pm$ 0,21720mg/kg, el mínimo valor es 0,03230 mg/Kg mientras que el máximo valor es 0,81020mg/Kg



**Figura 8:** Media y desviación estándar de la concentración de cadmio en papas fritas

**Tabla 12:** comparación de las concentraciones obtenidas de plomo en papas fritas con el límite permisible según el CODEX 193-1995 OMS/FAO

	<b>N</b>	<b>Mean</b>	<b>T</b>	<b>p</b>
<b>Plomo</b>	32	0,0073mg/Kg	-49610	0,0018677
<b>CODEX</b>		0,1mg/Kg		

De la tabla se aprecia que el  $p=0,001 < 0,05$  se puede inferir que la media de las concentraciones de plomo en papas fritas que se expenden en diez pollerías conocidas del Cercado de Lima es menor significativamente con el límite máximo permisible según el CODEX STAN 193-1995 OMS/FAO

**Tabla 13:** Comparación de las concentraciones obtenidas en papas fritas con el límite permisible según CODEX 193-1995

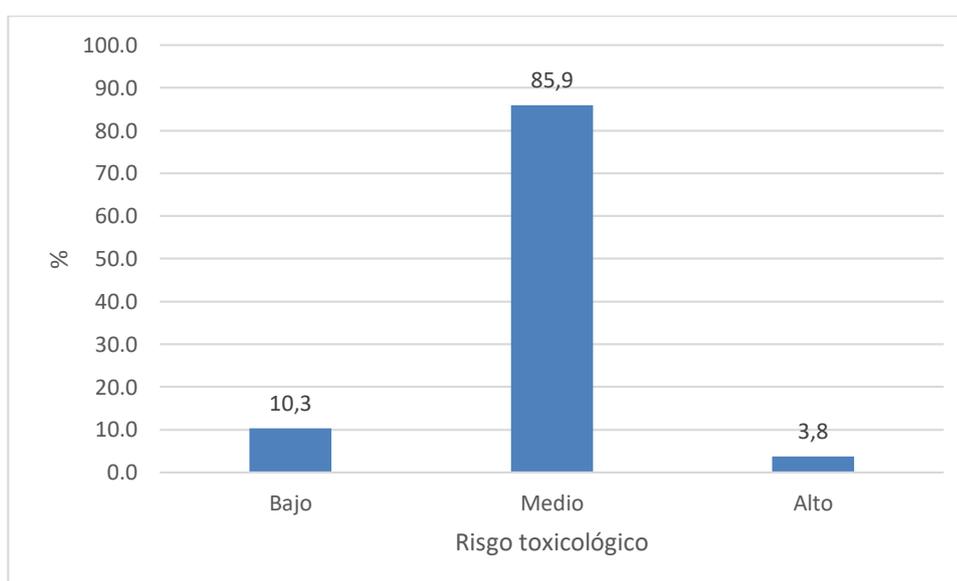
	<b>N</b>	<b>Mean</b>	<b>T</b>	<b>p</b>
<b>Cadmio</b>	32	0,21100mg/Kg	2,87	0,07
<b>CODEX</b>		0,1mg/Kg		

De la tabla se aprecia que el  $p=0,007 < 0,05$  se puede inferir que la media de las concentraciones de cadmio en papas fritas que se expenden en diez pollerías conocidas del Cercado de Lima es mayor significativamente con el límite máximo permisible según el CODEX STAN 193-1995 OMS/FAO.

**Tabla 14:** Riesgo toxicológico de los consumidores de papas fritas en diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre-noviembre 2019

	n	%
<b>Bajo</b> (una veces por semana)	38	10,3
<b>Medio</b> (dos veces por semana)	318	85,9
<b>Alto</b> ( tres veces por semana)	14	3,8
<b>Total</b>	370	100

De la tabla se aprecia que el 10,3% del total de consumidores presentan bajo riesgo toxicológico, mientras que el 85,9% presentan riesgo toxicológico medio, asimismo, el 3,8% presentan alto riesgo toxicológico.



**Figura 9:** Evaluación del riesgo toxicológico en diez pollerías del Cercado de Lima

**Tabla 15:** Datos para el cálculo de la Dosis de Exposición

variable	adultos
Peso corporal	70mg
Tasa de ingesta	50mg/d
Plomo	0,0073
cadmio	0,21100
FE	1

**Tabla 16:** Dosis de exposición estimada de plomo y cadmio

Parámetros	Dosis de exposición
Plomo mg/kg/d	0,0000000052 mg/kg/d
<b>Adultos</b>	
Cadmio mg/kg/d	0,0000000151mg/kg/d

En la tabla 16 los resultados obtenidos del análisis instrumental se aprecia que DEpb es 0,0000000052mg/kg/d y DEcd es 0,0000000151 mg/kg/d. Se interpreta que los consumidores de papas fritas se encuentran expuestas a dichos metales.

**Tabla 17:** Datos para el cálculo del margen de exposición en papas fritas de plomo y cadmio en adultos de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre-noviembre 2019

Variable	Márgen de exposición
Plomo 250 mg/kg/d	48,076,923,076.923 mg/kg/d
<b>NOAEL EN ADULTOS</b>	
Cadmio 0.01 mg/kg/d	662,251.65562913 mg/kg/d

En la tabla 17 el margen de exposición se calculo relacionado el NOAEL con la dosis de exposición. los resultados ME de plomo es 48,076,923,076.923mg/kg/d y Cadmio es 662,251.65562913 mg/kg/d. Se presenta valores a una mayor dosis de exposición donde los adultos son la población mas susceptibles a los metales pesados.

**Tabla 18:**Datos para el cálculo de Índice de peligrosidad

PLOMO		CADMIO	
Variable	Adultos	Variable	Adultos
<b>RfD</b>	0,006 mg/kg/d	RfD	0,001 mg/kg/d
<b>DE</b>	0,0000000052 mg/kg/d	DE	0,0000000151mg/kg/d

El Índice de Peligrosidad fue otro de los indicadores utilizados, el cual relaciona la DE respecto a las RDF( dosis de referencia), Apartir del NOAEL.

**Tabla 19:** Resultados del cálculo del Índice de peligrosidad

	Adultos
Plomo	0,0000008667 mg/kg/d
Cadmio	0,0000151 mg/kg/d

En la tabla 19 se observa que, en diez pollerías de Cercado de Lima, los resultados de Índice de Peligrosidad, en Pb 0,0000008667mg/kg/d y en Cadmio 0,0000151 mg/kg/d es menor a 1, cuando menor sea el IP( por debajo de 1) mas segura será la exposición.

## 4 DISCUSIÓN

### 4.1 DISCUSIÓN

En nuestro estudio se evaluaron las concentraciones de Plomo y Cadmio en papas fritas y su riesgo toxicológico. Los resultados según la tabla 9 reportan que la media de concentración de plomo es de 0,0073 mg/Kg  $\pm$ 0,0106mg/kg mientras que el mínimo valor es 0,0040mg/Kg y el máximo valor es 0,0463mg/Kg, asimismo evidencian que las concentraciones de plomo en papas fritas es menor significativamente ( $p < 0,05$ ) con el límite máximo permisibles según el CODEX STAN 193-1995 OMS/FAO, el Plomo se puede encontrar de forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones que son encontradas, son el resultado de la actividad humana. El Plomo se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y organismos del suelo, estos experimentarán efectos en su salud por envenenamiento con Plomo. Nuestro resultado es consistente con Huiracocha J. donde indica que las concentraciones de plomo en el arroz integral con una media de 0,31mg/Kg, (SD=0,02 mg/Kg) evidenciándose que sobrepasa los límites establecidos en el Codex Alimentarius (0,2 mg/Kg). Si embargo en arroz blanco, podrían estar entre 0 a 0.2 mg/Kg, debido que el límite de detección es de 0.15 mg/L en la solución; concentraciones que estarían por debajo del límite máximo establecido, coincidiendo con nuestros resultados.<sup>11</sup> Así mismo en la tesis de García M., Madueño M. sobre la determinación de metales pesados (Plomo y Cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) de mercados de Lima Metropolitana. Se encontró que las concentraciones en dicho hortaliza presentaron una media de 1,279 ppm para Plomo; la concentración de Plomo fue la única que superó el nivel máximo establecido por la OMS/FAO (Codex Alimentarius; Pb = 0,3 ppm)<sup>9</sup>.

