Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

Determinación de las concentraciones de plomo y cadmio en diferentes marcas de arroz (*Oryza sativa*) expendidos en el mercado Huamantanga – Puente Piedra durante el periodo noviembre- diciembre 2021

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutica

AUTORES

Ana Gabriel FLORES MAMANI

Luz Madelei NOVOA ORDOÑEZ

ASESORES

Mg. Jesús Víctor LIZANO GUTIÉRREZ

Dr. José Alfonso APESTEGUÍA INFANTES (Coasesor)

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

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

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

Referencia bibliográfica

Flores A. Determinación de las concentraciones de plomo y cadmio en diferentes marcas de arroz (Oryza sativa) expendidos en el mercado Huamantanga – Puente Piedra durante el periodo noviembre- diciembre 2021 [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2022.

Metadatos complementarios

Datos de autor 1	
Nombres y apellidos	Ana Gabriela Flores Mamani
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75782214
URL de ORCID	-
Datos de autor 2	
Nombres y apellidos	Luz Madelei Novoa Ordoñez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	48471103
URL de ORCID	-
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Jesús Víctor Lizano Gutiérrez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09148490
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-8926-1893
Datos de coasesor	
Nombres y apellidos	José Alfonso Apesteguía Infantes
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09359857
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6546-2298
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	José Antonio Llahuilla Quea
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09780810

Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Luis Alberto Inostroza Ruiz
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	18089817
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Amadeo Collado Pacheco
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07535726
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	Manuel Alberto Torres Roca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07257329
Datos de investigación	
Línea de investigación	B.2.3.2. Toxicología Alimentaria
Grupo de investigación	N/A
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Puente Piedra Latitud: -11.8635398 Longitud: -11.8635398
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2021 - 2022
URL de disciplinas OCDE	Toxicología: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.07

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO Y CADMIO EN DIFERENTES MARCAS DE ARROZ (*Oryza sativa*) EXPENDIDOS EN EL MERCADO HUAMANTANGA – PUENTE PIEDRA DURANTE EL PERIODO NOVIEMBRE- DICIEMBRE 2021

Que presentan las Bachilleres en Farmacia y Bioquímica:

ANA GABRIELA FLORES MAMANI Y
LUZ MADELEI NOVOA ORDOÑEZ

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, ha obtenido la siguiente calificación final:

Dieciséis (16) aprobado con mención honrosa

---

de conformidad con el Art. 14.º del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para la obtención del Título Profesional de Químico Farmacéutico (a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica.

JURADO EXAMINADOR Y CALIFICADOR (R.D. N.° 000676-2022-D-FFB/UNMSM)

- Dr. José Antonio Llahuilla Quea
- Mg. Luis Alberto Inostroza Ruiz
- Mg. Amadeo Collado Pacheco
- Mg. Manuel Alberto Torres Roca

Lima, 02 de diciembre de 2022.

Dr. José Antonio Llahuilla Quea
Presidente

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

INFORME DE EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE ORIGINALIDAD

1	Facultad	**FARMACIA Y BIOQUÍMICA**
2	Escuela	**FARMACIA Y BIOQUÍMICA**
3	Autoridad que emite el informe de originalidad	**Director de la Escuela Profesional**
4	Apellidos y nombres de la autoridad académica	**Luis Miguel V. Felix Veliz**
5	Operador del programa informático de similitudes	**Luis Miguel V. Felix Veliz**
6	Documento evaluado	**Tesis para optar al título profesional de Químico Farmacéutico: DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO Y CADMIO EN DIFERENTES MARCAS DE ARROZ (*Oryza sativa*) EXPENDIDOS EN EL MERCADO HUAMANTANGA - PUENTE PIEDRA DURANTE EL PERIODO NOVIEMBRE-DICIEMBRE 2021**
7	Autor(es) del documento	Bach. Ana Gabriela Flores Mamani Bach. Luz Madelei Novoa Ordoñez
8	Fecha de recepción del documento	**21/11/2022**
9	Fecha de aplicación del programa informático de similitudes	**22/11/2022**
10	Software utilizado	**Turnitin**
11	Configuración del programa detector de similitudes	**Excluye:** - **Textos entrecomillados** - **Bibliografía** - **Cadenas menores de 40 palabras**
12	Porcentaje de similitud según programa detector de similitudes	**3 % (El % de similitud debe ser ≤ 10%)**
13	Fuentes originales de las similitudes encontradas	• **Fuentes de internet varias 3 %** • **Publicaciones 3 %** • **Trabajo de estudiantes entregados a otras universidades 2 %**
14	Observaciones	Realizar la edición final de la tesis. Procede la sustentación.
15	Calificación de originalidad	**Documento cumple con los criterios de originalidad.**
16	Fecha del informe	**22/11/2022**

Nota: se adjunta archivo de reporte del sistema Turnitin en el que se resaltan las similitudes detectadas.

UNMSM
Firmado digitalmente por FELIX VELIZ Luis Miguel Visitacion FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22.11.2022 22:09:38 -05:00

Dr. Luis Miguel V. Felix Veliz

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres César y Sonia quienes me apoyaron incondicionalmente a lo largo de mi vida, impulsándome a ser mejor cada día. A mis hermanos por acompañarme en cada etapa de mi vida y darme fuerzas para seguir adelante. A mi abuelita Antonia, que desde el cielo sé que se siente orgullosa de mí, este logro también es para ti.

Ana Gabriela Flores Mamani

DEDICATORIA

A mi padre por sus sabios consejos y esfuerzo para lograr cada meta propuesta.

A mi madre por su dedicación y por demostrarme su cariño y apoyo incondicional que me permitió culminar mi carrera universitaria.

A mis hermanas por sus consejos, por acompañarme y por su apoyo moral brindado en todas las etapas de mi vida.

Luz Madelei Novoa Ordoñez

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser nuestra guía a lo largo del camino.

A nuestros profesores de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM por las enseñanzas dadas a lo largo de nuestra etapa universitaria.

A nuestros asesores Mg. Jesús Víctor Lizano G. y Dr. José Alfonso Apesteguía I. por su apoyo continuo en el desarrollo de nuestra tesis y también dedicado a aquellos investigadores de la ciencia.

A cada integrante del jurado examinador por los consejos brindados para mejorar la redacción del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE

RESUMEN xiii

ABSTRACT xiv

I. INTRODUCCIÓN 1

1.1. Planteamiento del problema 1

1.2. Objetivos 3

1.3. Importancia y alcance de la investigación 3

1.3.1. Teórica 3

1.3.2. Metodológica 4

1.3.3. Práctica 4

1.3.4. Técnica o humanística 4

1.4. Limitaciones de la investigación 4

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA 5

2.1. Marco teórico 5

2.1.1. *Oryza sativa* (arroz) 5

2.1.2. Metales pesados 8

2.1.2.1. Cadmio 9

A. Toxicocinética del cadmio 10

B. Toxicodinámica del cadmio 11

C. Efectos nocivos en la salud 12

2.1.2.2. Plomo 12

A. Toxicocinética del plomo 13

B. Toxicodinámica del plomo 13

C. Efectos nocivos para la salud 14

2.1.3. Contaminación de *Oryza sativa* por metales pesados 15

2.2. Antecedentes del estudio 15

2.3. Bases teóricas 18
2.4. Glosario de términos 19
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES 21
3.1. Hipótesis: 21
3.2. Variable(s) 21
3.3. “Operacionalización de variables” 21
IV. MATERIALES Y MÉTODOS 22
V. RESULTADOS 34
VI. DISCUSIÓN 39
VIII. RECOMENDACIONES 43
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 44
X. ANEXOS 53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del *Oryza sativa*.....7
Tabla 2. Fuentes de cadmio.....9
Tabla 3. Límite máximo permitido de cadmio en arroz según el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR 10
Tabla 4. Fuentes de exposición al Pb 12
Tabla 5. Límite máximo permitido de Pb en arroz según el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR 12
Tabla 6. Síntomas de intoxicación crónica por Pb. 14
Tabla 7. Operacionalización de la variable 21
Tabla 8. Codificación de las muestras de arroz a granel 23
Tabla 9. Lecturas de la curva de calibración de Pb.....26
Tabla 10. Condiciones espectrofotométricas 28
Tabla 11. Rampa de calentamiento del horno grafito.....29
Tabla 12. Lecturas de la curva de calibración de cadmio 30
Tabla 13. Condiciones espectrofotométricas 31
Tabla 14. Rampa de calentamiento del horno grafito.....32
Tabla 15. Concentración de Pb en diferentes marcas de arroz (*Oryza sativa*) expendidos en el mercado Huamantanga del distrito de Puente Piedra, departamento de Lima. 34
Tabla 16. Análisis de los límites máximo permitidos de concentración de plomo en arroz dados por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR.....35
Tabla 17. Concentración de cadmio en diferentes marcas de arroz (*Oryza sativa*) expendidos en el Mercado Huamantanga del distrito de Puente Piedra, departamento de Lima 36
Tabla 18. Análisis de los límites máximo permitidos de concentración de cadmio en arroz dados por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR. 37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arroz a granel.....5
Figura 2. Estructura de una espiguilla de arroz.....6
Figura 3. Producción de arroz por regiones 2010 – 2021 por toneladas.....8
Figura 4. Equipos, reactivos y materiales empleados para la cuantificación de plomo y cadmio en muestras de arroz.....25
Figura 5. Proceso de elaboración de estándares de Pb para la curva de calibración.....26
Figura 6. Curva de calibración de Pb.....27
Figura 7. Digestión de las muestras de arroz a granel.....28
Figura 8. Preparación de estándares para la curva de calibración de cadmio.....29
Figura 9. Curva de calibración de cadmio.....30
Figura 10.Digestión de las muestras de arroz a granel.....31
Figura 11. Concentración de plomo detectado en diferentes marcas de arroz a granel vs. nivel establecido por *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR.....35
Figura 12. Porcentaje de muestras de arroz que superan la concentración de plomo permisible establecido por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR.....36
Figura 13. Concentración de cadmio detectado en muestras de arroz vs. nivel establecido por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR.....37
Figura 14. Porcentaje de muestras de arroz que no superan la concentración permisible de Cd establecido por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR.....38
Figura 15: Ingreso al mercado Huamantanga.....53
Figura 16. Adquisición de muestras de arroz a granel en el centro de abastos Huamantanga.....53
Figura 17. Compra de arroz a granel en tienda de abarrotes en el centro de abastos Huamantanga.....54
Figura 18. Pesaje de arroz a granel.....54
Figura 19. Mapa de ubicación del Mercado Huamantanga ubicado en el distrito de Puente Piedra - Lima, Perú.....55
Figura 20. Acondicionado de las muestras de arroz adquiridas en el centro de abastos Huamantanga para su envío al laboratorio de análisis Cicotox.....56

Figura 21. Acondicionado de las muestras de arroz adquiridas en el centro de abastos Huamantanga para su envío al laboratorio de análisis Cicotox 56
Figura 22. Proceso de pesado de 6 g de arroz 57
Figura 23. Etapa de precalcinación hasta 350°C 57
Figura 24. Muestras llevadas a mufla para calcinación a 500°C por 8 horas.....58
Figura 25. Muestras con 10mL de solución de ácido clorhídrico 6 M.....58
Figura 26. Muestras transferidas a fiolas de 25mL diluido con agua pura 58
Figura 27. Proceso de lectura mediante EAA en horno de grafito 59
Figura 28. Lectura de muestra por absorción atómica 59

ABREVIATURAS

- **mg:** miligramo
- **kg:** kilogramo
- **D.E:** desviación estándar
- **Pb:** plomo
- **Cd:** cadmio
- **Hg:** mercurio
- **As:** arsénico
- **CICOTOX:** "Centro de Información, Control Toxicológico y apoyo a la Gestión Ambiental"
- **FAO:** *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
- **OMS:** Organización Mundial de la Salud
- **EPOC:** enfermedad pulmonar obstructiva crónica
- **Ni:** níquel
- **AOAC:** *Association of Official Agricultural Chemists* (Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales)
- **ICP-MS:** "espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente"
- **Zn**: zinc
- **PPM:** partes por millón
- **L:** litro
- **UHP:** *Ultra High Pressure*
- **mL:** mililitro
- **NM:** nivel máximo
- **mA:** miliamperio
- **SPSS:** *Statistical Package for Social Sciences*
- **Máx.:** máximo
- **Mín.**: mínimo
- **LMP:** límite máximo permisible
- **ATP:** adenosina trifosfatasa
- **EAA:** "espectroscopía de absorción atómica"

RESUMEN

A nivel ambiental podemos encontrar metales tóxicos como el Pb y Cd, estos pasan irremediablemente a los alimentos a través del agua de riego y el abono. Por ello es importante que esta información sea del conocimiento público para reducir la ingesta y que no ocasionen perjuicios en la salud humana, es por lo que el objetivo del presente estudio corresponde a determinar las concentraciones de plomo y cadmio en 20 diferentes marcas de arroz (*Oryza sativa*) a granel expendido en el centro de abastos Huamantanga del distrito de Puente Piedra en los meses de noviembre y diciembre del 2021. El estudio es de tipo no experimental, prospectivo, descriptivo y transversal. Se realizó la cuantificación de metales pesados como el cadmio y plomo en 20 marcas de arroz, por medio de una técnica instrumental denominada EAA con horno de grafito. **Resultados:** se encontró concentraciones de plomo fuera de los límites permisibles en el 95 % de las muestras, por otro lado, se encontró que las concentraciones de cadmio estuvieron dentro de los límites permisibles en la totalidad de las marcas muestreadas. Se determinó que la concentración media de Pb en las 20 marcas analizadas fue 0,409 mg/kg con una D. E de 0,199; siendo Os-a7(0,168 mg/kg) la que presentó menor concentración y la marca Os-a17(0,852 mg/kg) la que presentó mayor concentración. Asimismo, la concentración media de cadmio fue de 0,100 mg/kg con una D.E de 0,088; siendo Os – a15 (0,018 mg/kg) que presentó la menor concentración y Os – a20 (0,362 mg/kg) presentó la mayor concentración (0,362 mg/kg). **Conclusión:** La concentración promedio de plomo detectado en las muestras de arroz sobrepasa el LMP dado por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR, mientras que la de cadmio fue de 0,100 mg/kg encontrándose dentro del LMP.