Asimismo en la Tabla 11 nuestros resultados reportan que la media de concentración de cadmio es de 0,21100 mg/Kg  $\pm$ 0,21720mg/kg, el mínimo valor es 0,03230 mg/Kg mientras que el máximo valor es 0,81020mg/Kg, del mismo modo los resultados evidencian que las concentraciones de cadmio es

mayor significativamente ( $p < 0,05$ ) con el límite máximo permisible según el CODEX STAN 193-1995 OMS/FAO, este resultado coincide con la investigación de Panduro Masaya (2015) quien encontró cadmio, en la biomasa estacional del camu camu, en ambos órganos estudiados se superan los límites máximos permisibles de estos metales en productos alimenticios, solo en la fase de Fruto maduro.<sup>7</sup> Asimismo estos resultados se aproximan en la investigación de Rivera y col. (2018) quien concluye que peces y agua representan potenciales medios de contaminación de personas con metales pesados a partir de la ruta digestiva en esta zona.<sup>8</sup> De la misma manera nuestros resultados evidencian que se correlacionan con la investigación de Reyes y col (2016) quien demostró que el cadmio son elementos de metales pesados que causaron contaminación y daño a los productos agrícolas fue mucho mayor que el zinc.<sup>12</sup> También nuestros resultados se pueden aproximar a los encontrados por García y col. quien encontró que los mayores niveles de Cd en lechuga se encuentran en la Sierra que en la Costa. Estos resultados evidencian la exposición a metales pesados en hortalizas y diversos cultivos en consecuencia estarían siendo parte de nuestra alimentación diaria.<sup>9</sup>

En la tesis de Moreno Y, García J, Chaparro S.(2016) Cuantificación Voltamétrica De Plomo y Cadmio en Papa Fresca, el cadmio sobrepasa estos niveles (0.1ppm) establecido por el Codex Alimentarius. Kabata (2000) reporta un contenido de cadmio de 0,041 a 1,05mg/kg peso seco en papa<sup>6</sup>. También se puede explicar la presencia de cadmio por encima de los niveles permisibles en la papa frita, dado que las principales fuentes de emisiones de cadmio en el aire son la combustión de combustibles fósiles, producción de hierro y de acero e incineración de residuos sólidos municipales, así como los gases tóxicos de los carros que circular cerca de las pollerías. El Cd tiene una alta capacidad para transferirse del suelo a los vegetales (Chang et al. 2014). También, se debe tener en cuenta que, factores como el pH del suelo, el contenido de materia orgánica y el proceso de intercambio iónico, influyen en la disponibilidad y en la transferencia de estos metales.

Del mismo modo en la Figura 9 nuestros resultados evidencian que el 10.3% del total de consumidores presentan bajo riesgo toxicológico, mientras que el 85,9% presentan riesgo toxicológico medio, asimismo, el 3.8% presentan alto riesgo toxicológico.

Para la caracterización del riesgo toxicológico en el Cercado de Lima. La metodología utilizada fue por la OPS/OMS, indicado a Latinoamérica, es una adaptación de la metodología de la ATSDR para países que no tiene información sobre problemas ambientales como el Perú.<sup>31</sup> Los resultados obtenidos del análisis instrumental y estadístico se determinaron que la concentración media de plomo y cadmio en diez pollerías del Cercado de Lima es de 0,0073 mg/kg y 0,2110 mg/kg respectivamente. En la tabla 16 Se encontró las siguientes dosis de exposición  $DE_{pb} = 0,0000000052$  mg/Kg/d y  $DE_{Cd} = 0,0000000151$  mg/Kg/d. De estos resultados se puede interpretar que los consumidores de papas fritas se encuentran expuestos a dichos metales. En la Tabla 15 se estimó los datos de dosis de exposición; en la Tabla 17 el margen de exposición, se calculó relacionando el NOAEL con la dosis de exposición. El Margen Exposición de plomo se encontró 48,076,923,076.923 mg/kg/d y para cadmio, un valor igual a 662,251.655 mg/kg/d. En ambos casos, se presentan valores seguros de exposición pues mientras mayor sea el Margen de exposición, es decir por encima del 1, más seguro. Podemos mencionar que se encuentra un mayor margen de seguridad por exposición al plomo en comparación con el cadmio. Esto debido a que plomo no cuenta con un NOAEL y se usa un valor referencial es de 250 mg/kg/día el cual es un valor muy alto respecto al NOAEL del cadmio. Nuestros resultados coinciden aproximadamente con Ynocente La Valle C. donde menciona que su Margen de Exposición de plomo en adultos de 5,332,878.26. Para cadmio, se encontró un valor igual a 16,949.15.<sup>19</sup>

## 4.2 CONCLUSIONES

- Se determinó la concentración de plomo en diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre – noviembre 2019. Concentración Máxima 0.0463 mg/kg y la concentración mínima 0.0040mg/kg con una media de 0,0073 mg/kg  $\pm$  0,0106 mg/kg.
- Se determinó la concentración de cadmio en diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre – noviembre 2019. Concentración máxima 0,81020 mg/kg y la concentración mínima 0,03230 mg/kg con una media 0,21100 mg/kg  $\pm$  0,21720 mg/kg.
- Las concentraciones de plomo (0,0073 mg/Kg) es menor significativamente con el límite máximo permisibles según el CODEX STAN 193-1995 OMS/FAO (0,1 mg/kg) y las concentraciones de cadmio (0,21100 mg/Kg) es mayor significativamente con el límite máximo permisibles según el CODEX STAN 193-1995 OMS/FAO(0,1 mg/kg).
- El riesgo toxicológico se evaluó con los cálculos de dosis de exposición y de acuerdo a la metodología utilizada se realizó la caracterización resultando un riesgo mínimo en papas fritas de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima, debido a que el índice de peligrosidad resulto menor que 1 (IP1 < 1) y el margen de exposición, mayor que 1 (ME > 1).

### 4.3 RECOMENDACIONES:

- Debido a que los valores hallados del cadmio superan los parámetros establecidos se recomienda, seguir con estudios que analicen la presencia de otros metales pesados y tóxicos, así como estudiar un mayor número de muestras en otras presentaciones y variedades para evaluar en qué magnitud influye las distintas características y tratamiento de la papas fritas en la presencia de plomo y cadmio.
- Contar con normativa nacional en entidades reguladoras para determinar los valores máximos permitidos en alimentos. Informar a la población sobre los efectos adversos por el consumo contaminantes y metales pesados, gestionar por medio de las políticas públicas e instrumentos ambientales y previniendo los impactos negativos en la salud y el ambiente.
- Se recomienda llevar a cabo un estudio más profundo y focalizado, donde se manejen otras variables, como variedad de papa, lugar de cosecha y estación climática. Además, que se tengan en cuenta si el suelo o el agua utilizados en el cultivo presentan metales pesados.
- Se recomienda contar con lugares de áreas toxicológicas específicos para un mejor desarrollo de los análisis toxicológicos en metales pesados.
- Realizar investigaciones sobre riesgo toxicológicos en alimentación de mayor consumo por metales pesados en dosis alta de plomo y cadmio donde estamos expuestos.
- Para el consumo de papas, se recomienda no utilizar métodos de fritura convencionales, por la generación de sustancias como las acrilamidas y grasas trans que son perjudiciales para la salud, se debe optar por otras técnicas de cocción, como cocinar hervidas, al vapor o al horno; de esta manera también evitaremos la pérdida de algunos nutrientes.

## CITAS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arriola P. Monitoreo químico toxicológico reporte estadístico del laboratorio químico toxicológico año 2013. Bol\_ Inst Nac Salud [Internet]; 2019 Nov-Dic [citado 08 Dic 2019]. Disponible en: <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/292/BOLETIN-2013nov-dic-280-293.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. Gao, Z., Fu, W., Zhang, M., Zhao, K., Tunney, H., & Guan, Y. 2016. Potentially hazardous metals contamination in soil-rice system and it's spatial variation in Shengzhou City, China. Journal of Geochemical Exploration, 167, 62-69. [Acceso 08 julio 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6678230/pdf/ijerph-16-02503.pdf>
3. FAO/OMS. Codex Alimentarius. Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos. CODEX STAN 193-1995. Modificado en 2015; 40-46. [Citado 08 julio 2019] Disponible en: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/livestockgov/documents/CXS\\_193\\_s.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193_s.pdf)
4. Ministerio de Agricultura del Perú. Factores Determinantes Para el Incremento del Consumo de Papa en el Perú. [Citado 10 julio 2019]. Disponible en: [https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/congreso\\_papa/factores\\_determinantes\\_incrementar\\_consumo\\_papa.pdf](https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/congreso_papa/factores_determinantes_incrementar_consumo_papa.pdf)
5. Reyes Y. C, Vergara I, Torres O. E, Díaz-Lagos M, González E. E. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad alimentaria. Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo (Colombia).2016; 16 (2): 66-77. [Citado 10 julio 2019] Disponible en: [file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110%20(1).pdf)

6. Moreno Y, García J, Chaparro S. Cuantificación Voltamétrica De Plomo y Cadmio en Papa Fresca. Junio 2016. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 19 (1): 97 – 104 [Citado 10 julio 2019] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v19n1/v19n1a11.pdf>
7. Panduro N. Prevalencia del cadmio, plomo y cromo en la biomasa estacional de Myrciaria dubia HBK Mc Vaugh “camu camu”, en un entisoles de Yarinacocha, Rev. Investigación Científica Big Ban, Perú, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Vol. 4, núm. 4. 2015. [citado 12 agos 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/Downloads/Prevalencia\\_del\\_cadmio\\_plomo\\_y\\_cromo\\_en.pdf](file:///C:/Users/Downloads/Prevalencia_del_cadmio_plomo_y_cromo_en.pdf)
8. Bertolotti Rivera, Flavia; Noé Moccetti, Norma. Concentración de plomo, mercurio y cadmio en músculo de peces y muestras de agua procedentes del Río Santa, Ancash – Perú. Universidad Peruana Cayetano Heredia. 2018. Disponible en: <file:///C:/Users/Downloads/3376-Texto%20del%20art%C3%ADculo-9129-1-10-20180816.pdf>
9. García M.; Madueño M. Determinación de metales pesados (Plomo y Cadmio) en lechuga (Lactuca sativa) de mercados de Lima Metropolitana. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Ciencia e Investigación 2018 21(2):19,24. [Citado 16 agos 2019]. Disponible en: [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/7349/Madue%c3%b1o\\_vf.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/7349/Madue%c3%b1o_vf.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
10. Dávila C. Determinación de plomo y cadmio en jugos de naranja (citrus sinensis) expendidos de forma ambulatoria en el paradero villa sol - los olivos – periodo octubre 2016 enero 2017. tesis de grado. universidad norbert wiener. 2017. [Citado 16 agos 2019] disponible en: [http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/531/t061\\_734325\\_16\\_t.pdf?sequence=1&isallowed=y](http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/531/t061_734325_16_t.pdf?sequence=1&isallowed=y)

11. Huiracocha piedra J. Evaluación del riesgo toxicológico por cadmio y plomo en granos de arroz (*Oryza sativa*) comercializados en la ciudad de Cuenca. Universidad de Cuenca. Ecuador. Tesis de Maestría en Toxicología Industrial Y Ambiental. 2018. [Citado 10 agos 2019]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31265/4/Trabajo%20de%20titulacion.pdf>
12. Reyes Y. C, Vergara I, Torres O. E, Díaz-Lagos M, González E. E. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad alimentaria. Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo (Colombia).2016; 16 (2): 66-77 pag. [Citado 10 agos 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110%20(1).pdf)
13. Pérez J .Metales pesados y calidad agronómica del agua residual tratada IDESIA. [Internet] 2016 Ene-feb [Citado 10 ago 2019] Vol. 34, N°1. Pág 19-25 Chile. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292016000100003](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292016000100003)
14. Posada C, Quiñones O, Castillo J, Moscoso A. papa, milenario producto andino. Instituto de Investigación y Desarrollo de Comercio Exterior de la Cámara de Comercio de Lima IDEXCAM.[ en línea]. 2018 [Citado 20 agos 2019]. Disponible en: <https://www.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/estudio4/papa,%20milenario%20producto%20andino.pdf>
15. Wright J. Química medioambiental (Environmental Chemistry). Amazon, Routledge; Edición: 1 2003. Disponible en: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cd.htm>
16. M. Coronel. Fritura al Vacío: Un enfoque nutricional. Enfoque UTE[en línea] Sep.2014[acceso 19 set 2019]; V.5-N: pp.15 – 24.Disponible en: <http://oaji.net/articles/2015/1783-1426288892.pdf>

17. OMS. Inocuidad de los alimentos .[ en línea ] 2019 jun [Citado 19 nov. 2019; disponible en: <https://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs399/es/>
18. Pinzon Ch. Determinación de los niveles de Plomo y Cadmio en leche procesada en la Ciudad de Bogotá D.C. [Tesis para obtener el grado de Magister]. Colombia: Universidad Nacional de Colombia Facultad de Medicina. Departamento de Toxicología; 2015.
19. Ynocente La Valle C. Olórtegui Cristóbal D. "Evaluación del riesgo toxicológico en personas expuestas a suelos con plomo (Pb) y cadmio (Cd) en los alrededores del Parque Industrial Infantas en Lima - Perú [tesis EP Toxicología]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2018.
20. UptoDate. Exposición al plomo y envenenamiento en adultos. Rose H Goldman, MD, MPH Howard Hu, ScD, [en línea] 2019 nov [acceso 16 nov 2019]. Disponible en: [https://www.uptodate.com/contents/lead-exposure-and-poisoning-in-adults?search=toxicidad%20por%20plomo&source=search\\_result&selectedTitle=1~150&usage\\_type=default&display\\_rank=1](https://www.uptodate.com/contents/lead-exposure-and-poisoning-in-adults?search=toxicidad%20por%20plomo&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1)
21. Díaz A. Concentración de cadmio en sangre en una población laboral hospitalaria y su relación con factores asociados. [tesis para grado de doctor]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Medicina; 2013. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/24537/1/T35084.pdf>
22. Burgos A. Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por cadmio rm n° 757 - 2013/ MINSA. Dirección regional de salud de las personas ministerio de salud. [Internet]. 2015 [Citado 20 ago 2019]. Disponible en: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3244.pdf>
23. Emsley J. Las piezas de construcción de la naturaleza (Nature's Building Blocks). [Internet] 2019. [citdo el 22 ago 2019] Disponible en: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/pb.htm>

24. Anales de la Facultad de Medicina Universidad Nacional Mayor de San Marcos ISSN 1025 - 5583 Vol. 63, N° 1 - 2002 Págs. 51 – 64. [en línea]. 2002 [Citado 20 agos 2019]. Disponible en: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v63\\_n1/pdf/toxicologia\\_cadmio.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/anales/v63_n1/pdf/toxicologia_cadmio.pdf).

25. Ministerio de salud dirección general de salud ambiental dirección de salud ocupacional. [en línea]. [Citado 20 agos 2019]. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DSO/SALUD%20OCUPACIONAL%20TRIPTICOS/TRIPTICO\\_PREVENCION\\_PLOMO\\_3.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DSO/SALUD%20OCUPACIONAL%20TRIPTICOS/TRIPTICO_PREVENCION_PLOMO_3.pdf)

26. Pérez P, Azcona M. Los efectos de cadmio en la salud. Rev Esp Méd Quir [Internet] 2012 Jul-Set [Citado 20 set 2019] Vol 17, N°3. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>

27. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Estudio sobre los posibles efectos en la salud humana y el medio ambiente en América Latina y el Caribe del comercio de productos que contienen cadmio, plomo y mercurio. México: PNUMA, 2010; 40-41.

28. Agencia para sustancias tóxicas y el registro de Enfermedades(ATSDR). Curso de toxicología para comunidades. [Internet] abril 2019. [Citado 20 set 2019]. Disponible en: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology\\_curriculum/modules/3/es\\_lecture\\_notes.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/3/es_lecture_notes.html)

29. Sociedad Española de Sanidad Ambiental. La evaluación de riesgos en salud. Guía metodológica, aplicaciones prácticas de la metodología de la evaluación de riesgos en salud por exposición a químicos [Internet]. 2016 [Citado 25 set 2019]. Disponible en: <https://toxicologia.org.ar/wp-content/uploads/2017/01/LA-EVALUACION-DE-RIESGOS-EN-SALUD.pdf>

30. Ministerio del Ambiente. Guía para la elaboración de estudios de evaluación de riesgos a la salud y el ambiente (ERSA) en sitios contaminados. [Internet].

Perú; 2015. [15 feb 2018]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/02/Guia-ERSA.pdf>

31. Diaz F. Metodología de identificación y evaluación de riesgo para la salud en sitios contaminados. OPS/CEPIS/PUB/99.34. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Mundial de la Salud. [Internet] 96P; 1999.[Citado 25 set 2019 ]. Disponible en: [https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_biorem/education/lectures/SEMARNAT/SEMARNAT-O-metodologia de ERA para la salud en sitios contaminados.pdf](https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/lectures/SEMARNAT/SEMARNAT-O-metodologia de ERA para la salud en sitios contaminados.pdf)

32. FAO. Código de alimentos, Recomendaciones del Servicio de Salud Pública de EEUU. Publicación del Servicio nacional de Información Técnica PB97-133656. Administración de Medicamentos y Alimentos;[Internet] 1997. [Citado 25 set 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5896s.pdf>

33. Peligrosos. Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR). Evaluación de riesgos a la salud por exposición a residuos [Internet] EEUU; 1992 [Citado 28 set 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/919/91913002002.pdf>

34. Mañay N,Clavijo G, Diaz L. Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsenico en aguas y suelos. [Internet] [Citado 30 set 2019]. Disponible en: <http://riquim.fq.edu.uy/archive/files/02ba23e6cc083af03bfc55ac63a98a0c.pdf>

35. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Problemática ambiental y contaminantes: Metales Pesados. [Internet]]. España; 2015. [Citado 15 de noviembre de 2019]. Disponible en: [http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/metales\\_pesados.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/metales_pesados.aspx)

36. Nava R. Méndez A. Efectos neurotóxicos de metales pesados (Cadmio, Plomo, Arsénico y Talio). Arch Neurocién (Mex). 2011; 16 (3): 140 -147pág.

37. Sánchez G. Ecotoxicología del cadmio riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio [tesis]. Madrid: Universidad Complutense, Facultad de Farmacia; 2016. [Citado 16 nov. 2019]. Disponible en: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA%20SANCHEZ%20BARRON.pdf>
38. National Center of Biotechnology Information U.S. National Library of Medicine. [Internet]. USA [Citado 16 nov. 2019]. Disponible en: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5352425>
39. Ministerio del Ambiente. Normas Legales. D. S. N° 011-2017-MINAM Aprobación Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. [ Internet] 2017 dic. [Citado 16 nov 2019] Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0>
40. Valdivia M. Intoxicación por plomo. Revista Sociedad Peruana de Medicina Interna. [Internet]. 2005; 18 (1): 22 – 27. [Citado 16 nov 2019]. Disponible en: [http://medicinainterna.org.pe/revista/revista\\_18\\_1\\_2005/Intoxicacion.pdf](http://medicinainterna.org.pe/revista/revista_18_1_2005/Intoxicacion.pdf)
41. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). Reseña Toxicológica del Cadmio [Internet] abril 2019. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública. [Citado 30 nov 2019]. Disponible en: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts5.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts5.html)
42. National Center of Biotechnology Information .Biblioteca Nacional de Medicina [Internet]. USA [Citado 16 nov. 2019]. Disponible en: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/cadmium>
43. Tello M. Evaluación de riesgo toxicológico de plomo y cadmio en suelos del entorno del parque industrial de la ciudad de Cuenca. [tesis para

obtener el grado de Magister]. Ecuador: Universidad Estatal de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas; 2015. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22973/1/TESIS%20OXICOLOG%C3%83%2012.pdf>

44. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. Tablas Peruana de composición de alimentos. [Internet] Perú 2017 [Citado 10 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

45. Jara E.,Gomez J.,Montoya H. capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelo contaminados con metales pesados. Revista peruana de biología,21(2), 145-154. 2014. Disponible en: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=metales+pesados+en+distrito+de+lima&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=metales+pesados+en+distrito+de+lima&btnG=)

46. Atachagua S. Gonzales G. Determinación de plomo y arsenico en desayunos expendidos en puestos de venta ambulatoria en Cercado de Lima periodo de junio-julio2017. [ tesis de grado de Químico Farmacéutico]. Lima: Universidad Norbert Wiener, Facultad de Farmacia Y Bioquímica; 2018.