Palabras clave: plomo; cadmio; espectroscopía de absorción atómica; *Oryza sativa;* mercado.

ABSTRACT

At the environmental level we can find toxic metals such as Pb and Cd, these inevitably pass to food through irrigation water and fertilizer. For this reason, it is important that this information is public knowledge in order to reduce intake and that it does not cause harm to human health, which is why the objective of this study is to determine the concentrations of lead and cadmium in 20 different brands of rice (Oryza sativa) in bulk sold in the Huamantanga supply center of the Puente Piedra district in the months of November and December 2021. The study is non-experimental, prospective, descriptive and cross-sectional. The quantification of heavy metals such as cadmium and lead was carried out in 20 brands of rice, by means of an instrumental technique called AAS with a graphite furnace. ***Results:*** *lead concentrations outside the permissible limits were evidenced in 95% of the samples, on the other hand, it was found that cadmium concentrations were within the permissible limits in all the brands sampled. It will be noted that the mean concentration of Pb in the 20 brands analyzed was 0.409 mg/kg with a D.E of 0.199; being Os-a7(0.168 mg/kg) the one that presented the lowest concentration and the brand Os-a17(0.852 mg/kg) the one that presented the highest concentration. Likewise, the mean concentration of cadmium was 0.100 mg/kg with an SD of 0.088; being Os - a15 (0.018 mg/kg) that presented the lowest concentration and Os - a20 (0.362 mg/kg) presented the highest concentration (0.362 mg/kg).* ***Conclusion:*** *The average concentration of lead detected in the rice samples exceeded the LMP given by the Codex Alimentarius and MERCOSUR, while that of cadmium was 0.100 mg/kg, being within the LMP.*

Keywords*: lead; cadmium; atomic absorption spectroscopy; Oryza sativa; market.*

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Determinación del problema de investigación

Los metales pesados son especies químicas que se distribuyen de manera muy elevada en nuestro entorno, afectando principalmente a las especies vegetales, ya que se almacenan en estas, de manera muy amplia abarcando cada uno de sus órganos, a excepción de los granos o semillas que presentan una menor proporción (1). El arroz (*Oryza sativa*) es un cereal que se encuentra incluido en la dieta de todo ser humano, principalmente en el continente asiático y americano, siendo el Perú uno de los países que más lo consume, es por esta razón que se debe realizar un seguimiento y monitoreo del cultivo de estos, así como los factores de contaminación por Pb y Cd (2).

A nivel internacional, el primer caso de intoxicación por consumo de arroz contaminado por cadmio se registró en Japón durante el año de 1920, debido a que los niveles de este metal se encontraron entre los 0,30 a 0,49 mg/kg. En 1968 el Ministerio de Salud de ese país indico que 388 personas fueron víctimas potenciales y se denominó a esta patología como *itaí - itaí*, siendo las mujeres, la población más vulnerable, que manifestaron severos síntomas como dolor severo y fracturas en huesos (3). En el año 2012, se realizó una encuesta China, desarrollado por su ministerio de agricultura, para evaluar la calidad de sus plantaciones de arroz, dicha encuesta reveló que aproximadamente el 10 % de muestras analizadas se encontraban contaminadas con Cd y que superaron el LMP de 0,2 mg/kg (4). En Europa, se evaluaron los niveles de este metal en el arroz y solo en Italia se superó los límites establecidos con una mediana de 25,7 µg/kg sobre la mediana mundial de 19,0 µg/kg (5).

A nivel regional, en Colombia, un estudio determinó que el arroz es consumido por aproximadamente el 73 % de la población. Este cereal ha llamado la atención de la comunidad científica debido a la posibilidad de contaminación por metales pesados inducida por procesos tanto antropogénicos como naturales en el grano del cereal. La exposición prolongada a estos metales puede provocar cáncer de pulmón, de estómago, de riñón y de piel (6). La existencia de los metales tóxicos en el medio

ambiente (agua, suelo y aire) es un tema de preocupación que afecta la seguridad alimentaria y por lo tanto pone en riesgo la salud pública a escala sudamericana, y es una de las principales causas de enfermedad en esta región del mundo. Por ello, se debe prevenir y disminuir en el futuro la presencia de los agentes tóxicos tales como mercurio, arsénico, plomo y cadmio en el ecosistema y alimentos. Es necesario identificar las fuentes de contaminación, la exposición de los organismos vivos y la acumulación y retención de contaminantes en los alimentos y productos de consumo (7).

A nivel nacional, en la Amazonía peruana la minería aurífera deja sus estragos a nivel ambiental ya que se han observado concentraciones de metales pesados en el suelo y en cultivos agrícolas que están por encima de los niveles máximos permitidos por la FAO/OMS. Por ello, es fundamental examinar, controlar y restringir la comercialización de los productos agrícolas cultivados en estas zonas contaminadas por la minería del oro, a fin de evitar el desarrollo de la toxicidad en los seres humanos (8). El cadmio y plomo al ser unos de los principales contaminantes del arroz, por factores mineros, agrícolas o industriales, llegan a afectar el medio ambiente y los suelos de cultivo siendo lo más sustancial la bioacumulación en las plantas, en consecuencia, llegan al organismo por la cadena alimenticia causando intoxicaciones y diversas afecciones patológicas. Por consecuencia, se tiene de 400 a 1000 veces más plomo en el organismo a comparación de año anteriores, producto de la presencia desproporcionada de este metal en especies vegetales de consumo humano (1).

El Perú es uno de los países con mayor mercado de consumo; siendo el tercer alimento más consumido, en un promedio anual de 70 kg por habitante (9).

Por los datos expuestos anteriormente la presente investigación tiene como finalidad determinar las concentraciones de plomo y cadmio de diferentes marcas de arroz a granel que fueron expendidas en el centro de abastos Huamantanga del distrito de Puente Piedra, departamento de Lima y realizar una comparación con el *Codex Alimentarius* y los parámetros dictados por el MERCOSUR.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de concentración de Pb y Cd en las diferentes marcas de arroz (*Oryza sativa*) expendido a granel en el centro de abastos Huamantanga del distrito de Puente Piedra durante el periodo noviembre – diciembre 2021?

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar las concentraciones de Pb y Cd en diferentes marcas de arroz (*Oryza sativa*) expendidas a granel en el mercado Huamantanga del distrito de Puente Piedra durante el periodo noviembre – diciembre 2021

1.2.2. Objetivos específicos

1) Determinar la concentración de Pb en diferentes marcas de arroz a granel (*Oryza sativa*) expendidos en el mercado Huamantanga del distrito de Puente Piedra.
2) Comparar la concentración de plomo en diferentes marcas de arroz a granel con el LMP indicado por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR.
3) Determinar la concentración de cadmio en diferentes marcas de arroz a granel (*Oryza sativa*) expendidos en el mercado Huamantanga del distrito de Puente Piedra.
4) Comparar la concentración de cadmio en diferentes marcas de arroz a granel (*Oryza sativa*) con el LMP indicado por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR.

1.3. Importancia y alcance de la investigación

1.3.1. Teórica

El presente estudio pretende actualizar conocimientos teóricos sobre la contaminación con plomo y cadmio, metales altamente tóxicos para el ser humano, así como su influencia en los alimentos como el arroz, debido a que estos metales emitidos por las diferentes industrias han estado contaminando el medio ambiente, y como consecuencia pueden afectar la salud de la población.

1.3.2. Metodológica

No aplica.

1.3.3. Práctica

En el aspecto práctico, los resultados obtenidos de este estudio serán útiles para conocer sobre la situación actual de contaminación por metales en las diferentes marcas de arroz y aportar nueva información en materia de salud pública nacional.

1.3.4. Técnica o humanística

Este estudio aporta conocimiento sobre la importancia y necesidad de las técnicas instrumentales como la espectrofotometría de absorción atómica y su aplicación en el sector de la salud, así como en la prevención de procesos patológicos por la identificación de metales pesados en alimentos.

1.4. Limitaciones de la investigación

1.4.1. En este estudio no es necesario hacer un análisis de causalidad para examinar las variables, por lo que será importante realizar un estudio posterior para investigar esta característica, a raíz de este hallazgo.

1.4.2. Previo a esta investigación y a la metodología que se utilizará para realizar la evaluación propuesta, no se tiene certeza de que se haya aplicado en el Estado Peruano, específicamente en los últimos diez años, lo que impide tener una idea de lo que se puede esperar al aplicar este análisis.

1.4.3. Dado que se trata de un estudio transversal, la información servirá como una instantánea del estado actual de las cosas, y no será factible prever los resultados a lo largo del tiempo.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Marco teórico

2.1.1. *Oryza sativa* (arroz)

Es uno de los alimentos con una alta tasa de cultivo a nivel mundial y es considerado en muchos países como uno de los alimentos infaltables en la mesa de cada hogar. Se distribuye en todos los continentes y su crecimiento es en zonas con clima templado, principalmente en regiones áridas del Perú u otros tipos de climas (8). Aproximadamente más del 50% de la población a nivel mundial consume este cereal, sobre todo en países donde existe la superpoblación como China e India. Por lo que este grano es el segundo más producido a nivel global, siendo superado por el trigo (10).

Según datos históricos, el arroz proviene originalmente de la India, pero a través de los años paso a China para luego ser distribuido de manera cosmopolita. Su principal hábitat consta de áreas templadas, es de ahí donde se produce el 90 % de su producción, debido a los factores ambientales como la humedad, luz solar, etc.; y factores humanos como el riego controlado (11).



Figura 1. Arroz a granel.
Fuente: elaboración propia, octubre del 2022.

2.1.1.1. Características botánicas de *Oryza sativa*

La planta de arroz presenta tallos cilíndricos, con hojas lineales y planas. Crece principalmente en terrenos sumergidos bajo agua (12).

A. Raíces: son fibrosas, delgadas y fasciculadas. Presenta dos tipos: la seminal, primaria o temporal, que son de poca ramificación, y las raíces secundarias, adventicias o permanentes, que se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven (13).

B. Tallo: es herbáceo, cilíndrico y hueco, constituye la estructura primordial de la planta, el cual puede medir entre 50 y 180 cm de altura, dependiendo de la variedad. En la etapa temprana de la planta, el tallo es muy corto y se encuentra bajo tierra, luego de 55 días sale a la superficie (13).

C. Hoja: son envainadoras, planas y con el limbo lineal. Estas se encuentran de manera alterna en el tallo, la hoja más alta recibe el nombre de hoja panicular o bandera (13).

D. Flores: se hallan agrupadas en una inflorescencia designada panícula (comúnmente, mal llamada espiga). Las flores pueden catalogarse en abiertas, compactas e intermedias (13).

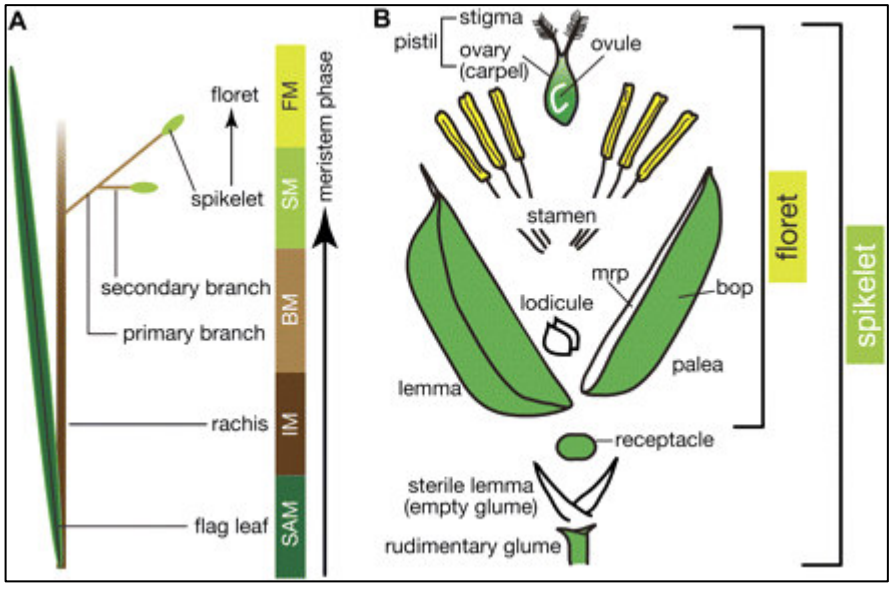


Figura 2. Estructura de una espiguilla de arroz (14).

2.1.1.2. Taxonomía de *Oryza sativa*

Con el transcurso de los años la taxonomía ha ido cambiando según las investigaciones realizadas, se llega a la clasificación del arroz de la siguiente manera (15).

Tabla 1. Taxonomía del *Oryza sativa* (15).

Reino	***Plantae***
División	*Magnoliophyta*
Subdivisión	*Magnoliophytina*
Clase	*Liliopsida*
Subclase	*Liliidae*
Superorden	*Commelinanae*
Orden	*Poales*
Familia	*Poaceae*
Subfamilia	*Oryzoideae*
Tribu	*Oryzeae*
Género	*Oryza*
Especie	*O. sativa Linn*

2.1.1.3. Producción de arroz en el Perú

En el año 2021 el Perú ocupó el lugar N° 21 en producción de arroz a nivel internacional, lista que encabezaron países como China, India y Bangladesh (16).