## **ANEXOS**

Anexo A: Carta de autorización al ingreso al área de laboratorio de CICOTOX



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA.  
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

*“Decenio de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”  
“Año de la lucha contra la corrupción e impunidad”*

Lima, 05 de diciembre del 2019

Dra.  
**Juana Elvira Chávez Flores**  
Decana de la Facultad de Farmacia y Bioquímica  
**Universidad Norbert Wiener**

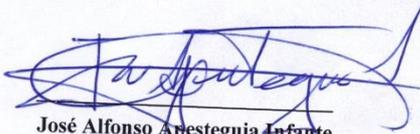
**Presente. -**

De mi mayor consideración:  
Es grato dirigirme a usted y saludarle cordialmente, que, en mi calidad de director del Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX) de la UNMSM, Autorizo el ingreso al área del laboratorio de CICOTOX para desarrollar el análisis de plomo y cadmio en papas fritas que es parte del proyecto de tesis que lleva por título: **“EVALUACION DE PLOMO Y CADMIO EN PAPAS FRITAS Y SU RIESGO TOXICOLOGICO EN LOS CONSUMIDORES DE DIEZ POLLERIAS DEL CERCADO DE LIMA. SETIEMBRE – NOVIEMBRE 2019”**. Presentado por las Bachilleres:

**Guimarey Martin Mercedes Tatiana DNI: 41982052**  
**Reátegui Curimozón Judy DNI: 46820032**

Por lo expuesto:  
Emito el documento a petición de las interesadas.

Atentamente;

  
**José Alfonso Apesteguía Infante**  
Director del CICOTOX

  
JOSE A. APESTEGUIA INFANTES  
QUIMICO-FARMACEUTICO  
C.O.F.P. N° 06538  
ESR TOXICOLOGIA Y QUIMICA LEGAL  
R.N.E. N° 240

## Anexo B: Aplicacion del instrumento

**ENCUESTA: NIVEL DE CONSUMO DE PAPAS FRITAS**

NOMBRE: Victor Diaz Pantoya

EDAD: 65 SEXO: M  F  PESO: 79

1 ¿En que forma consume la papa

cocidas  fritas

2 ¿Que cantidad de papas fritas consume ?

media porcion  una porciones  dos porciones

3 ¿Cada que tiempo consume papas fritas?

una vez por semana  dos veces a la semana  tres veces por semana

4 ¿En que establecimientos consume papas fritas

pollerias conocidas  pollerias no muy conocidas  pollerias noconocidas

5 ¿como te sirven las papas fritas que consumes en la polleria?

amarillo  palido  maron

6 ¿ cuantos miembros son en su familia?

uno - tres  tres - seis  siete-diez

7 ¿Cuántas personas de su familia consume papa fritas ?

todos  mas de dos  ninguno

8 ¿conoce el riesgo de consumir papas fritas?

si  no

9 ¿Sabe usted que las papas fritas contiene metales pesados (plomo y cadmio)?

si  no

10 ¿En la actualidad presenta alguna enfermedad?

si  no

Anexo C: Matriz de consistencia

Planteamiento de Problema	Objetivos	Hipótesis	Justificación	Variable	Tipos de Variables	Metodología
<p>Problema General</p> <p>¿Cuál será la evaluación de plomo y cadmio en papas fritas y su riesgo toxicológico en los consumidores de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>¿Cuál será la concentración de plomo en papas fritas que se expenden en diez pollerías conocidas del Cercado de Lima?</p> <p>¿Cuál será la concentración de cadmio en papas fritas que se expenden en diez pollerías conocidas del Cercado de Lima?</p> <p>¿Las concentraciones obtenidas de plomo y cadmio excederán los límites máximos permisibles según el CODEX STAN 193-1995 OMS/FAO?</p> <p>¿Cuál será el riesgo toxicológico de los consumidores de papas fritas de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Evaluar el plomo y cadmio en papas fritas y su riesgo toxicológico en los consumidores de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre-noviembre 2019.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Determinar la concentración de plomo en papas fritas que se expenden en diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Set - nov 2019.</p> <p>Determinar la concentración de cadmio en papas fritas que se expenden en diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Set - nov 2019.</p> <p>Evaluar y comparar las concentraciones obtenidas de plomo y cadmio con el límite máximo permisibles según el CODEX STAN 193-1995 OMS/FAO.</p> <p>Evaluar el riesgo toxicológico de los consumidores de papas fritas en diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre - noviembre 2019.</p>	<p>Hipótesis de investigación (H<sub>1</sub>)</p> <p>Las papas fritas que expenden en cercado de lima. Set- nov 2019, produce riesgo toxicológico por su alta concentración de plomo y cadmio que superan los límites establecidos por el Codex alimentario.</p> <p>Hipótesis nula (H<sub>0</sub>)</p> <p>Las papas fritas que se expenden en el distrito de -cercado lima de Set - nov 2019, No produce riesgo toxicológico porque está dentro de la concentración de plomo y cadmio establecidos por el Codex alimentario.</p>	<p>Los metales pesados se bioacumulan en los organismos vivos y generan problemas de salud cuando se llegan niveles tóxicos, las causales responsables de incorporación de metales pesados en alimentos son a través de los sistemas hídricos. Por su elevada toxicidad, el impacto causado en salud por exposición prolongada o por bioacumulación de metales pesados resulta alarmante. Dependiendo del tipo de metal o metaloide, se producen afecciones que van desde daños en órganos vitales hasta desarrollos cancerígenos.<sup>5</sup></p> <p>A nivel metodológico el trabajo desarrollara una serie de estrategias y técnicas que permitirán alcanzar las metas propuestas, además de elaborar una línea de estudio que podría dirigirse a investigar qué otros factores o condiciones estarían relacionadas en la presencia de complicaciones y riesgos en poblaciones en el nivel de concentración de plomo y cadmio en papas fritas que se expenderán en pollerías de lima metropolitana. Set - nov 2019. A nivel práctico los beneficios clínicos del estudio pretenden promover actividades preventivas de información como charlas, campañas de salud y promocionar estilos vida saludable en poblaciones que adquieren este grupo de productos en el Cercado de Lima.</p> <p>El presente proyecto de investigación nos permitirá aportar información sobre el riesgo toxicológico de plomo y cadmio en papas fritas que se expenden en pollerías de lima metropolitana como sus niveles de concentración permitidos según el CODEX OMS/FAO, por eso nosotros evaluaremos el riesgo toxicológico y estos resultados servirán como base para la prevención de las enfermedades ya mencionadas.<sup>6</sup></p>	<p>Independiente: Evaluación de plomo y cadmio en papas fritas.</p> <p>Dependientes: Riesgo toxicológicos en los consumidores de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima.</p>	<p>Nominal</p> <p>Ordinal</p>	<p>Espectrometría de absorción atómica con horno grafitos.</p> <p>Encuesta al consumidor.</p>

## Anexo D: Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Valores	Criterios de medición	Escala de medición de Variable	Instrumentos de recolección de datos
Independientes Evaluación de plomo y cadmio en papas fritas.	<p>Plomo: Es un metal que se localiza en mínima proporción en la corteza terrestre, se puede encontrar en todas partes de nuestro entorno.<sup>2</sup></p> <p>Cadmio: Es uno de los metales más tóxicos que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre.<sup>21</sup></p> <p>Son las papas que se preparan cortándose en forma de bastones, que pasa por un proceso de fritura por inmersión o también denominada profunda, donde ocurren transformaciones en la composición del alimento y en el medio de fritura (aceite) en niveles que dependen de las condiciones del proceso (temperatura y tiempo).</p>	<p>Concentración de la contaminación de plomo y cadmio</p> <p>Consumo de papas fritas</p>	<p>Límites máximos según CODEX STAN.</p> <p>Forma de consumo Cantidad de consumo Tiempo de consumo Establecimiento de consumo Forma de consumo las papas fritas Cantidad de miembros de familia Cantidad de miembros de familia que consumen papas fritas Conocimiento de riesgo del consumo de papas fritas Conocimiento de metales en las papas fritas Presencia de enfermedades.</p>	<p>0,1mg/kg nivel máximo</p> <p>Mayor que 21</p> <p>Mayor de 17 a 21</p> <p>Menor que 16</p>	<p>Si exceden</p> <p>No exceden</p> <p>Alto</p> <p>Medio</p> <p>Baja</p>	<p>Nominal</p> <p>Ordinal</p>	<p>Fichas de recolección de datos Encuesta al consumidor. Análisis toxicológicos.(CICOTOX)</p>
Dependientes: Riesgo toxicológicos en los consumidores de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima.	<p>Consiste en recabar información disponible sobre los efectos tóxicos de una sustancia química y se analiza a fin de determinar el riesgo posible en relación con la exposición.</p>	<p>Estimación de dosis de exposición de riesgo.</p>	<p>Tasa de ingesta</p> <p>Concentración del contaminante</p> <p>Peso Corporal</p> <p>Factor de exposición</p>	<p>50mg/día</p> <p>mg/kg</p> <p>kg</p> <p>1</p>	<p>Si exceden</p> <p>No exceden</p>	<p>Nominal</p>	

Anexo E: Formato de validéz por 5 expertos

**B. FORMATO DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

1. Apellidos y Nombres del experto: **LIZANO GUTIERREZ, JESÚS V.**
2. Cargo e institución donde labora: **DOCENTE - UNIV. NORBERT WIENER**
3. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **ENCUESTA**
4. Autor (a) del instrumento: **REATEGUI CURIMORON, JUDY, GUINAREY MARTIN TATIANA**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

N°	Ítem	Relevancia				Pertinencia				Claridad				Sugerencias
		MD	D	A	MA	MD	D	A	MA	MD	D	A	MA	
	<b>Dimensión 1: Consumo de papas fritas</b>				X									
1	Forma de consumo.				X				X					X
2	Cantidad de consumo.				X				X					X
3	Tiempo de consumo.				X				X					X
4	Establecimiento de consumo.				X				X					X
5	Forma de consumo las papas fritas.				X				X					X
6	Cantidad de miembros de familia.				X				X					X
7	Cantidad de miembros de familia que consumen papas fritas.				X				X					X
8	Conocimiento de riesgo del consumo de papas fritas.				X				X					X
9	Conocimiento de metales en las papas fritas.				X				X					X
10	Presencia de enfermedades.				X				X					X
	<b>Dimensión 2: Estimación de dosis de exposición de riesgo.</b>													
11	Tasa de ingesta.				X				X					X
	<b>Dimensión 3: Concentración de la contaminación de plomo</b>													
12	Límites máximos según CODEX STAN.				X				X					X
	<b>Dimensión 4: concentración de la contaminación de cadmio</b>													
13	Límites máximos según CODEX STAN.				X				X					X

Calificación:

MD	D	A	MA
1	2	3	4

**Dónde:** MD: Muy en desacuerdo  
**D:** En desacuerdo  
**A:** De acuerdo  
**MA:** Muy de acuerdo

**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado

**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**III. DOCUMENTOS ADJUNTOS:** Matriz de consistencia, Operacionalización de variables

  
 .....Firma y sello del experto.....  
 Q.F. Lizano Gutierrez, Jesús V.  
 CQFP: 9318

## B. FORMATO DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres del experto: **DÍAZ URIBE, JULIO LUIS**
2. Cargo e institución donde labora: **UNIVERSIDAD NORBERT WIENER**
3. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **ENCUESTA**
4. Autor (a) del instrumento: **REATEGUI CURIMOZON JUDY, GUIMAREY MARTIN TATIANA.**

Calificación:

MD	D	A	MA
1	2	3	4

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

N°	Ítem	Relevancia				Pertinencia				Claridad				Sugerencias	
		MD	D	A	MA	MD	D	A	MA	MD	D	A	MA		
<b>Dimensión 1: Consumo de papas fritas</b>															
1	Forma de consumo.				4				4					4	
2	Cantidad de consumo.				4				4					4	
3	Tiempo de consumo.				4				4					4	
4	Establecimiento de consumo.				4				4					4	
5	Forma de consumo las papas fritas.				4				4					4	
6	Cantidad de miembros de familia.				4				4					4	
7	Cantidad de miembros de familia que consumen papas fritas.				4				4					4	
8	Conocimiento de riesgo del consumo de papas fritas.				4				4					4	
9	Conocimiento de metales en las papas fritas.				4				4					4	
10	Presencia de enfermedades.				4				4					4	
<b>Dimensión 2: Estimación de dosis de exposición de riesgo.</b>															
11	Tasa de ingesta.				4				4					4	
<b>Dimensión 3: Concentración de la contaminación de plomo</b>															
12	Límites máximos según CODEX STAN.				4				4					4	
<b>Dimensión 4: concentración de la contaminación de cadmio</b>															
13	Límites máximos según CODEX STAN.				4				4					4	

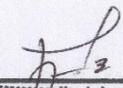
**Dónde:** MD: Muy en desacuerdo  
D: En desacuerdo  
A: De acuerdo  
MA: Muy de acuerdo

**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado

**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

#### III. DOCUMENTOS ADJUNTOS: Matriz de consistencia, Operacionalización de variables

  
Firma y sello del experto  
Díaz Uribe Julio Luis  
QUÍMICO FARMACÉUTICO  
C.Q.F.P 00156

## B. FORMATO DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres del experto: *RIVAS CHUMBE, ERICK HUGO*
2. Cargo e institución donde labora: *ANALISTA QUÍMICO FORENSE/INSTITUTO DE ME MEDICINA LEGAL/LABORATORIO TOXICOLOGIA.*
3. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: *ENCUESTA*
4. Autor (a) del instrumento: *REATEGUI CURIMOZON JUDY, GUIMAREY MARTIN TATIANA*

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Calificación:

MD	D	A	MA
1	2	3	4

**Dónde:** MD: Muy en desacuerdo  
 D: En desacuerdo  
 A: De acuerdo  
 MA: Muy de acuerdo

**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado

**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

N°	Ítem	Relevancia				Pertinencia				Claridad				Sugerencias
		MD	D	A	MA	MD	D	A	MA	MD	D	A	MA	
<b>Dimensión 1: Consumo de papas fritas</b>														
1	Forma de consumo.				4				4					4
2	Cantidad de consumo.				4				4					4
3	Tiempo de consumo.				4				4					4
4	Establecimiento de consumo.				4				4					4
5	Forma de consumo las papas fritas.				4				4					4
6	Cantidad de miembros de familia.			3					4					4
7	Cantidad de miembros de familia que consumen papas fritas.				4				4					4
8	Conocimiento de riesgo del consumo de papas fritas.			3					4					4
9	Conocimiento de metales en las papas fritas.				4				4					4
10	Presencia de enfermedades.													
<b>Dimensión 2: Estimación de dosis de exposición de riesgo.</b>														
11	Tasa de ingesta.				4				4					4
<b>Dimensión 3: Concentración de la contaminación de plomo</b>														
12	Límites máximos según CODEX STAN.				4				4					4
<b>Dimensión 4: concentración de la contaminación de cadmio</b>														
13	Límites máximos según CODEX STAN.				4				4					4

#### III. DOCUMENTOS ADJUNTOS: Matriz de consistencia, Operacionalización de variables

*[Firma manuscrita]*  
**Firma y sello del experto**  
**ERICK HUGO RIVAS CHUMBE**  
 QUÍMICO FARMACÉUTICO  
 C.O.F.P. 09979  
 DNI: 10750878

## B. FORMATO DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres del experto: **GONZALES ELERA, SIXTO ANTONIO.**
2. Cargo e institución donde labora: **DOCENTE - UNIV. NORBERT WIENER**
3. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **ENCUESTA**
4. Autor (a) del instrumento: **REATEGUI CURIMOZON JUOY, GUIMOREY MARTIN TATIANA**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

N°	Ítem	Relevancia				Pertinencia				Claridad				Sugerencias
		MD	D	A	MA	MD	D	A	MA	MD	D	A	MA	
<b>Dimensión 1: Consumo de papas fritas</b>														
1	Forma de consumo.				X				X					X
2	Cantidad de consumo.				X				X					X
3	Tiempo de consumo.				X				X					X
4	Establecimiento de consumo.				X				X					X
5	Forma de consumo las papas fritas.				X				X					X
6	Cantidad de miembros de familia.				X				X					X
7	Cantidad de miembros de familia que consumen papas fritas.				X				X					X
8	Conocimiento de riesgo del consumo de papas fritas.				X				X					X
9	Conocimiento de metales en las papas fritas.				X				X					X
10	Presencia de enfermedades.				X				X					X
<b>Dimensión 2: Estimación de dosis de exposición de riesgo.</b>														
11	Tasa de ingesta.				X				X					X
<b>Dimensión 3: Concentración de la contaminación de plomo</b>														
12	Límites máximos según CODEX STAN.				X				X					X
<b>Dimensión 4: concentración de la contaminación de cadmio</b>														
13	Límites máximos según CODEX STAN.				X				X					X

Calificación:

MD	D	A	MA
1	2	3	4

**Dónde:** MD: Muy en desacuerdo  
D: En desacuerdo  
A: De acuerdo  
MA: Muy de acuerdo

**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado

**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

#### III. DOCUMENTOS ADJUNTOS: Matriz de consistencia, Operacionalización de variables

Firma y sello del experto

*Sixto Antonio Gonzalez Elera*  
QUIMICO FARMACEUTICO  
ESPECIALISTA EN TOXICOLOGIA Y QUIMICA LEGAL  
MAGISTER EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS  
DNI 08063663 CQFP 01960 RNE 291