A nivel nacional el arroz se cultiva en la costa y selva peruana. Hasta el año 2016 más del 55 % del arroz producido provenía de la costa, pero en los años posteriores la mayor producción se ha desplazado hacia la selva peruana dejando la participación de la costa en un 48 %. En cuanto a la producción de arroz en la costa peruana el mayor porcentaje proviene de la costa norte del país, cerca al 84 %, en el siguiente orden de mayor a menor producción: Piura, Lambayeque, La Libertad, Tumbes y Ancash, en tanto que en la selva la mayor producción se obtiene de la selva alta, cerca al 90 % en el siguiente orden de mayor a menor producción: San Martín, Amazonas, Cajamarca, Huánuco, Cusco, Pasco, Junín, Puno, Ayacucho; siendo San Martín el departamento con mayor producción de arroz, siendo el primer departamento productor de arroz desde el año 2013 (16).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
TOTAL	**2 831 374**	**2 624 458**	**3 043 330**	**3 025 853**	**2 895 794**	**3 124 137**	**3 165 749**	**3 038 766**	**3 557 900**	**3 190 969**	**3 434 199**	**3 472 772**
Costa Norte	**1 376 875**	**1 165 678**	**1 529 004**	**1 504 609**	**1 247 928**	**1 481 511**	**1 513 292**	**1 174 395**	**1 595 297**	**1 243 295**	**1 417 835**	**1 515 894**
Tumbes	128 642	141 607	134 849	103 338	142 954	129 016	124 497	123 537	129 194	122 489	113 030	126 255
Piura	499 845	383 315	607 847	550 431	356 507	503 241	589 687	378 864	513 515	397 493	417 734	582 407
Lambayeque	407 735	282 236	421 038	428 352	328 789	455 188	399 038	400 575	481 921	328 520	429 615	436 483
La Libertad	304 003	322 520	335 560	365 440	362 858	344 536	334 920	206 995	387 546	328 797	384 270	296 526
Ancash	36 650	36 000	29 710	57 048	56 820	49 530	65 150	64 425	83 120	65 996	73 185	74 223
Costa Sur	**245 950**	**257 559**	**241 328**	**259 574**	**266 039**	**263 434**	**250 051**	**281 393**	**276 595**	**278 894**	**284 336**	**279 735**
Arequipa	245 950	257 559	241 328	259 574	266 039	263 434	250 051	281 393	276 595	278 894	284 336	279 735
Selva Alta	**1 086 668**	**1 067 802**	**1 122 773**	**1 144 377**	**1 264 040**	**1 282 397**	**1 273 330**	**1 409 977**	**1 511 684**	**1 468 719**	**1 553 230**	**1 496 440**
Cajamarca	217 976	216 413	214 768	212 992	207 966	200 309	195 641	186 759	190 269	182 846	172 053	179 138
Amazonas	322 878	282 120	286 289	329 614	366 648	351 620	307 947	327 568	454 266	468 946	471 614	397 490
San Martín	500 284	522 621	575 558	559 829	647 449	682 497	710 287	822 885	797 767	764 954	863 282	875 718
Huánuco	31 645	33 086	32 048	28 744	27 996	34 554	48 301	63 157	62 232	45 827	40 453	38 489
Pasco	2 954	2 994	2 975	4 279	4 602	4 783	3 881	3 169	2 215	1 825	1 566	1 727
Junin	7 185	6 882	6 515	5 634	5 721	4 575	3 959	4 255	2 207	2 176	1 906	1 716
Ayacucho	980	769	1 015	693	638	345	201	173	120	91	56	27
Cusco	1 992	2 063	2 672	1 856	2 588	3 250	2 598	1 827	2 399	1 847	2 148	1 988
Puno	773	855	933	737	431	463	516	183	209	208	154	147
Selva Baja	**121 880**	**133 418**	**150 225**	**138 212**	**118 605**	**124 066**	**129 075**	**173 001**	**174 325**	**200 061**	**178 798**	**180 694**
Loreto	85 918	103 403	123 957	112 285	87 293	92 286	96 716	101 205	107 807	103 958	105 065	106 581
Ucayali	28 850	25 018	21 199	20 124	25 716	26 729	26 934	66 198	59 595	89 454	66 241	67 128
Madre de Dios	7 112	4 997	5 069	5 804	5 596	5 052	5 425	5 598	6 924	6 649	7 493	6 985

Figura 3. Producción de arroz por regiones 2010 – 2021 por toneladas (16).

2.1.2. Metales pesados

Son elementos químicos ampliamente distribuidos por el medio ambiente y que poseen propiedades físicas excepcionales como su densidad que es cinco veces mayor a la del agua (1). Entre sus principales características, están la sobreacumulación que tienen en las plantas, su prolongada estancia en el medio, debido a su difícil periodo de degradación natural, y finalmente solo se requiere pequeñas dosis para ocasionar graves efectos a todo tipo de ser vivo. Muchas de estas características son posibles debido a su paso a través de la cadena alimenticia de muchas especies (17).

Es por eso que, a nivel mundial, existe una gran preocupación por el aumento de estos contaminantes, como: níquel, plomo, cadmio, cromo y mercurio, debido a que su alta toxicidad y persistencia indefinida en el medio ambiente, altera muchas veces de manera irreversible a la fauna, flora e incluso poblaciones humanas a través de su ingreso a la cadena alimenticia (14).

2.1.2.1. Riesgos para la salud

Uno de las mayores consecuencias del contacto con estos elementos tóxicos es la manifestación de enfermedades oncológicas. A pesar que nuestro organismo también necesita de estas sustancias, los niveles elevados de estos podrían alterar el metabolismo de nuestro cuerpo desencadenando una serie de alteraciones en

nuestra salud (18). Es por ello que no se debe consumir o adquirir altos niveles de micronutrientes esenciales como el cobalto, cromo, cobre, hierro, entre otros, debido a los potenciales efectos tóxicos que estos causarían, pero además se debe tener mayor precaución en los metales pesados no esenciales como antimonio, arsénico, berilio, cadmio, etc. (19).

Actualmente existe una gran variedad de compuestos nocivos a los que el ser humano está expuesto como consecuencia de la contaminación ambiental, que se produce en todo el mundo. Los metales pesados son perjudiciales para los seres humanos y el medio ambiente, siendo utilizados indiscriminadamente lo que puede causar graves problemas de salud infligiendo graves daños al organismo, sobre todo al sistema neurológico, y su toxicidad se atribuye a la capacidad de ciertos metales de generar radicales libres e inducir la desnaturalización de las proteínas, entre otras cosas (20).

2.1.2.1. Cadmio

Es un metal pesado que se ubica en el grupo IIB de la tabla periódica, se puede hallar de manera natural en la corteza terrestre. También se puede obtener como un subproducto de procesos metalúrgicos y como desecho de actividades humanas como la industria (7). Este elemento afecta negativamente la homeostasis de las especies vegetales debido a que su concentración en el interior de estas altera el paso de sus nutrientes. Pero a su vez, la excesiva acumulación de este metal por ciertas plantas ha pasado a considerarse un proceso favorable debido a la capacidad de fitorremediación que estas tienen (7).

Tabla 2. Fuentes de cadmio (19).

Provenientes del hombre	Proveniente de la naturaleza
a. Fertilizantes fosfatados y nitrogenados b. Minería c. Componentes electrónicos d. Baterías e. Industria metalúrgica y veterinaria f. Incineración de polímeros y materia orgánica g. Combustión de derivados del petróleo	a. Actividad volcánica b. Rocas c. Incendios

Este agente tóxico relacionado con la actividad industrial tiene las características toxicológicas más peligrosas:

a. Efectos contraproducentes en la salud humana y ambiental.
b. Sobreacumulación en las plantas.
c. Se mantiene en el medio por largos períodos de tiempo.
d. Se distribuye de manera amplia a través del viento y agua.

El cadmio es considerado como el metal pesado que más se acumula en las plantas, por otro lado, también ocasiona alteraciones bioquímicas como el transporte de nutrientes en estos seres vivos (18).

Tabla 3. Límite máximo permitido de cadmio en arroz según el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR (21).

Alimento	Límite máximo (mg/kg)
Arroz y sus derivados	0,40

A. Toxicocinética del cadmio

La vía de absorción más importante, que tiene el cadmio para ingresar al organismo humano es la respiratoria (absorbe del 30 al 50 % de cadmio inhalado), mientras que la vía digestiva solo absorbe un 10 % de este; estas serían las dos vías principales de absorción de este metal, aunque existen factores que la aumentarían, como la edad, el estado de ayuno y la dieta deficiente de otros nutrientes como el hierro, calcio, o proteínas, esto provocaría que luego pase a la circulación uniéndose en un 70 % a los eritrocitos y en 15 % a proteínas plasmáticas, llegando a afectar órganos como el hígado y riñones (22).

El cadmio en el cuerpo, ocasionaría desplazamiento de otros metales esenciales que sirven como cofactores para las enzimas, también reaccionarían químicamente con otros compuestos como grupos sulfhidrilo, con los cuales formaría proteínas cortas las cuales afectarían a los riñones, alterando su fisiología y evitando la reabsorción de sustancias útiles como iones de potasio y calcio, es por ello que este órgano es el más afectado en las personas intoxicadas por este metal (20). El

daño producido en este órgano aumentaría la excreción urinaria de proteínas, así como del calcio, produciendo descalcificación en el organismo. La excreción natural del cadmio se produce por las heces y la orina; y aun no existe evidencia de su secreción o transferencia a través de la leche materna (23).

La vida media biológica del cadmio es de 30 a 40 años (24), de manera que en casos de exposición persistente la concentración de este elemento químico aumentaría en los órganos del ser humano (25).

B. Toxicodinámica del cadmio

El cadmio es un agente tóxico que tiene la facultad de desplazar a metales esenciales en las reacciones enzimáticas en procesos biológicos de importancia. Se conoce que el órgano blanco de este metal es el riñón, específicamente el epitelio del túbulo renal lo cual lo convierte en un órgano crítico y de importancia en la bioacumulación en el ser humano. (25)

El daño a nivel renal puede aumentar la eliminación de proteínas totales hasta 10 veces y proteínas de bajo peso molecular como la β2 microglobulina hasta en 100 veces. La presencia de cadmio en la sangre también genera la eliminación de calcio, aunado a ello la disminución de su reabsorción ocasiona en el ser humano la descalcificación (25), pudiendo provocar osteoporosis (19)

A nivel enzimático, específicamente en la actividad de las carboxipeptidasas se han referido alteraciones, tales como interferencia en la asimilación del hierro por disminución de las concentraciones disponibles de hemoglobina lo cual tiene un carácter reversible. (2) (25)

La afinidad del Cd por radicales libres tales como histidil, carboxilo, hidroxilo, etc y debido a su capacidad de competir con metales esenciales como Zn, Fe, Ca y Cu hacen de este metal un componente tóxico siendo la unión con el radical sulfhidrilo la más importante ya que inhibe a las moléculas enzimáticas que contienen este grupo y el desplazamiento de Zn de los enlaces “–S”, dejando sin funcionalidad a las enzimas que contienen este grupo funcional (25)

C. Efectos nocivos en la salud

Algunas de las patologías reportados por exposición a cadmio son osteoporosis, patologías a nivel intestinal, renal y anemia, especialmente en mujeres que han pasado la menopausia. En cuanto a la exposición por inhalación, se han presentado casos de rinitis, bronquitis o enfisema, que pueden conducir a un EPOC. Otros efectos negativos son: efectos cardiovasculares, alteraciones endocrinas, manifestaciones oncológicas, teratogénesis, etc. (26)

2.1.2.2. Plomo

Es un elemento químico metálico altamente tóxico presente en un gran número de actividades desempeñadas por el hombre, agricultura, producción de baterías, fundición, pinturas, combustibles (27). Su absorción es por ingestión, inhalación y contacto con la piel. Su rápida distribución produce daños en dientes y huesos, así como a nivel del sistema nervioso central, produciendo convulsiones y finalizando en el fallecimiento del paciente (28).

Tabla 4. Fuentes de exposición al Pb.

Actividades humanas	Hábitos/ dieta	Agua potable	Fuentes domésticas
Baterías, pinturas, esmaltes, combustibles fósiles y municiones de armas.	Fumadores constantes, y suelos agrícolas cercanos a zonas mineras.	Sistema de tuberías a base de plomo.	Productos para niños, cosméticos, etc.

Tabla 5. Límite máximo permitido de Pb en arroz según el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR (21)

Alimento	Límite máximo (mg/kg)
Arroz y sus derivados	0,20

A. Toxicocinética del plomo

El 90% del plomo que se absorbe se transporta como un complejo proteico en el interior del glóbulo rojo el cual tiene un tiempo de vida media estimado de dos a tres semanas. Este se desplaza en el organismo a través del hígado y riñón en forma de fosfato, de manera que puede alcanzar su destino en la bilis y sistema óseo (30).

Existen diversos factores que pueden influenciar la absorción del plomo en el organismo, los cuales son: la ruta de exposición, características químicas del metal, la edad, el estado fisiológico, el estado nutricional de Ca y Fe en ayunas contribuye a la asimilación de Pb el cual tiene una absorción a nivel respiratorio y gastrointestinal. Posterior a su absorción este metal tóxico se traslada hacia los tejidos blancos y plasma sanguíneo. Habiendo llegado al plasma el plomo se vuelve a distribuir en el organismo ya que este se almacena en el tejido óseo y luego se distribuye hacia el plasma sanguíneo, de igual manera a nivel renal e intestinal. El plomo que no se retiene en el organismo es excretado a través de orina y heces (30).

El sistema esquelético es la principal fuente de reserva de plomo en el organismo, el cual puede liberarlo en el plasma sanguíneo y dar lugar al aumento de este metal a nivel sanguíneo. Existen diversos eventos desencadenantes de liberación de plomo en el plasma sanguíneo los cuales son: etapa de embarazo, menopausia, edad avanzada, enfermedades óseas como la osteoporosis o en periodos de inmovilización. (30).

B. Toxicodinámica del plomo

Los riñones, el sistema hematopoyético y el sistema nervioso central, son los más afectados por este metal. (31) (32). El plomo actúa en el organismo de las siguientes formas:

A. Se une con un gran número de proteínas enzimáticas que participan a nivel receptor y estructural debido a que tiene alta afinidad con el grupo funcional sulfhidrilo (31)
B. Dada su similitud química con los metales esenciales Ca y Zn se interpone en rutas metabólicas protagonizadas por el calcio, inhibiendo los canales de

calcio como la ATP. El plomo puede causar lesión mitocondrial produciendo apoptosis y generando un efecto mutagénico. (31)

A nivel neurológico el plomo se comporta como un segundo mensajero intracelular debido a que es químicamente similar al calcio, de esta forma activa la proteína C quinasa afectando así el crecimiento y diferenciación celular y alterando la barrera hematoencefálica, asimismo el plomo tiene la habilidad de unirse a la calmodulina una proteína reguladora, dado ello el nivel de calcio intracelular se ve alterado lo cual tiene consecuencias a nivel de la neurotransmisión y el tono vascular lo cual da razón de la hipertensión y neurotoxicidad causada por plomo. (32)

A nivel sanguíneo el Pb se interpone en la formación del grupo hemo debido a que interfiere a nivel enzimático y altera la membrana celular de los eritrocitos. (31)

C. Efectos nocivos para la salud

En el organismo humano, este metal, se deposita en el tejido óseo y puede permanecer ahí por más de 20 años. La población más vulnerable son los niños, debido a que absorben más concentración de este metal que los adultos, ocasionándole problemas cognitivos, así como problemas digestivos y renales (31). La intoxicación aguda afecta a nivel neurológico, renal y sanguíneo al paciente mientras que la intoxicación crónica presenta los síntomas mencionados a continuación (19).

Tabla 6. Síntomas de intoxicación crónica por Pb (19) (31) (32).

A nivel gastrointestinal	dolor abdominal, estreñimiento
Hematopoyéticos	anemia
A nivel cardiológico	Hipertensión arterial
A nivel del sistema esquelético	Deterioro del crecimiento óseo y estatura reducida
A nivel del SNC	dolor de cabeza, irritabilidad, convulsiones, encefalopatías, ataxia, mareos, ansiedad, alteración del humor.
A nivel renal	nefritis intersticial, hipofosfatemia, albuminuria, hematuria, etc.
A nivel del sistema reproductor	infertilidad, aborto espontáneo, muerte fetal, nacimiento prematuro etc.
En el recién nacido	alteraciones en el peso, a nivel cerebral y aumento de mortalidad en primer año de vida

2.1.3. Contaminación de *Oryza sativa* por metales pesados

La actividad humana como la minería o la generación de residuos por las diversas industrias impactan de manera negativa en el ecosistema, debido a la emisión de sustancias químicas que alteran el suelo, aire y agua, así como a las plantas (33). Estas últimas acumulan en su interior una gran cantidad de dichas sustancias químicas como metales tóxicos, proceso que se da a partir de los siguientes pasos:

A. La obtención de los metales pesados por parte de las raíces a través del suelo contaminado.
B. El traslado de estas especies químicas tóxicas a través de las células corticales de la raíz.
C. El transporte desde las células corticales hasta el xilema llegando así hasta el tallo.
D. El paso de metales hacia las hojas y posteriormente hacia los órganos de almacenamiento utilizados como alimento (tubérculos, bulbos, etc.)

Este proceso de almacenamiento y contaminación de las plantas también afecta a los animales, principalmente, herbívoros, que se alimentan de estas plantas y que luego algunos de estos animales serán también de consumo humano (33).

El desarrollo industrial, así mismo como el acelerado y desordenado crecimiento urbano en algunas ciudades del planeta, han provocado que aumenten los niveles de contaminación a causa de los metales pesados (34).

2.2. Antecedentes del estudio

Sinchi (35) realizó un estudio en 6 estaciones de los cantones de Daule y Nobol, provincia de Guayas, Ecuador, en el cual determinó los niveles de Pb en el suelo y plantas de arroz proveniente de cada estación. El Pb se determinó mediante la técnica de EAA. Como resultado se obtuvo que la mayor concentración de plomo en el suelo es de 47,65 ± 8,93 mg/kg perteneciente al cantón de Daule, lo cual superó el LMP de 19 mg/kg según su normativa nacional; y la mayor concentración de plomo en grano fue de 10,69 ± 1,98 mg/kg perteneciente al cantón de Nobol mientras que en el cantón Daule la máxima concentración encontrada fue de 10,10 ± 6,72 mg/kg Asimismo, se encontró concentraciones de plomo en plantas

encontrándose en mayor cantidad en raíces, seguida por tallo, hojas y grano. Lo cual indica la existencia de un peligro para la salud humana.

Roya y Ali (36) investigaron la concentración de As, Pb y Cd contenido en 210 muestras de 10 marcas de arroz importadas de India y Pakistán que eran comercializadas en tiendas minoristas de Torbat-Heidarieh, Irán. Las concentraciones medias de los elementos investigados en las muestras estuvieron en el rango de 0,048 – 0,314 mg/kg para As, 0,085 - 0,385 mg/kg para Cd y 0,223 - 1,961 mg/kg para Pb. Los resultados indicaron que los valores medios de Pb y cadmio en el arroz importado fueron considerablemente más altos que el límite de seguridad establecido por la FAO/OMS.

Liu et. al. (37) en su estudio recolectaron 165 muestras comerciales de arroz de Sri Lanka para determinar su contenido de cadmio, arsénico y plomo, donde los resultados revelaron que los niveles promedio de Cd, As y Pb en arroz comercial fueron 0.080 ± 0,130 mg/kg; 0,077 ± 0,040 mg/kg y 0,031 ± 0,050 mg/kg, respectivamente, con rangos de 0,003 - 0,727 mg/kg, 0,019 – 0,217 mg/kg y 0,001 – 0,345 mg/kg (expresado en peso seco), respectivamente.

Shokrzadeh *et al.* (38) en su investigación evaluaron los niveles plomo, cadmio y cromo en tres variedades de arroz: Jamshid, Hashemi y Mosa Tarom recolectadas en 5 áreas en Astaneh-Ashrafieh. Se usó la EAA en llama para la cuantificación de estos metales tóxicos. En la totalidad de muestras analizadas se encontraron niveles de plomo superiores a los LMP, y la de mayor concentración fue en Mosa Tarom. Por otro lado, en el 100% de muestras de arroz se encontró que los niveles de cadmio estaban por debajo de los valores permisibles y Hashemi fue la variedad con la menor cantidad de Cd.

Dehghani y Mosaferi (39) investigaron el nivel de Cd, As y Pb en 75 muestras de arroz consumido en la provincia de Hormozgan. Se seleccionaron muestras de arroz iraní, paquistaní e indio, las cuales fueron analizadas al azar, las concentraciones medias de arsénico, plomo y cadmio fueron 0,045; 0,057 y 0,022 mg/kg, respectivamente. El nivel más alto de arsénico se encontró en el arroz indio no autorizado con 0,033 mg/kg y el nivel máximo de plomo se observó en la muestra pakistaní no autorizado con 0,070 mg/kg. En conclusión, debido al alto consumo de

arroz en el país es importante elegir productos seguros para evitar el efecto acumulativo de estos metales.

Choquenaira et al. (40) en su trabajo de investigación determinó la concentración presente de plomo y cadmio por voltamperometría en 16 muestras de trigo, arroz y sus productos procesados de cuatro mercados de Arequipa (Andrés Avelino Cáceres, San Camilo, Los incas y Altiplano) y evaluó su potencial riesgo para la salud. Según Choqueinara las concentraciones máximas de Pb en arroz, trigo y sus productos procesados fueron 4,821 mg/kg, 7,962 mg/kg, 4,717 mg/kg y 6,440 mg/kg, respectivamente; sólo siete muestras mostraron Cd. Todas las muestras excedieron el nivel permitido para Pb, y cuatro muestras excedieron el nivel máximo permitido para Cd regido por el *Codex Alimentarius*; las muestras de arroz presentaron los valores más altos de plomo y cadmio.

Fernández y Fernández (41) en su informe de investigación analizaron las concentraciones de metales pesados por uso de productos químicos agrícolas en aguas de riego, suelo y granos de arroz mediante un estudio de revisión. En el cual Fernández y Fernández concluyeron que la contaminación por As y Cd en los 3 tipos de muestras analizadas se encuentran por encima del LMP de la normativa, lo cual implica un riesgo en el medio ambiente y asimismo en la seguridad alimentaria de quienes consumen este alimento.

Tineo (33) en su tesis, determinó los niveles de plomo, cadmio y otros metales en suelos agrícolas de arroz y granos de arroz de la margen izquierda del valle del río Tumbes, para ello recolectó 30 muestras de arroz y 30 muestras de suelos agrícolas y determinó la concentración mediante la técnica de análisis de espectroscopía de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). Obteniendo como resultado niveles promedio de Cd en suelo de 0,26 mg/kg y de Pb 6,17 mg/kg, en arroz la concentración mínima encontrada de Cd fue de 0,04 mg/kg mientras que el valor máximo fue de 1,55 mg/kg y la concentración mínima de Pb fue de 0,13 mg/kg mientras que la concentración máxima encontrada fue de 0,28 mg/kg. Concluyendo que existe una elevada prevalencia de Cd y Pb en los suelos agrícolas como en las muestras de arroz.

Cámara (34) En su trabajo de investigación cuantificó las concentraciones de Zn, As, Pb y Cd en un total de 14 muestras de arroz recolectadas de España, la

cuantificación se realizó por espectroscopía de masas con plasma acoplado por inducción (ICP-MS) que tiene como sensibilidad 0,1 µg/kg. En dicha investigación se encontró que el valor más bajo de Cd fue de 0,131 mg/kg de arroz y la más alta fue 0,662 mg/kg, con respecto a los niveles de plomo estos fueron menores a 0,1 µg/kg, por lo que con respecto a cadmio hubieron muestras que superaron el LMP indicado por el MERCOSUR y *Codex Alimentarius*.

Chumbipuma y Chuchón (30) en su trabajo de investigación realizaron la cuantificación de As, Pb y Cd en 30 diferentes marcas de arroz usando la técnica de EAA obteniendo como resultado que los valores promedio de plomo y cadmio fueron 0,1943 y 0,3626 mg/kg respectivamente, siendo el valor máximo de plomo encontrado 0,5 mg/kg de arroz, por otro lado el valor máximo de cadmio encontrado fue de 0,77 mg/kg; por lo cual en esta investigación se determinó que hay marcas que superan los LMP establecidos por el reglamento técnico MERCOSUR y el *Codex Alimentarius*.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Espectroscopía de absorción atómica

Es un método utilizado para la cuantificación de metales pesados y también para la determinación de concentraciones de casi la totalidad de elementos químicos (42)

2.3.1.1 Fundamento: Su fundamento se basa en que el átomo es capaz de absorber energía a cierta longitud de onda, ello genera que salte de un estado estable a uno menos estable lo cual se denomina estado excitado, al ser su naturaleza permanecer en su estado fundamental el átomo regresará a su configuración inicial, emitiendo energía radiante en este proceso (43) dicha energía emitida es única para cada elemento (44).

2.3.2. Espectroscopia de absorción atómica en horno de grafito

Es una técnica utilizada principalmente para la cuantificación de metales (que se espera encontrar como nanopartículas) aprovechando su posibilidad de analizar líquidos y sólidos complejos directamente sin tediosos pasos previos, lo que la convierte en una solución rápida y directa (45). Junto con la EAA con llama es uno

de los métodos de cuantificación más utilizados para atomizar la muestra lo cual mejora la sensibilidad llegando a obtenerse valores en unidades de ppb (46).

Fundamento: basado en que cada elemento absorbe luz radiante a cierta longitud de onda y la radiación absorbida está relacionada directamente con el total de átomos del elemento químico, el proceso de atomización se realiza en horno de grafito para alcanzar temperaturas de hasta 1600 °C (46).

Los pasos previos para la absorción atómica son:

A. Secado: El primer paso es inyectar la muestra en "tubo de grafito" el cual es llevado a temperaturas inferiores al punto de ebullición del solvente (generalmente entre 80 °C - 180 °C), esta etapa tiene como objetivo la vaporización del solvente.
B. Calcinado: es el siguiente paso en el cual se eleva la temperatura con la finalidad de remover materia orgánica de la muestra tanto como sea posible, sin afectar al elemento en cuestión, la temperatura se encuentra en el rango de 350 °C – 1600 °C)
C. Atomización: etapa en la cual el horno se calienta rápidamente a temperaturas más elevadas (1800 °C - 2800 °C) con el fin de vaporizar los restos de la etapa de calcinación. En este proceso las moléculas se descomponen en la ruta del paso óptico, en esta etapa se determina la absorbancia. Cabe mencionar que la T° de atomización es diferente para cada elemento dependiendo de su volatilidad (46).

2.4. Glosario de términos

2.4.1. Arroz: es uno de los cereales con una alta tasa de cultivo a nivel mundial y es considerado en muchos países como uno de los alimentos infaltables en la mesa de cada hogar. Se distribuye en todos los continentes, y su crecimiento es en zonas con clima templado, excepcionalmente en regiones áridas del Perú (bajo riego) u otros tipos de climas (15).

2.4.2. Cadmio: es un elemento químico del grupo de los metales pesados, se puede hallar de manera natural en la corteza terrestre. También se puede obtener

como un subproducto de procesos metalúrgicos y como desecho de actividades humanas como la industria y productos agrícolas (7).

2.4.3. Contaminación: es la liberación de sustancias químicas que alteran el suelo, aire y agua, así como a las plantas debido a la actividad humana como la minería o la generación de residuos por las diversas industrias que impactan de manera negativa en el medio ambiente (47).

2.4.4. Espectroscopia: es el estudio de la cantidad de luz que absorbe o emana un analito. Esta técnica descompone la luz y determina diferentes longitudes de onda de luz visible y no visible (48).

2.4.5. Metales pesados: son elementos que se distribuyen ampliamente por el medio ambiente y que poseen propiedades físicas excepcionales como su densidad que se encuentra por encima de 4 veces mayor al del agua, algunos pueden ser tóxicos a concentraciones bajas y otros son esenciales en nuestra alimentación pudiendo llegar a causar problemas de salud en casos de su deficiencia como es el caso de hierro, manganeso, zinc entre otros (1).

2.4.6. Plomo: es un elemento químico metálico altamente tóxico presente en el medio ambiente de forma natural y a causa de un gran número de actividades desempeñadas por el hombre, agricultura, producción de baterías, fundición, pinturas, combustibles (27). Su absorción es por ingestión, inhalación y contacto con la piel. Su rápida distribución produce daños en dientes y huesos, así como a nivel del sistema nervioso central, produciendo convulsiones y finalizando en el fallecimiento del paciente (28).