## B. FORMATO DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres del experto: **RIVAS ALTEZ, WALTER**
2. Cargo e institución donde labora: **DOCENTE - UNIV. NORBERT WIENER**
3. Nombre del Instrumento motivo de evaluación: **ENCUESTA**
4. Autor (a) del instrumento: **REATEGUI CURIMOZON JUDY, GUIMAREY MARTIN TATIANA**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

N°	Ítem	Relevancia				Pertinencia				Claridad				Sugerencias
		MD	D	A	MA	MD	D	A	MA	MD	D	A	MA	
<b>Dimensión 1: Consumo de papas fritas</b>														
1	Forma de consumo.				X				X					X
2	Cantidad de consumo.				X				X					X
3	Tiempo de consumo.				X				X					X
4	Establecimiento de consumo.				X				X					X
5	Forma de consumo las papas fritas.				X				X					X
6	Cantidad de miembros de familia.				X				X					X
7	Cantidad de miembros de familia que consumen papas fritas.				X				X					X
8	Conocimiento de riesgo del consumo de papas fritas.				X				X					X
9	Conocimiento de metales en las papas fritas.				X				X					X
10	Presencia de enfermedades.				X				X					
<b>Dimensión 2: Estimación de dosis de exposición de riesgo.</b>														
11	Tasa de ingesta.				X				X					X
<b>Dimensión 3: Concentración de la contaminación de plomo</b>														
12	Límites máximos según CODEX STAN.				X				X					X
<b>Dimensión 4: concentración de la contaminación de cadmio</b>														
13	Límites máximos según CODEX STAN.				X				X					X

Calificación:

MD	D	A	MA
1	2	3	4

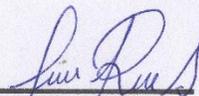
**Dónde:** MD: Muy en desacuerdo  
D: En desacuerdo  
A: De acuerdo  
MA: Muy de acuerdo

**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado

**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

#### III. DOCUMENTOS ADJUNTOS: Matriz de consistencia, Operacionalización de variables

  
Firma y sello del experto...  
**WALTER RIVAS ALTEZ**  
QUÍMICO FARMACÉUTICO  
C.Q.F.R. 13854  
DNI: 09238422

## Anexo F: Formato de Confiabilidad

### Encuesta

Consumo de papas fritas: Para determinar la confiabilidad del instrumento se procedió a realizar la prueba piloto a 30 encuestados y se midió con el coeficiente de confiabilidad de alpha combrach.

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left( 1 - \frac{\sum si^2}{St} \right) \text{ Dónde:}$$

K: Número de ítems. Si2: Varianza Muestra. St varianza del total de puntaje de los ítems

### Data

	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	total
1	1	1	1	2	1	1	3	2	1	1	14
2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	17
3	2	3	3	1	3	3	3	1	2	2	23
4	2	2	3	2	3	3	3	1	2	2	23
5	1	3	2	2	2	3	3	2	2	2	22
6	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	22
7	2	1	3	2	1	1	2	2	2	1	17
8	1	2	3	2	1	2	1	2	2	1	17
9	1	3	2	1	1	3	1	2	3	2	19
10	1	3	2	2	1	3	1	2	2	2	19
11	1	3	1	2	2	3	2	2	2	2	20
12	1	2	1	3	3	2	2	2	2	1	19
13	1	1	1	3	3	2	3	1	2	2	19
14	2	2	1	3	2	3	3	1	2	2	21

15	2	1	2	3	2	3	2	1	2	1	19
16	1	1	1	2	1	1	3	2	1	1	14
17	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	17
18	2	3	3	1	3	3	3	1	2	2	23
19	2	2	3	2	3	3	3	1	2	2	23
20	1	3	2	2	2	3	3	2	2	2	22
21	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	22
22	2	1	3	2	1	1	2	2	2	1	17
23	1	2	3	2	1	2	1	2	2	1	17
24	1	3	2	1	1	3	1	2	3	2	19
25	1	3	2	2	1	3	1	2	2	2	19
26	1	3	1	2	2	3	2	2	2	2	20
27	1	2	1	3	3	2	2	2	2	1	19
28	1	1	1	3	3	2	3	1	2	2	19
29	2	2	1	3	2	3	3	1	2	2	21
30	2	1	2	3	2	3	2	1	2	1	19
suma	42	64	58	62	58	74	66	48	60	50	
si <sup>2</sup>	0,25	0,67	0,62	0,48	0,62	0,53	0,58	0,25	0,14	0,23	4,36
st <sup>2</sup>	88,4										

$$\sum si^2 = 1,5 \quad st^2 = 21,5 \quad K=10$$

$$\alpha = \frac{10}{10-1} \left( 1 - \frac{4,36}{88,4} \right) = 0,99$$

Para el análisis correspondiente se tomó una muestra piloto de 30 encuestados. El coeficiente obtenido, denota una elevada consistencia interna entre los ítems que conforman el cuestionario, ya que el resultado del cálculo correspondiente fue de 0.99, lo que evidencia que las preguntas del cuestionario contribuyen de manera significativa a la definición de los conceptos que se desean investigar, ya que cuando el coeficiente se aproxima a uno, el instrumento es muy confiable para la presente investigación.

Índice de kappa

**Ho:** No existe concordancia entre los jueces y el instrumento de Consumo de papas fritas

**Ha:** Existe concordancia entre los jueces y el instrumento de Consumo de papas fritas.

Nivel de significación 0,05

### Estadístico de prueba

Medidas simétricas

	Valor	Error estándar asintótico <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	P
Medida deKappa acuerdo	,759	,226	2,925	,003
N de casos válidos	5			

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

Regla de decisión Rechazar Ho si  $p < 0,05$

Conclusión: Dado que  $p = 0,003 < 0,05$  entonces rechazar Ho, es decir Existe concordancia entre los jueces y el instrumento **Consumo de papas fritas**, asimismo se observa un coeficiente del índice de kappa de 0,759, lo cual indica una buena validez del instrumento.

Se consideró 5 expertos que se le entregó un cuestionario de 3 criterios donde evaluaron el instrumento según **relevancia**

Prueba binomial: Juicio de expertos

**Tabla de Concordancia**

Items	Jueces					P
	1	2	3	4	5	
El instrumento recoge la información que permite dar respuesta al problema de investigación	1	1	1	1	1	0,031
El instrumento propuesto responde a los objetivos del estudio	1	1	1	1	1	0,031
La estructura del instrumento es el adecuado	1	1	1	1	1	0,031
Los ítem del instrumento responde a la operacionalización de la variable	1	1	1	1	1	0,031
La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento	1	1	1	1	1	0,031
Los ítem son claros y entendibles	1	1	1	1	1	0,031
El número de ítem es adecuado para su aplicación	1	1	1	1	1	0,031

\*Si  $p < 0.05$  la concordancia es significativa

Existe una concordancia entre los 5 jueces y los 7 ítem, lo cual nos permite aseverar que el instrumento valido

Favorable: 1 (SI) Desfavorable: 0 (NO)

Se consideró 5 expertos que se le entregó un cuestionario de 3 criterios donde evaluaron el instrumento según **pertinencia**

Prueba binomial: Juicio de expertos

**Tabla de Concordancia**

Items	Jueces					P
	1	2	3	4	5	
El instrumento recoge la información que permite dar respuesta al problema de investigación	1	1	1	1	1	0,031
El instrumento propuesto responde a los objetivos del estudio	1	1	1	1	1	0,031
La estructura del instrumento es el adecuado	1	1	1	1	1	0,031
Los ítem del instrumento responde a la operacionalización de la variable	1	1	1	1	1	0,031
La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento	1	1	1	1	1	0,031
Los ítem son claros y entendibles	1	1	1	1	1	0,031
El número de ítem es adecuado para su aplicación	1	1	1	1	1	0,031

\*Si  $p < 0.05$  la concordancia es significativa

Existe una concordancia entre los 5 jueces y los 7 ítem, lo cual nos permite aseverar que el instrumento valido

Favorable: 1 (SI) Desfavorable: 0 (NO)

Se consideró 5 expertos que se le entregó un cuestionario de 3 criterios donde evaluaron el instrumento según **claridad**

Prueba binomial: Juicio de expertos

**Tabla de Concordancia**

Items	Jueces					P
	1	2	3	4	5	
El instrumento recoge la información que permite dar respuesta al problema de investigación	1	1	1	1	1	0,031
El instrumento propuesto responde a los objetivos del estudio	1	1	1	1	1	0,031
La estructura del instrumento es el adecuado	1	1	1	1	1	0,031
Los ítem del instrumento responde a la operacionalización de la variable	1	1	1	1	1	0,031
La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento	1	1	1	1	1	0,031
Los ítem son claros y entendibles	1	1	1	1	1	0,031
El número de ítem es adecuado para su aplicación	1	1	1	1	1	0,031

\*Si  $p < 0.05$  la concordancia es significativa

Existe una concordancia entre los 5 jueces y los 7 ítem, lo cual nos permite aseverar que el instrumento valido

Favorable: 1 (SI) Desfavorable: 0 (NO)

**Tabla de probabilidades asociadas con valores tan pequeños como los valores observados de x en la prueba binomial**

En el cuerpo de esta tabla se dan probabilidades de una cola conforme a H0 para la prueba binomial cuando  $P = R = \frac{1}{2}$  Para ahorrar espacio se omitieron los puntos decimales en las p.