2.4.7. Taxonomía: es una rama de la biología que se encarga de la clasificación para ordenar jerárquicamente y de forma sistemática a los seres vivos, el uso de la taxonomía comprende desde la identificación, nominación hasta la descripción de especies como la clasificación de grupos taxonómicos mayores (49).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis:

Las marcas de arroz (*Oryza sativa*) que se expenden en el centro de abastos Huamantanga del distrito de Puente Piedra superan los LMP de Pb y Cd dados por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR.

3.2. Variable(s)

Variable Independiente

Arroz.

Variable dependiente

Concentración de plomo y cadmio

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 7. Operacionalización de la variable

	Variable	Dimensión	Indicador	Escala	Valor
Variable independiente	Arroz	Marca	Nombre	Nominal	Registro Sanitario
Variable dependiente	Plomo	Determinación	Concentración	Razón	Permisible: < 0,2 mg Pb/kg de arroz
	Cadmio	Determinación	Concentración	Razón	Permisible: < 0,4 mg Cd/kg de arroz

Fuente: elaboración propia, junio de 2021

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

Mercado Huamantanga del distrito de Puente Piedra, provincia y región de Lima, Perú

4.2. Diseño de investigación

La investigación formulada en el presente proyecto es de tipo no experimental, puesto que el objetivo de esta investigación no requiere la manipulación de las variables en condiciones con control riguroso (50). Este estudio es prospectivo puesto que, la recolección de datos se hará del presente, mediante métodos empíricos y científicos, analizando las diferentes áreas para identificar de un modo aproximado lo que puede ocurrir en un futuro (51). El diseño de esta investigación es descriptivo, puesto que la intención de esta investigación es cuantificar a la variable, con el propósito de caracterizarla, describirla y explicarla, sin responder la razón por la cual ocurre (50).

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población considerada para la presente investigación está conformada por las diferentes marcas de arroz que se venden a granel en sacos de 50 kg en el mercado Huamantanga del distrito de Puente Piedra, departamento de Lima, en los meses noviembre – diciembre 2021.

4.3.2. Muestra

La muestra es una parte representativa de la población y, por tanto, se consideró 500 g de 20 diferentes marcas de arroz a granel, seleccionadas aleatoriamente en el mercado Huamantanga del distrito de Puente Piedra, departamento de Lima, en los meses noviembre – diciembre 2021.

Tabla 8. Codificación de las muestras de arroz a granel recolectadas en el mercado Huamantanga, distrito de Puente Piedra, provincia y región Lima.

Código	Marca
Os-a1	Inkaney
Os-a2	Shishaco
Os-a3	Colocho
Os-a4	Caserita del hogar
Os-a5	Papay naranja
Os-a6	Costeño
Os-a7	Faraón
Os-a8	Samán
Os-a9	Papay azul
Os-a10	Triple B
Os-a11	Pacasmayo
Os-a12	Caserita Lila
Os-a13	Príncipe rojo
Os-a14	Rompe olla
Os-a15	Villa sol
Os-a16	Norteño
Os-a17	Tonderito
Os-a18	Famoso verde
Os-a19	Sol de Pacasmayo
Os-a20	Jairito

Fuente: elaboración propia, diciembre de 2021.

A. Criterios de inclusión

Arroz a granel de las marcas comerciales: Inkaney, Shishaco, Colocho, Caserita del hogar, Papay naranja, Costeño, Faraón, Samán, Papay azul, Triple B, Pacasmayo, Caserita lila, Príncipe rojo, Rompe olla, Villa sol, Norteño, Tonderito, Famoso verde, Sol de Pacasmayo, Jairito que fueron expendidas en el mercado Huamantanga – Puente Piedra, provincia y región de Lima, durante los meses de noviembre - diciembre 2021.

B. Criterios de exclusión

Todas las marcas de arroz empaquetado y a granel de las marcas diferentes a las muestreadas para el estudio que fueron expendidas en el mercado Huamantanga del distrito de Puente Piedra, departamento de Lima, durante los meses de noviembre - diciembre 2021.

Este estudio utilizó el muestreo casual o accidental no probabilístico porque la muestra fue seleccionada sin conocer la probabilidad de que los elementos de la población deban ser incluidos en él, lo que permite elegirlo arbitrariamente sin un criterio establecido, en un lugar y tiempo determinados. Sin embargo, este muestreo de conveniencia no probabilístico se realizó porque la muestra es homogénea, lo que significa que el grupo estudiado tiene características idénticas y comparte rasgos similares entre sus miembros (50).

4.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información

4.4.1. Procedimiento: se inició la investigación buscando la información obtenida de artículos, libros y otros documentos, realizando lecturas para la construcción de los conocimientos a utilizar. Posteriormente, nos trasladamos al mercado Huamantanga del distrito de Puente Piedra, provincia y región de Lima para proceder a recabar la información para la identificación de las marcas de arroz comercializadas que se despacharon durante el periodo noviembre - diciembre 2021. Una vez seleccionadas las marcas de arroz al azar para llevar a cabo el experimento se procedió a adquirir 500 g de cada marca como muestra. Se observó que este mercado presenta una división de 4 bloques, plenamente identificados, y en su interior se encuentran los distintos puestos de venta. Seguidamente se llevaron las muestras al laboratorio de análisis CICOTOX de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM para la determinación de los metales Cd y Pb aplicando la EAA en horno de grafito.

4.4.2. Técnicas de recolección de datos: la técnica utilizada fue la observación y el análisis documental. La observación consiste en una estrategia que centra en prestar mucha atención a un fenómeno, hecho o situación, tomar notas y almacenar la información para su posterior estudio (50). El análisis documental es un tipo de trabajo en el que extrae algunas ideas de un documento mediante el uso de un

proceso intelectual para representarlo y facilitar el acceso a los documentos originales. El análisis es, por tanto, el proceso de extraer de un escrito el conjunto de palabras y símbolos que sirven para representarlo (51).

4.5. Equipos, reactivos y materiales para la cuantificación de plomo y cadmio

REACTIVOS Y ESTÁNDARES	EQUIPOS Y MATERIALES
Todos los reactivos utilizados especificaban "para análisis". • Ácido clorhídrico 35 – 37% químicamente puro. • Solución modificadora de matriz (NH_4H_2PO) al 10%. • Solución patrón de plomo de 1000mg/L. • Solución patrón de cadmio de 1000mg/L. • Gas argón UHP	• Equipo de absorción atómica Thermo Scientific iCE 3000 equipado con horno de grafito. • Mufla eléctrica. • Balanza analítica. • Micropipetas de 1000 µL. • Plancha de calentamiento. • Fiolas de 10, 25 y 100 mL • Crisol. • Viales de polipropileno de 1,5 mL

Figura 4: Equipos, reactivos y materiales empleados para la cuantificación de plomo y cadmio en muestras de arroz.

Fuente: laboratorio Cicotox, abril de 2022

4.6. Determinación de plomo

4.6.1. Preparación de la curva de calibración

Se realizó el siguiente procedimiento para la preparación de los estándares para realizar la curva de calibración:

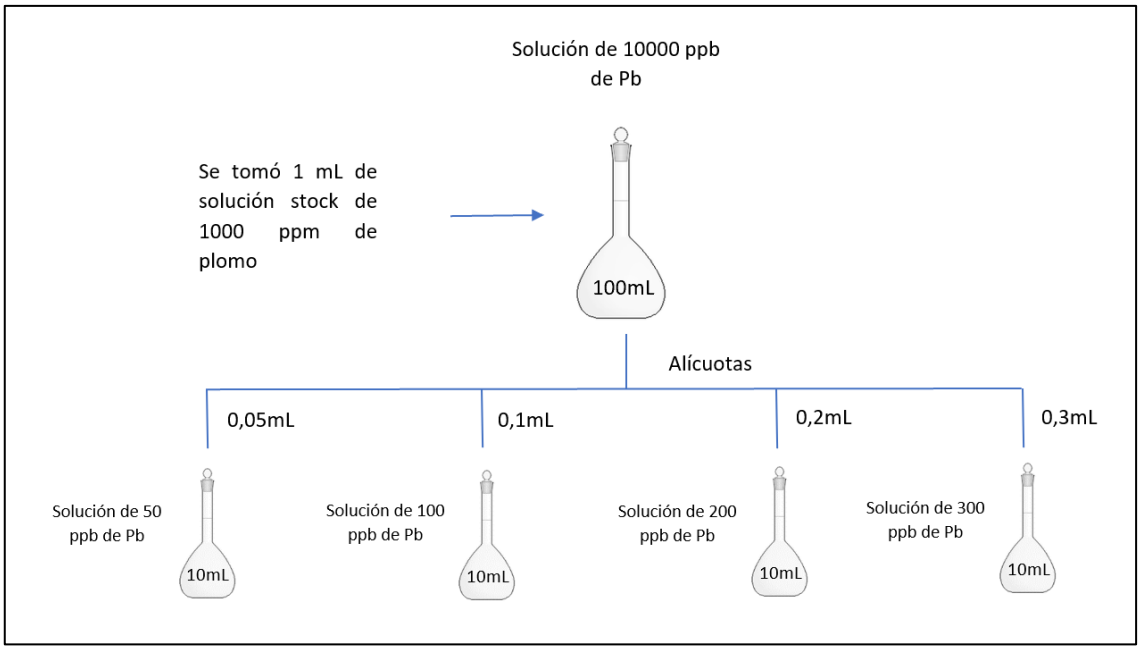


Figura 5. Proceso de elaboración de estándares de Pb para la curva de calibración.

Fuente: elaboración propia, abril de 2022.

Tabla 9. Lecturas de la curva de calibración de Pb.

Identificación	Concentración teórica	Absorbancia(A)	Pendiente	Intersección	Concentración obtenida
Blanco	0,00 µg/L	0,017	0,0016	0,015457	-
Estándar 1	50,00 µg/L	0,090	0,0016	0,015457	45,21 µg/L
Estándar 2	100,00 µg/L	0,177	0,0016	0,015457	97,98 µg/L
Estándar 3	200,00 µg/L	0,367	0,0016	0,015457	213,21 µg/L
Estándar 4	300,00 µg/L	0,498	0,0016	0,015457	292,66 µg/L

Fuente: elaborado por laboratorio Cicotox, abril de 2022.

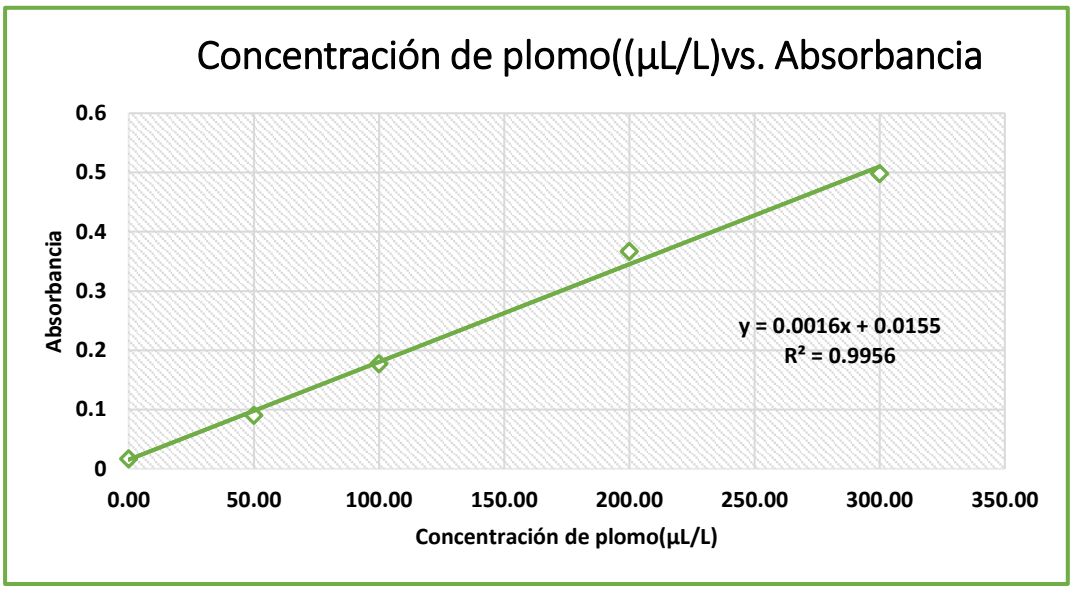


Figura 6. Curva de calibración de Pb.

Fuente: elaborado por laboratorio Cicotox, abril de 2022.

4.6.2. Preparación de soluciones

4.6.2.1. Solución modificadora de plomo

En una fiola de 100 mL se agregó 2 mL de fosfato de amonio al 10% y se enrasó con agua ultrapura para posteriormente llevar a homogenizar.

4.6.2. Preparación de las muestras de arroz

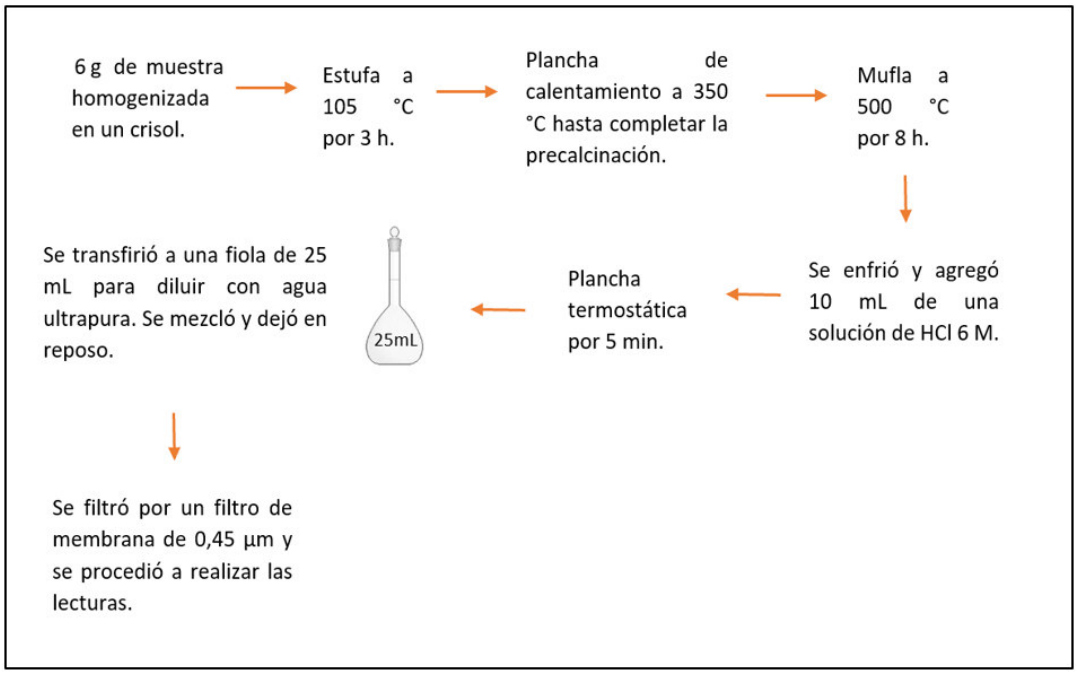


Figura 7. Digestión de las muestras de arroz a granel.

Fuente: elaboración propia, abril de 2022.

4.6.4. Lectura en el equipo de absorción atómica

Para la lectura se colocó 500 µL de la solución modificadora de Pb previamente preparado, 500 µL del blanco, 500 µL del estándar y 500 µL de muestras en un vial de polipropileno y se realizó la homogenización. Se colocaron los viales en el automuestreador del horno de grafito y leyó en el espectrofotómetro.

4.6.5. Condiciones espectrofotométricas

Tabla 10. Condiciones espectrofotométricas.

Longitud de onda	217,0 nm
Ranura (Slit)	1 nm
Corrección de fondo	Lámpara de deuterio (D2)
Corriente de lámpara	8 mA
Tubo de grafito	Normal
Fuente de luz	Lámpara de cátodo hueco de cadmio
Medida de señal	Área del pico

Fuente: elaborado por laboratorio Cicotox, abril de 2022

Tabla 11. Rampa de calentamiento del horno grafito.

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

Fuente: elaborado por laboratorio Cicotox, abril de 2022.

4.7. Determinación de cadmio

4.7.1. Preparación de curva de calibración

Se realizó el siguiente procedimiento para la preparación de los estándares para realizar la curva de calibración:

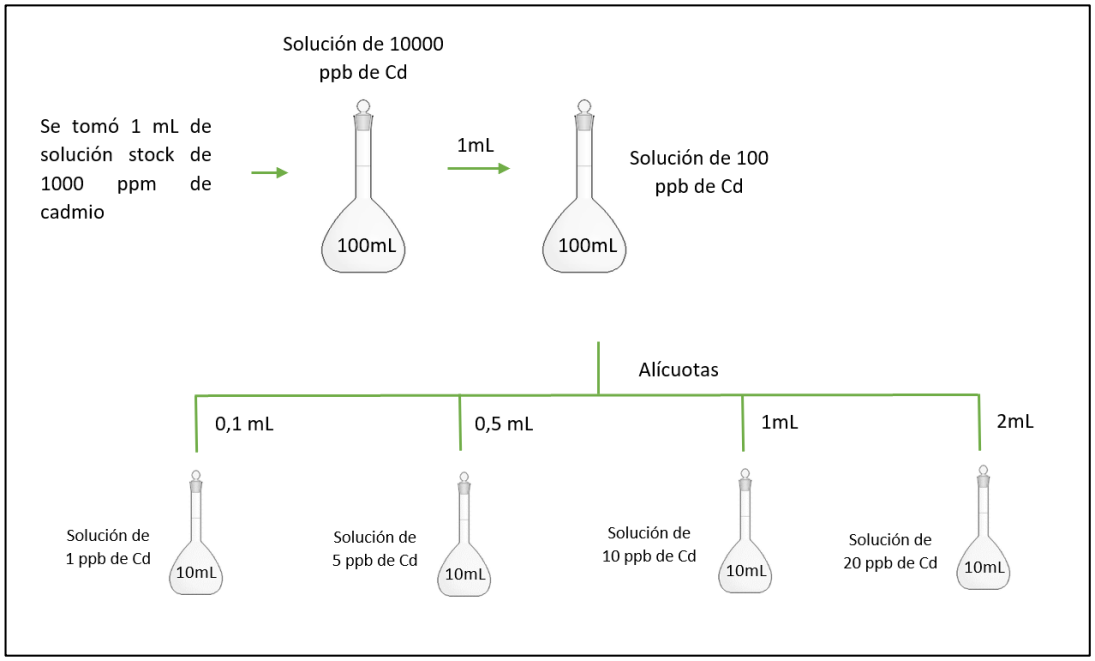


Figura 8. Preparación de estándares para la curva de calibración de cadmio.

Fuente: elaboración propia, abril de 2022.

Tabla 12: Lecturas de la curva de calibración de cadmio.

Identificación	Concentración teórica	Absorbancia(A)	Pendiente	0,007421	Concentración obtenida
Blanco	0,00 µg/L	0,001	0,0110	0,007421	-
Estándar 1	1,00 µg/L	0,017	0,0110	0,007421	0,87 µg/L
Estándar 2	5,00 µg/L	0,068	0,0110	0,007421	5,52 µg/L
Estándar 3	10,00 µg/L	0,124	0,0110	0,007421	10,63 µg/L
Estándar 4	20,00 µg/L	0,222	0,0110	0,007421	19,56 µg/L

Fuente: elaborado por laboratorio Cicotox, abril de 2022.

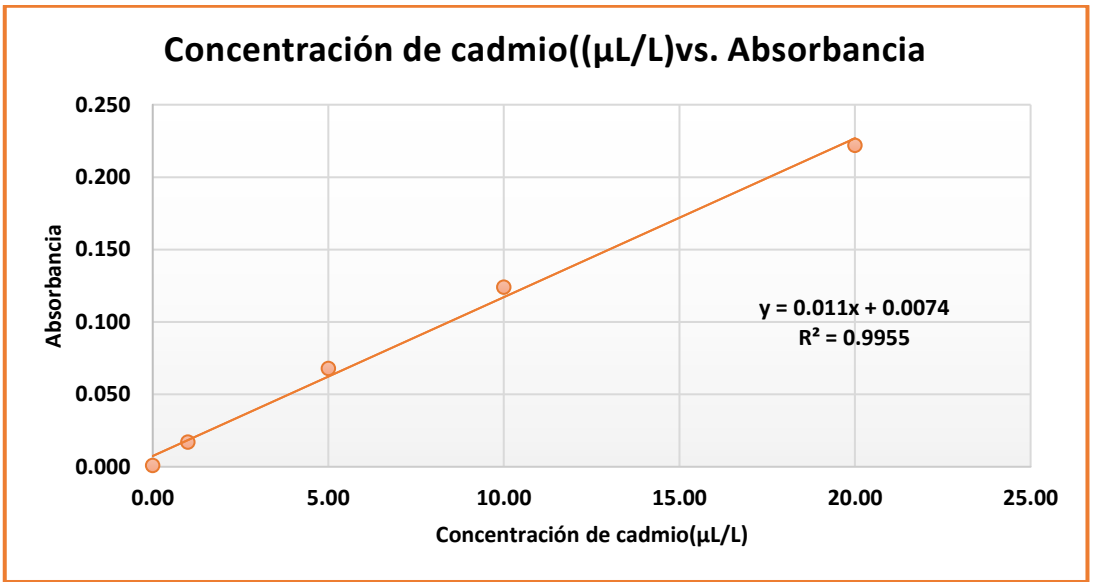


Figura 9: Curva de calibración de cadmio.

Fuente: elaborado por laboratorio Cicotox, abril de 2022.

4.7.2. Preparación de las muestras de arroz

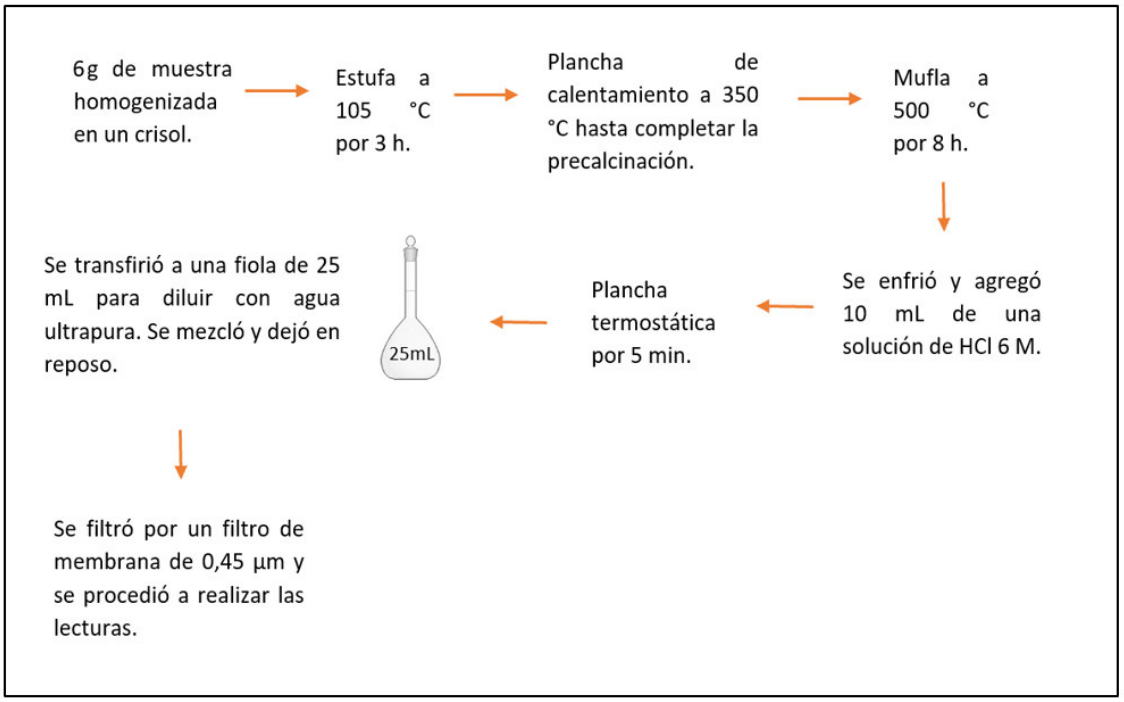


Figura 10. Digestión de las muestras de arroz a granel.

Fuente: elaboración propia, abril de 2022.

4.7.3. Lectura en el equipo de absorción atómica

Para la lectura se requirió de 1 mL de muestra y 1 mL de estándar los cuales se colocaron en un vial para su lectura, los viales conteniendo la muestra y estándar se colocaron en el automuestreador del horno de grafito y se leyó bajo las condiciones espectrofotométricas.

4.7.4. Condiciones espectrofotométricas

Tabla 13. Condiciones espectrofotométricas

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

Fuente: elaborado por laboratorio Cicotox, abril de 2022

Tabla 14. Rampa de calentamiento del horno grafito.

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

Fuente. Elaborado por laboratorio Cicotox, abril de 2022.

4.8. Análisis estadístico

Los resultados colectados del análisis espectroscópico en el instrumento serán ordenados y subidos al programa *Microsoft Excel* para luego ser procesados en el programa estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versión 27 para hacer uso de estadística descriptiva y establecer la distribución de los datos recolectados.

V. RESULTADOS

5.1. Presentación y análisis de los resultados

5.1.1. Determinación de plomo en muestras de arroz

Tabla 15. Concentración de Pb en diferentes marcas de arroz (*Oryza sativa*) expendidos en el mercado Huamantanga del distrito de Puente Piedra, departamento de Lima.

Código de muestra	Concentración (mg Pb/kg arroz)	Media	D.E	Mín. mg Pb/kg arroz	Máx. mg Pb/kg arroz
Os-a1	0,638	0,409	0,199	0,168	0,852
Os-a2	0,452				
Os-a3	0,288				
Os-a4	0,230				
Os-a5	0,764				
Os-a6	0,374				
Os-a7	0,168				
Os-a8	0,406				
Os-a9	0,364				
Os-a10	0,462				
Os-a11	0,427				
Os-a12	0,312				
Os-a13	0,217				
Os-a14	0,427				
Os-a15	0,284				
Os-a16	0,257				
Os-a17	0,852				
Os-a18	0,770				
Os-a19	0,221				
Os-a20	0,280				

Fuente. Elaboración propia, abril de 2022.

En la tabla 15 se observa que el promedio de concentración de plomo en las marcas de arroz estudiadas fue de 0,409 mg/kg con una D.E de 0,199. Siendo la marca Os – a7 la que presentó menor concentración (0,168 mg/kg) y la marca Os – a17, mayor concentración (0,852 mg/kg).

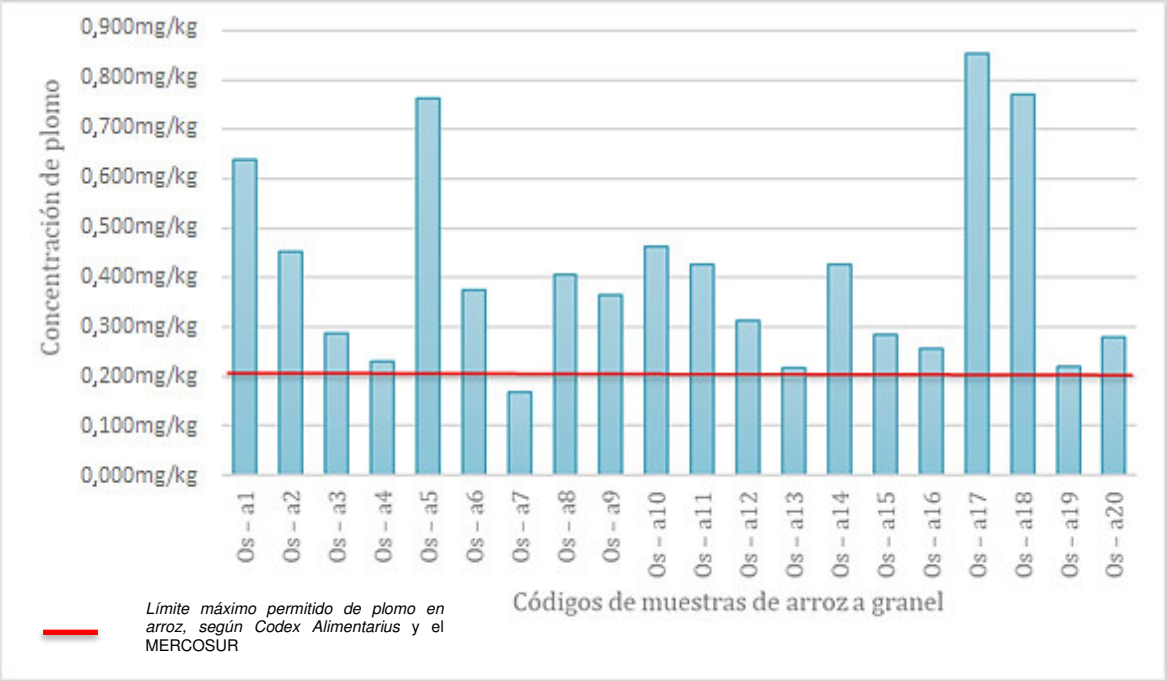


Figura 11. Concentración de plomo detectado en diferentes marcas de arroz a granel vs. nivel establecido por *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR.