jueces	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>5</b>	<b>031</b>	<b>388</b>	<b>500</b>	<b>812</b>	<b>099</b>						
6	010	109	344	056	801	984					
7	008	062	227	500	773	938	992				
<b>8</b>	004	<b>035</b>	145	363	637	855	965	996			
9	002	020	090	254	500	740	910	980	998		
10	001	011	055	172	377	623	828	945	989	999	
11		006	033	113	274	500	720	887	967	994	
12		003	019	073	104	387	613	806	927	981	997
13		002	011	046	133	291	500	709	867	954	989
14		001	006	029	090	212	395	605	788	910	971
15			004	018	050	151	304	500	696	849	941
16			002	011	038	105	227	402	508	773	895
17			001	006	025	072	166	315	500	685	834
18			001	004	015	048	119	240	407	593	760
19				002	010	032	084	180	324	500	676
20				001	006	021	058	132	252	412	588
21				001	004	013	039	095	192	332	500
22					002	008	026	067	143	262	416
23					001	005	017	047	105	202	339
24					001	003	011	032	076	154	271
25						002	007	022	054	115	212

Tomada de la Tabla IV B. De Walker Helen y Lev J. 1953 Inferencia Estadística Nueva York pág. 458 con el amable permiso de los autores y editores

# Anexo G: Resultados de laboratorio (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° 91599 - 91614

## PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

**SOLICITANTE:** Srta. Mercedes Tatiana Guimarey Martín y Srta. Judy Reátegui Curimozón

**TESIS:** Evaluación de plomo y cadmio en papas fritas y su riesgo toxicológico en los consumidores de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre - Noviembre 2019.

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 09 DE DICIEMBRE DE 2019 HORA: 03:45 p.m.  
**FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:** 23 DE DICIEMBRE DE 2019 HORA: 04:15 p.m.  
**FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS:** 13 DE FEBRERO DE 2020 HORA: 07:30 p.m.

**MÉTODOS** Plomo: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.  
 Cadmio: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

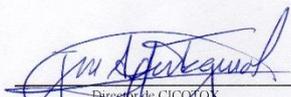
**OBSERVACIONES:** La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
91599	M1 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91600	M1 - C	Cuantificación de Cadmio	0.5910 mg/mg
91601	M2 - P	Cuantificación de Plomo	0.0253mg/kg
91602	M2 - C	Cuantificación de Cadmio	0.0460 mg/kg
91603	M3 - P	Cuantificación de Plomo	0.0463mg/kg
91604	M3 - C	Cuantificación de Cadmio	0.0702 mg/kg
91605	M4 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004 mg/Kg
91606	M4 - C	Cuantificación de Cadmio	0.0323 mg/kg
91607	M5 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004 mg/Kg
91608	M5 - C	Cuantificación de Cadmio	0.0588 mg/kg
91609	M6 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004 mg/Kg
91610	M6 - C	Cuantificación de Cadmio	0.0586 mg/kg
91611	M7 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004 mg/Kg
91612	M7 - C	Cuantificación de Cadmio	0.8102 mg/kg
91613	M8 - P	Cuantificación de Plomo	0.0435mg/kg
91614	M8 - C	Cuantificación de Cadmio	0.0835 mg/kg

N.D. = < 0.004mg/Kg (Limite de detección del plomo)

N.D. = < 0.001mg/Kg (Limite de detección del cadmio)

Lima, 13 de febrero de 2020

  
 Director de CICOTOX  
 Esp. Toxicología & Química Legal  
 C.Q.F.P N° 06538  
 R.N.E 240  
 D.N.I N° 09359857



  
 E. AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS  
 C.Q.F.P. 18579

**"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"**

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú  
 Teléfono: (511) 328-7700 / Ap. Postal 4559 - Lima 1  
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe



**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° 91615 - 91630

**PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO**

**SOLICITANTE:** Srta. Mercedes Tatiana Guimarcy Martín y Srta. Judy Reátegui Curimozón

**TESIS:** Evaluación de plomo y cadmio en papas fritas y su riesgo toxicológico en los consumidores de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre - Noviembre 2019.

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 09 DE DICIEMBRE DE 2019 HORA: 03:45 p.m.

**FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:** 23 DE DICIEMBRE DE 2019 HORA: 04:15 p.m.

**FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS:** 13 DE FEBRERO DE 2020 HORA: 07:30 p.m.

**MÉTODOS** **Plomo:** Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.  
**Cadmio:** Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

**OBSERVACIONES:** La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
91615	M9 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91616	M9 - C	Cuantificación de Cadmio	0.1812mg/kg
91617	M10 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91618	M10 - C	Cuantificación de Cadmio	0.1000 mg/kg
91619	M11 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91620	M11 - C	Cuantificación de Cadmio	0.3614mg/kg
91621	M12 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91622	M12 - C	Cuantificación de Cadmio	0.2238mg/kg
91623	M13 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91624	M13 - C	Cuantificación de Cadmio	0.1038 mg/kg
91625	M14 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91626	M14 - C	Cuantificación de Cadmio	0.0903mg/kg
91627	M15 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91628	M15 - C	Cuantificación de Cadmio	0.0644mg/kg
91629	M16 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91630	M16 - C	Cuantificación de Cadmio	0.6036mg/kg

N.D. = < 0.004mg/Kg (Limite de detección del plomo)  
 N.D. = < 0.001mg/Kg (Limite de detección del cadmio)

Lima, 13 de febrero de 2020

  
 Director de CICOTOX  
 Esp. Toxicología & Química Legal  
 C.Q.F.P. N° 06538  
 R.N.E. 240  
 D.N.I. N° 09359857



  
 F.F. AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS  
 C.Q.F.P. 18579

**"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"**

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú  
 Teléfono: (511) 328-7700 / Ap. Postal 4559 - Lima 1  
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe



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° 91631 - 91646

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Mercedes Tatiana Guimarey Martin y Srta. Judy Reategui Curimozón

TESIS: Evaluación de plomo y cadmio en papas fritas y su riesgo toxicológico en los consumidores de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre - Noviembre 2019.

FECHA DE RECEPCIÓN: 09 DE DICIEMBRE DE 2019 HORA: 03:45 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 23 DE DICIEMBRE DE 2019 HORA: 04:15 p.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 13 DE FEBRERO DE 2020 HORA: 07:30 p.m.

MÉTODOS Plomo: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.  
Cadmio: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

OBSERVACIONES: La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
91631	M17 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91632	M17 - C	Cuantificación de Cadmio	0.0508mg/kg
91633	M18 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91634	M18 - C	Cuantificación de Cadmio	0.1262 mg/Kg
91635	M19 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91636	M19 - C	Cuantificación de Cadmio	0.0386mg/kg
91637	M20 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91638	M20 - C	Cuantificación de Cadmio	0.1583 mg/kg
91639	M21 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91640	M21 - C	Cuantificación de Cadmio	0.1634mg/kg
91641	M22 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91642	M22 - C	Cuantificación de Cadmio	0.0928mg/kg
91643	M23 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91644	M23 - C	Cuantificación de Cadmio	0.5957mg/kg
91645	M24 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91646	M24 - C	Cuantificación de Cadmio	0.0723mg/kg

N.D. = < 0.004mg/Kg (Limite de detección del plomo)

N.D. = < 0.001mg/Kg (Limite de detección del cadmio)

Lima, 13 de febrero de 2020

Directora de CICOTOX  
Esp. Toxicología & Química Legal  
C.Q.F.P. N° 06538  
R.N.E. 240  
D.N.I. N° 09359857



Q. AMÉRICO A. FIGUEROA VARGAS  
C.Q.F.P. 18579

"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú  
Teléfono: (511) 328-7700 / Ap. Postal 4559 - Lima 1  
E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe



**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° 91647 - 91662

**PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO**

**SOLICITANTE:** Srta. Mercedes Tatiana Guimarey Martín y Srta. Judy Reátegui Curimozón

**TESIS:** Evaluación de plomo y cadmio en papas fritas y su riesgo toxicológico en los consumidores de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima. Setiembre - Noviembre 2019.

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 09 DE DICIEMBRE DE 2019 HORA: 03:45 p.m.  
**FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:** 23 DE DICIEMBRE DE 2019 HORA: 04:15 p.m.  
**FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS:** 13 DE FEBRERO DE 2020 HORA: 07:30 p.m.

**MÉTODOS** Plomo: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.  
 Cadmio: Espectrofotometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito.