Fuente: elaboración propia, mayo de 2022.

Tabla 16. Análisis de los límites máximo permitidos de concentración de plomo en arroz dados por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR.

Plomo	
	Frecuencia
Concentración elevada	19
Concentración normal	1
Total	20

Fuente: elaboración propia, mayo de 2022.

En la figura 11 se observa que el 95 % de las marcas estudiadas de arroz (19 de 20) exceden los límites máximos permitidos de concentración de plomo en arroz dados por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR, mientras que el 5 % de las marcas (1 de 20) no excede los límites máximos permitidos.

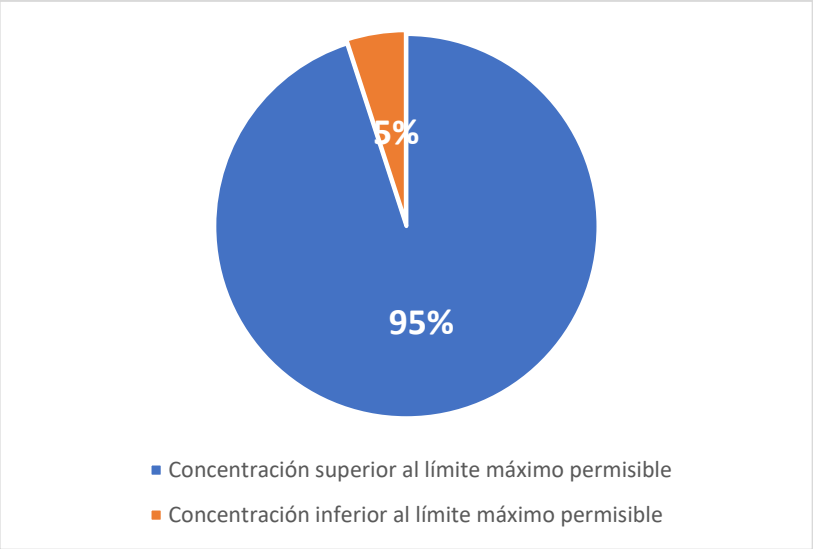


Figura 12: Porcentaje de muestras de arroz que superan la concentración de plomo permisible establecido por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR.

Fuente: elaboración propia, junio de 2022.

5.1.2. Determinación de cadmio en muestras de arroz

Tabla 17. Concentración de cadmio en diferentes marcas de arroz (*Oryza sativa*) expendidos en el Mercado Huamantanga del distrito de Puente Piedra, departamento de Lima.

Código de muestra	Concentración (mg Cd /kg arroz)	Media	D.E	Mín. mg Cd/kg arroz	Máx. mg Cd/kg arroz
Os-a1	0,042	0,1	0,088	0,018	0,362
Os-a2	0,082				
Os-a3	0,105				
Os-a4	0,062				
Os-a5	0,272				
Os-a6	0,156				
Os-a7	0,019				
Os-a8	0,169				
Os-a9	0,044				
Os-a10	0,054				
Os-a11	0,037				
Os-a12	0,074				
Os-a13	0,079				
Os-a14	0,108				
Os-a15	0,018				
Os-a16	0,028				
Os-a17	0,027				
Os-a18	0,150				
Os-a19	0,112				
Os-a20	0,362				

Fuente: elaboración propia, abril de 2022.

En la tabla 17 se observa que el promedio de concentración de cadmio en las marcas de arroz estudiadas fue de 0,100 mg/kg con una D.E de 0,088. Siendo la marca Os – a15 la que presentó menor concentración (0,018 mg /kg) y la marca Os – a20, la de mayor concentración (0,362 mg /kg).

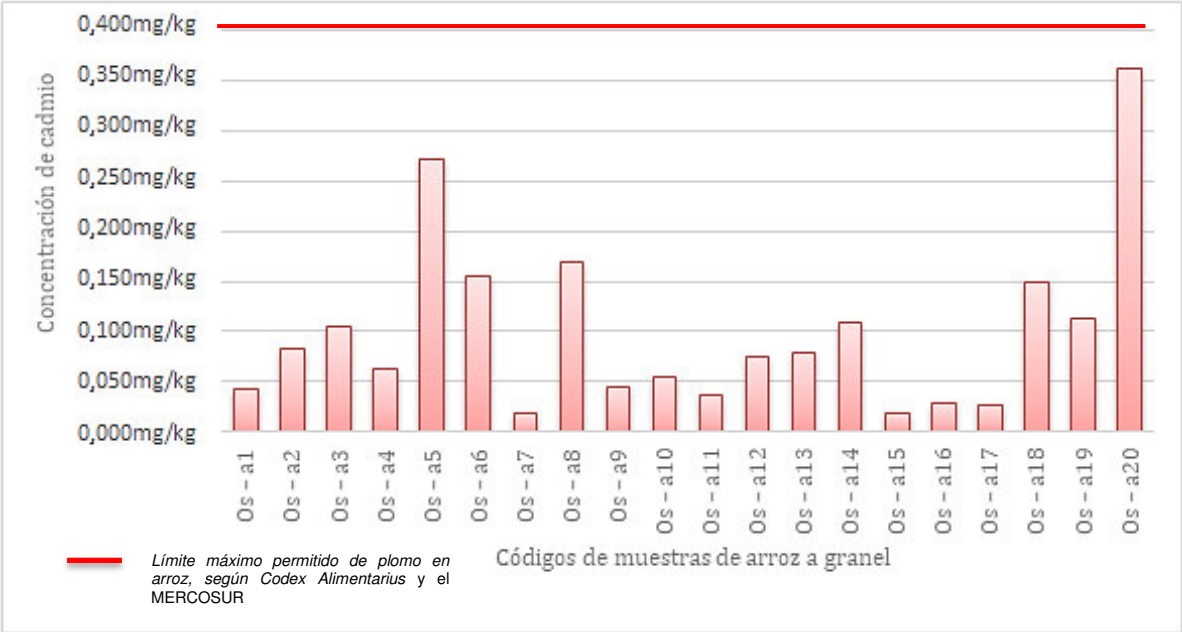


Figura 13: Concentración de cadmio detectado en muestras de arroz vs. nivel establecido por el *Codex Alimentarius y el MERCOSUR*.

Fuente: elaboración propia, mayo de 2022.

Tabla 18. Análisis de los límites máximo permitidos de concentración de cadmio en arroz dados por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR.

Cadmio	
	Frecuencia
Concentración elevada	0
Concentración normal	20
Total	20

Fuente: elaboración propia, mayo de 2022.

En la figura 14 se observa que el 100 % de las marcas estudiadas de arroz se encuentran dentro de los LMP de concentración de cadmio en arroz dados por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR.

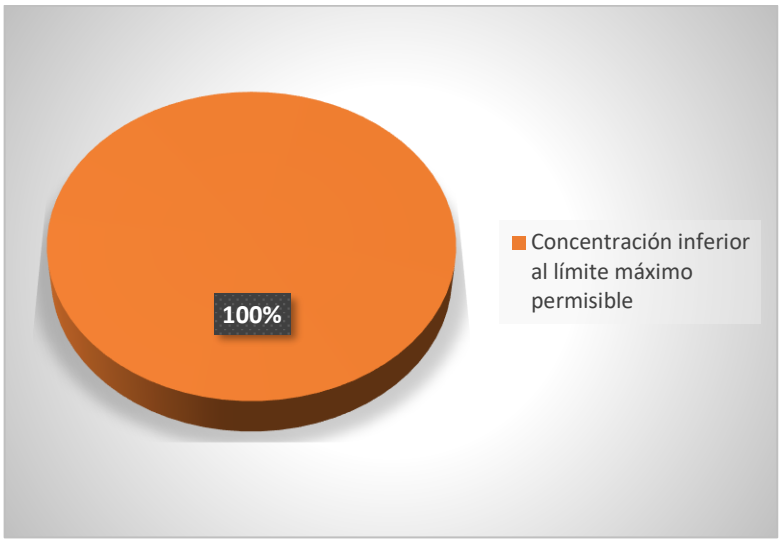


Figura 14. Porcentaje de muestras de arroz que no superan la concentración permisible de Cd establecido por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR.

Fuente: elaboración propia, junio de 2022.

VI. DISCUSIÓN

El arroz es uno de los granos con mayor consumo y demanda a nivel mundial. La FAO ha realizado un pronóstico sobre el crecimiento de utilización del arroz, que sería un 1,8% durante el período del 2021 al 2022 (52). El Perú es uno de los principales mercados de consumo; siendo el tercer alimento más consumido, en un promedio anual de 70 kg por habitante (53) debido a su costo accesible, sin embargo, su seguridad no se encuentra del todo garantizada a falta de un certificado que acredite su calidad (54).

En el análisis realizado para la cuantificación de Pb en las 20 diferentes marcas de arroz se evidenciaron que el 100% (20 marcas) presentan Pb, obteniendo una concentración promedio de 0.409 mg/kg, por otro lado, el 95 % de las marcas estudiadas presentan concentraciones por encima de 0,2 mg/kg que es el LMP establecido por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR. Esto se corrobora con lo investigado por Choqueinara (54) en Perú, donde la totalidad de muestras analizadas (100 %) superaron el LMP de Pb, siendo la concentración máxima encontrada 4,821 mg/kg; al igual que Román et al. (55) que encontraron una concentración elevada de plomo en arroz de 5,08 mg/kg en condición de procesamiento. Ambos estudios muestran valores exageradamente elevados, en comparación a lo encontrado. Por otro lado, Chumbipuma y Chuchón (30) encontraron que las marcas de arroz analizadas tuvieron un promedio de 0,1943ppm en el caso de Pb, valor que no sobrepasa el LMP indicado por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR por lo cual concluyeron que las muestras de arroz analizadas son aptas para el consumo humano.

El mayor valor de concentración de plomo encontrado corresponde a la muestra Os – a17 con 0,852 mg /kg, seguido de Os - a5 con 0,764 mg /kg; la que presentó menor concentración fue Os – a7 con 0,168 mg /kg, seguido de Os – a13 con 0,217 mg /kg. La presencia de Pb y Cd en las muestras de arroz se podría explicar por factores que se pueden asociar a la contaminación de estos metales en los suelos de las plantaciones de arroz. En el Perú Tineo (33) en su investigación cuantificó los niveles de Pb y Cd en 30 muestras de diversos suelos de cultivos de arroz y obtuvo que los niveles promedio de cadmio y plomo fue 0,26 mg/kg y 6,17 mg/kg, respectivamente. En Ecuador, Sinchi (35) en su estudio encontró niveles altos de

Pb en el suelo de cultivo de arroz de dos cantones, siendo el valor máximo encontrado 47,65 ± 8,93 mg/kg en una estación de Daule lo cual demuestra que el Plomo está presente en el suelo de cultivos de arroz y esto está relacionado con las concentraciones de este metal encontrado en los granos de este cereal lo cual representa un peligro inminente para el ser humano.

Lai et. al (56) sugirió que la placa de hierro en la superficie de la raíz podría secuestrar metales pesados y, por lo tanto, influir en la absorción de metales pesados por las plantas de arroz, pero este proceso es influenciado simultáneamente por las características del suelo y el genotipo del arroz.

Con respecto a la concentración del cadmio, el promedio obtenido fue 0,100 mg/kg; donde Os – a15 tenía menor concentración de cadmio con un 0,018 mg/kg y Os – a20 presentó la mayor concentración con 0,362 mg/kg; lo que significó que el 100 % de las marcas estudiadas presentaron concentración normal de cadmio, contrario a lo encontrado por Chumbipuma y Chuchón(30), quienes obtuvieron un 30% (9 muestras de 30) de marcas que superaron el LMP, con niveles promedio de Cd de 0,36 mg/kg, lo cual es inferior al LMP indicado por el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR, teniendo un valor mínimo de 0,11mg/kg de la marca Metro y un valor máximo de 0,77mg/kg de la marca Pacasmayo. Shokrzadeh *et al.* (38) encontró concentraciones de Cd en 3 variedades de arroz: Jamshid, Hashemi y Mosa Tarom recolectadas en 5 áreas en Astaneh-Ashrafieh, en todas las muestras de arroz los niveles de Cd se encontraron por debajo de los valores permisibles. Así también, en la provincia de Hormozgan, Dehghani y Mosaferi (39) analizaron 75 muestras de arroz iraní, paquistaní e indio donde obtuvieron una concentración promedio de 0,022 mg/kg para Cd.

La explicación del hallazgo de valores de cadmio reducidos, se sustenta en el mecanismo de resistencia del arroz al cadmio, mediante la deposición de cadmio en sus paredes celulares, quelación, secuestro de cadmio vacuolar, anti oxidación y eflujo de cadmio (55). Sin embargo, existen otros mecanismos de reducción de absorción de cadmio con la intervención humana basada en la sostenibilidad agrícola mediante el aumento del pH del suelo que hace que el cadmio sea menos biodisponible y la potenciación de la placa de hierro (57).