**OBSERVACIONES:** La contramuestra será descartada a los 30 días posteriores al análisis.

N° ANÁLISIS	MUESTRA	ANÁLISIS CUANTITATIVO	RESULTADO
91647	M25 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91648	M25 - C	Cuantificación de Cadmio	0.6922mg/Kg
91649	M26 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91650	M26 - C	Cuantificación de Cadmio	0.1468mg/Kg
91651	M27 - P	Cuantificación de Plomo	0.0078mg/kg
91652	M27 - C	Cuantificación de Cadmio	0.0731mg/Kg
91653	M28 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91654	M28 - C	Cuantificación de Cadmio	0.0809mg/Kg
91655	M29 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91656	M29 - C	Cuantificación de Cadmio	0.1912mg/Kg
91657	M30 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91658	M30 - C	Cuantificación de Cadmio	0.2588mg/Kg
91659	M31 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91660	M31 - C	Cuantificación de Cadmio	0.4248mg/Kg
91661	M32 - P	Cuantificación de Plomo	< 0.004mg/Kg
91662	M32 - C	Cuantificación de Cadmio	0.1070mg/Kg

N.D. = < 0.004mg/Kg (Limite de detección del plomo)

N.D. = < 0.001mg/Kg (Limite de detección del cadmio)

Lima, 13 de febrero de 2020

Director de CICOTOX  
 Esp. Toxicología & Química Legal  
 C.Q.F.P. N° 06538  
 R.N.E 240  
 D.N.I N° 09359857

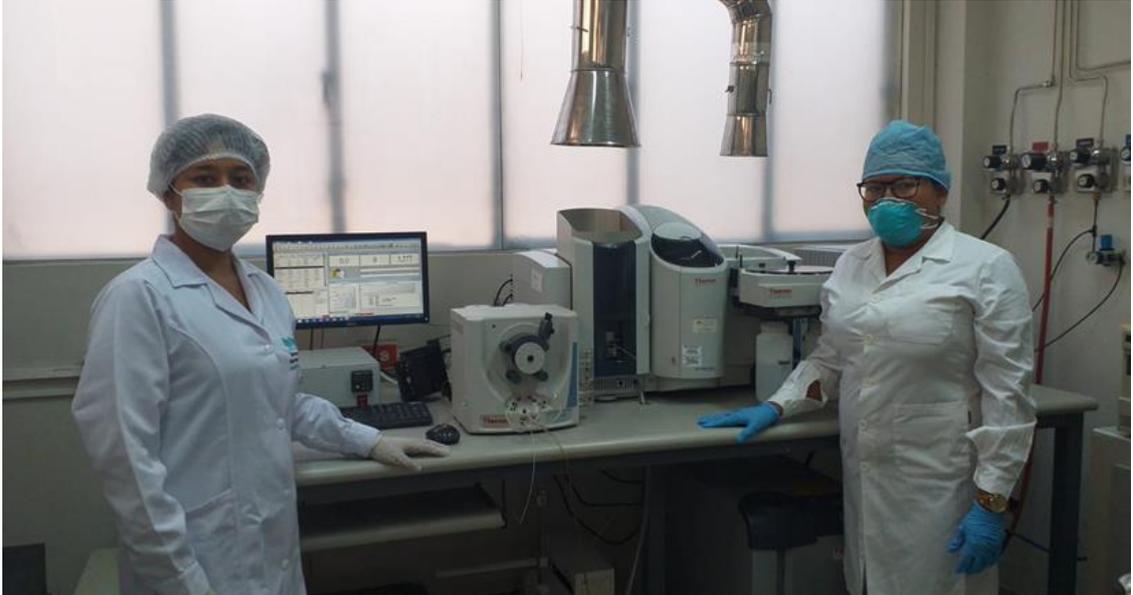


A. FIGUEROA VARGAS  
 C.Q.F.P. 18579

**“FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO”**

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima I – Perú  
 Teléfono: (511) 328-7700 / Ap. Postal 4559 – Lima I  
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Anexo H: Centro de Información Control Toxicológico y Apoyo a la Gestion Ambiental (CICOTOX) – UNMSM



Muestras envasadas y rotuladas, listas para ser trasladadas a CICOTOX – UNMSM



Anexo I: Proceso de análisis de plomo y cadmio en el Centro de Información y Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental (CICOTOX) - UNMSM



Foto1: tritución de la muestra



Foto2: calcinación de la muestra.



Foto3: proceso de incorporación de HCl en la muestra.



Foto 4: calentamiento de la muestra y posterior enfriamiento

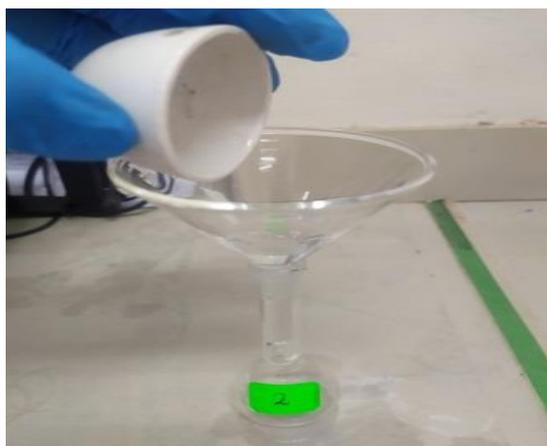


Foto 5: filtrado de la solución para la lectura.

## Anexo J: Certificado de Verificación del Espectrofotómetro



**RPA**  
RESEARCH  
PARTNERS  
ASSOCIATES

CONSTRUIMOS  
SOLUCIONES  
INTEGRALES

### CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN OPERACIONAL

Declaración obtenida del resultado de la verificación operacional del Espectrofotómetro de Absorción Atómica Solaar ICE 3500 de Thermo Scientific (antes Thermo Electrón).

Cliente: UNMSM Facultad de Farmacia y Bioquímica.  
Lab. CICOTOX.

Dirigido a:  
Dr. Jose Alfonso Apesteguia Infantes.

**Equipamiento Instalado:**

	Modelo	Número de serie
Espectrofotómetro AA	ICE 3500	<b>AA05165106</b>
Versión de firmware		
Espectrofotómetro	1.30	
Software de Control	Versión	
Solaar	11.08	

La Verificación Operacional del espectrofotómetro AA Solaar ICE 3500 Thermo Scientific **fue superada satisfactoriamente**.

Se concluye entonces que el Espectrofotómetro AA Solaar ICE 3500 de Thermo Scientific cumple con las especificaciones técnicas de fabricante.

Fecha de la Verificación Operacional: 24 de Mayo del 2019.

Próxima Validación: Mayo del 2020.

  
Alejandro Villarreal Landrau  
Soporte Técnico  
REACTIVOS PARA ANALISIS S.A.S.  
REACTIVOS PARA ANALISIS S.A.S.  
RESPONSABLE  
Av. Bolognesi Divisoria # 601 - 607 - 606 - 2000 - San Felipe  
TEL: (011) 481 2457 / 482 3788 - 481 9646 / 241 0781

  
JOSÉ ALFONSO APESTEGUIA INFANTES  
QUIMICO FARMACEUTICO  
C. O. F. R. N° 06538  
ESP. TOXICOLOGIA Y QUIMICA  
R.U.E. N° 248  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL VALLE DE SAN MARTIN  
CICOTOX  
LABORATORIO DE FARMACIA Y BIOQUIMICA

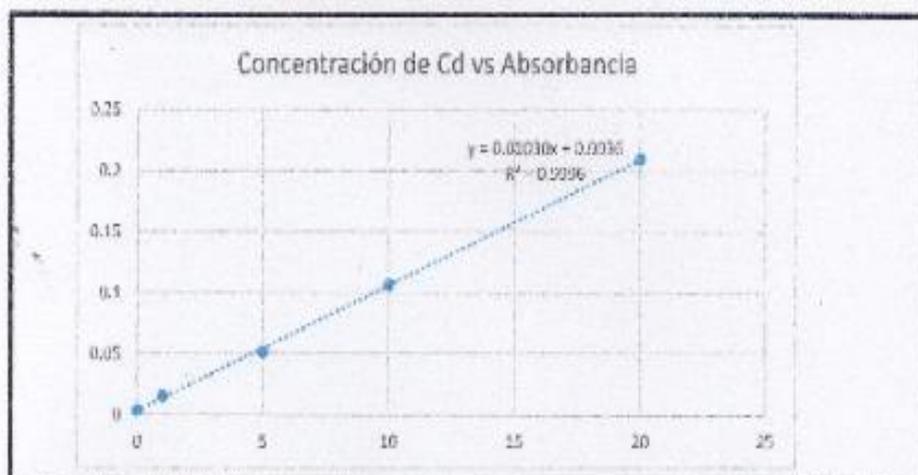
Anexo K: Informe del análisis cuantitativo de cadmio

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
91599 - 91662	23/12/2129 al 13/02/20	4:15p.m.	07:30p.m.	Papas fritas	Cadmio

VOLUMEN DE MUESTRA	20µL	LONGITUD DE ONDA	228.8 nm	PRE TRATAMIENTO	Digestión vía seca
--------------------	------	------------------	----------	-----------------	--------------------

SOLUCIONES	CONCENTRACIÓN µg/L (ppb)	ABSORBANCIA
Blanco	0	0.004
Estándar 1	1	0.016
Estándar 2	5	0.052
Estándar 3	10	0.107
Estándar 4	20	0.210



Anexo L: Informe del análisis cuantitativo 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** 44S - Pb

CÓDIGO	FECHA	HORA INICIO	HORA FINAL	MUESTRA	ANÁLISIS
91599 - 91662	23/12/2129 al 13:02/20	4:15p.m.	07:30p.m.	Papas fritas	Plomo

VOLUMEN DE MUESTRA	20µL	LONGITUD DE ONDA	217,0 nm	PRE TRATAMIENTO	Digestión vía seca
--------------------	------	------------------	----------	-----------------	--------------------

SOLUCIONES	CONCENTRACIÓN µg/L (ppb)	ABSORBANCIA
Blanco	0	0.002
Estándar 1	50	0.069
Estándar 2	100	0.133
Estándar 3	200	0.247
Estándar 4	300	0.372