La importancia de los resultados obtenidos, son las consecuencias en la salud, varios estudios han analizado como el remojo y enjuague de los granos de arroz con agua reduce las concentraciones de plomo y cadmio a niveles seguros. Esto lo corrobora un estudio realizado en Arabia Saudita por Al-Saleh y Abdul-Jabbar (58), quienes determinaron en 37 marcas de arroz, los niveles de metales pesados posterior al remojo y enjuague con agua; encontraron que los niveles medio para el plomo fue de 0,034 µg/g y 0,057 µg/g, y para cadmio 0,015 µg/g y 0,027 µg/g de peso seco; con ello se vuelven apropiados para consumo por sus niveles bajos.

Ochoa et al. evaluó la contaminación de cadmio y plomo en el sistema de cultivo de arroz en la provincia del Guayas (Ecuador), e identificó la fracción específica del suelo con la que se asocian el Cd y el Pb, siendo el plomo quien está fuertemente ligado a los oxihidróxidos de hierro cristalinos y, en consecuencia, tiene baja movilidad y baja disponibilidad para las plantas de arroz. Por otro lado, el Cd está presente principalmente en formas solubles o intercambiables (más del 80%), por lo tanto, podría considerarse una amenaza para la calidad del arroz si las concentraciones de Cd aumentarán (59).

VII. CONCLUSIONES

1. Se encontró que los niveles de Pb en las diferentes muestras de arroz (*Oryza sativa*) a granel analizadas del Mercado Huamantanga del distrito Puente Piedra, provincia y región Lima, fueron de 0,409 mg/kg con cifras extremas de 0,168 mg Pb/kg (Os-a7) y 0,852 mg/kg (Os-a17).
2. Se obtuvo que 19 (95 %) muestras de arroz a granel analizadas superaron la concentración máxima permitida de plomo (0,200 mg Pb/kg) según el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR; mientras que la muestra Os-a7 contenía 0,168 mg Pb/kg arroz.
3. Se determinó que la concentración promedio de cadmio detectado en las diferentes marcas de arroz (*Oryza sativa*) expendidos en el Mercado Huamantanga del distrito Puente Piedra, provincia y región Lima, fueron de 0,100 mg/kg con cifras extremas en las muestras Os – a15 (0,018 mg/kg) y Os – a20 (0,362 mg/kg).
4. Se obtuvo que el 100 % de muestras de arroz a granel analizadas se encuentran dentro de la concentración máxima permitida de Cd (0,400 mg/kg), según el *Codex Alimentarius* y el MERCOSUR.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones sobre el contenido de Pb y Cd en otras marcas de arroz comercializadas en mercados mayoristas de Lima con el objetivo de obtener más información de la exposición a estos metales en las diferentes marcas de arroz.
2. Ejecutar un control sanitario en cuanto a la venta de arroz, pues los valores elevados encontrados en relación al plomo deben ser motivo de preocupación ya que el Pb representa un potencial peligro a la salud.
3. Asegurar que el consumidor adquiera productos con los estándares de calidad mínimos y estos cumplan con los parámetros establecidos en la normativa.
4. Difundir más información a la población con respecto a los efectos nocivos que puedan causar la presencia de estos metales en los alimentos.
5. Realizar investigaciones para disminuir la biodisponibilidad de metales pesados en tierras agrícolas.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Londoño L, Londoño P, Muñoz F. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2016; 14(2): p.145-153. [Internet]. [citado 10 de agosto de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612016000200017
2. Talaverano E. Determinación cuantitativa de cadmio en 20 marcas diferentes de arroz (*Oryza sativa*) expendidas en los supermercados de Lima metropolitana 2015. Lima; 2015. [Internet]. [citado 15 de agosto de 2021]. Disponible en:https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12990/1068/Tesis_determinaci%c3%b3n%20cuantitativa%20Cadmio_20%20marcas%20arroz_expendidas_supermercados%20Lima_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
3. Nogawa K, Yuichi Y, Ryumon H, Masao I, Ikiko T, Shunichi K, et al. The relationship between itai-itai disease among inhabitants of the jinzu river basin and cadmium in rice. Toxicol Lett. 2011;17(3–4):263–6.
4. Xie L. Tang S, Wei X, Shao G, Jiao G, Sheng Z, et al. The cadmium and lead content of the grain produced by leading Chinese rice cultivars. Food Chemique. 2017; 217(I): p. 217-224. [Internet]. [citado 17 de agosto de 2021]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27664629/
5. Shi Z, Carey M, Meharg C, Willams P, Signes-Pastor AJ, Ayu E, et al. Rice Grain Cadmium Concentrations in the Global Supply Chain. Exposure and Health. 2020; 12(2020): p. 869-876. [Internet]. [citado 19 de agosto de 2021]. Disponible en: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12403-020-00349-6.pdf
6. Mosquera-González S, Orejuela J. Metodología para el análisis de riesgo por exposición a arsénico, cadmio y plomo por consumo de arroz en Colombia. Ingeniería Civil y Ambiental Universidad de los Andes. 2020; I(2020): p. 1-34. [Internet]. [citado 19 de agosto de 2021]. Disponible en: https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/48675/u833341.pdf?sequence=1
7. Reyes Y, Vergara I, Torres O, Díaz M, González E. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. Ingeniería

Investigación y Desarrollo. 2016; 16(2): p.66-77. [Internet]. [citado 19 de agosto de 2021]. Disponible en: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5447/4518

8. Soto-Benavente M, Rodríguez-Achata L, Olivera M, Arostegui V, Colina CC, Garate J. Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana. Scientia Agropecuaria. 2020; 11(1): p. 49-59. [Internet]. [citado 20 de agosto de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000100049
9. Análisis de Mercado - Arroz 2016 - 2020 [Internet]. [citado 17 de mayo de 2022]. Disponible en: https://www.gob.pe/institucion/sse/informes-publicaciones/2201760-analisis-de-mercado-arroz-2016-2020
10. Santos P, Roa H, Darghan A, Monroy J. Modelado espacial del carbono orgánico del suelo y su relación con otras propiedades químicas en el cultivo de arroz del distrito de riego del Norte de Santander Colombiano. Gestión y Ambiente. 2018; 21(2): p. 252-262. [Internet]. [citado 21 de agosto de 2021]. Disponible en: https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/73004/71760
11. INIA. Boletín Nº 306: Producción de arroz: Buenas prácticas agrícolas (BPA) Santiago de Chile: Ministerio de Agricultura; 2015. [Internet]. [citado 22 de agosto de 2021]. Disponible en: https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/7815
12. Degiovanni V, Martínez C, Motta F. Producción eco-eficiente del arroz en América Latina Tomo I. Cali, Colombia: Publicaciones CIAT; 2010. p. 83-99. [Internet]. [citado 22 de agosto de 2021]. Disponible en: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/54233/Produccion_eco_eficiente_del_arroz_tomo_1.pdf;sequence=1
13. Paredes M, Becerra V, Donoso G, Olmos S, Rodríguez R. Capítulo 14. Morfología y estados de crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. In INIA. En un contexto internacional 1920-2020: 100 años del cultivo de arroz en Chile. Santiago de Chile: Ministerio de Agricultura Gobierno de Chile; 2021. p. 408-445. [Internet]. [citado 22 de agosto de 2021]. Disponible en: https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/68052

14. Yoshida H, Nagato Y. Desarrollo floral en arroz. Journal of Experimental Botany. 2011;62(14):p4719–4730. Disponible en: https://doi.org/10.1093/jxb/err272
15. Pérez H, Rodríguez I. Cultivos tropicales de importancia economica en Ecuador (arroz, yuca, caña de azúcar y maíz). Tomo I Machala, Ecuador: Ediciones UTMACH; 2018. [Internet]. [citado 21 de agosto de 2021]. Disponible en: http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12538
16. Romero C. Observatorio de commodities: Arroz. Lima; 2021. [Internet]. [citado 10 de junio de 2022]. Disponible en: https://repositorio.midagri.gob.pe/jspui/bitstream/20.500.13036/1154/1/Observatorio%20Commodities%20Arroz_%20jul-set%202021.pdf
17. Coyago E, Bonilla S. Absorción de plomo de suelos altamente contaminados en especies vegetativas usadas para consumo animal y humano. Revista La Granja. 2016; 23(1): p. 35-46. [Internet]. [citado 23 de agosto de 2021]. Disponible en: https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/23.2016.04
18. Silva P. Análisis comparativo de los niveles de cadmio en suelo Aquic Dystropepts, Fluventic Dystropepts y una pradera con pastura en reposo en la Vereda Rincón de Pompeya, Villavicencio, Meta. Villavicencio, Colombia; 2019. [Internet]. [citado 23 de agosto de 2021]. Disponible en: https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21743/2020paulasilva?sequence=9&isAllowed=y
19. Rodríguez-Heredia D. Intoxicación ocupacional por metales pesados. Medisan. 2017; 21(12): p. 1-10. [Internet]. [citado 24 de agosto de 2021]. Disponible en: Los metales pesados y la salud en las comunidades costeras aledañas a la bahía de Santiago de Cuba (sld.cu)
20. Ali H, Khan E. Environmental Chemistry and Ecotoxicology of Hazardous Heavy Metals: Environmental Persistence, Toxicity, and Bioaccumulation. Journal of Chemistry. 2018; 2019(Article ID 6730305): p. 1-15. [Internet]. [citado 24 de agosto de 2021]. Disponible en: https://www.hindawi.com/journals/jchem/2019/6730305/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=HDW_MRKT_GBL_SUB_ADWO_PAI_DYNA_JOUR_X_PJ_GROUP3&gclid=CjwKCAjwlqOXBhBqEiwAhhitB4MWmX1BnXKVrfjxLUtHyMlXoVHB1vxUQP0X8GbyVf6gB_OH2aXBoCOIcQAvD_BwE

21. MERCOSUR. Reglamento técnico MERCOSUR sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos (derogación de la Res. GMC Nº 102/94 y Nº 35/96) Asunción, Paraguay: Grupo Mercado Común MERCOSUR; 2012. [Internet]. [citado 23 de agosto de 2021]. Disponible en: http://www.sice.oas.org/trade/mrcsrs/resolutions/RES_012-2011_ES.pdf
22. Gonzales L, Osorio J. Determinación espectrofotométrica por absorción atómica de la concentración de cadmio y arsénico en aguas de consumo humano de la comunidad urbana de Chuquitanta - distrito de San Martín de Porres. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014. [Internet]. [citado 17 de mayo de 2022]. Disponible en: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/3844/Gonzales_pl.pdf?sequence=1&isAllowed=y
23. Trujillo O. Comparación de los niveles en orina de arsénico y cadmio y sus manifestaciones clínicas de intoxicación entre niños de 6 a 12 años del distrito de Torata y el distrito de Carumas en la provincia de Mariscal Nieto de la región Moquegua. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2019. [Internet]. [citado 24 de agosto de 2021]. Disponible en: http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8888/MDMtrzeoe1.pdf?sequence=4&isAllowed=y
24. Ramírez A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicaciones biológicas. An. Fac. med.2002. [Internet].[citado 20 de mayo del 2022]; 63(1): 51-64. Disponible en: https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/1477/1260
25. Cedano K, Requena L. Estudio toxicológico de los niveles de concentración de cadmio, manganeso y plomo, en sangre y/u orina en personas expuestas en las avenidas Abancay y Alfonso Ugarte de la ciudad de Lima [tesis]. Lima: UNMSM; 2008. Disponible en: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/1110
26. Romero B. Contaminación por metales pesados en alimentos en Ecuador: Meta-análisis. Universidad De Guayaquil; 2020. [Online].; 2021. [Internet]. [citado 28 de agosto de 2021]. Disponible en:

http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/48744/1/TESIS%20EMPASTAR.PDF

27. Corzo I, Velásquez M. El plomo y sus efectos en la salud. Acta médica del centro, 2014;8(3): p. 141-148. [Internet]. [citado 25 de agosto de 2021]. Disponible en: https://www.medigraphic.com/pdfs/medicadelcentro/mec-2014/mec143x.pdf
28. García – García N, Pedraza-Garciga J, Montalvo J, Martínez M. Evaluación preliminar de riesgos para la salud humana por metales pesados en las bahías de Buenavista y San Juan de los Remedios, Villa Clara, cuba. Revista Cubana de Química. 2012; 24(2): p.126-135. [Internet]. [citado 25 de agosto de 2021]. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543726004
29. Ascona-Cruz M, Ramírez R, Vicente-Flores A. Efectos tóxicos del plomo. Revista Española Médico Quirúrgico. 2015; 20(2015): p. 72-77. [Internet]. [citado 30 de agosto de 2021]. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/473/47345916012.pdf
30. Chumbipuma M, Chuchon M. Determinacion de plomo, cadmio y arsénico en arroz (Oryza sativa) expendido en el Mercado 3 de febrero - distrito de la Victoria Provincia de Lima - período de junio-noviembre de 2015. Lima; 2016. [Internet]. [citado 15 de agosto de 2021]. Disponible en: https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12990/1068/Tesis_determinaci%c3%b3n%20cuantitativa%20Cadmio_20%20marcas%20arroz_expendidas_supermercados%20Lima_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
31. Martínez C. Factores de exposición relacionados con los niveles de plomo y cadmio en leche materna en muestras provenientes de un hospital de bogotá 2019. [Internet]. [citado 26 de agosto de 2021]. Disponible en: Tesis MSc Pb y Cd en Leche Materna.pdf (unal.edu.co)
32. Rodríguez R, Cuellar L, Maldonado C, Suardiaz E. Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. Revista cubana de Investigaciones Biomédicas. 2016; 35(3): p. 251-271. [Internet]. [citado 28 de agosto de 2021]. Disponible en: https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=70505
33. Tineo B, Periche R. Evaluación del contenido de metales pesados en la margen izquierda del Valle del río Tumbes y su absorción por el cultivo de arroz durante el periodo Marzo – Julio 2018. Tumbes; 2019. [Internet]. [citado 02 de setiembre de 2021]. Disponible en:

https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/383/TESIS%20-%20PERICHE%20Y%20TINEO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

34. Cámara M. Determinación de residuos de metales tóxicos en arroz mediante ICP-MS. Jaén: 2018. [Internet]. [citado 02 de setiembre de 2021]. Disponible en: https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/8729/1/TFG_Camara_Arroyo_Manuel_Jesus.pdf
35. Sinchi I. Determinación de plomo en suelo y arroz (*Oryza sativa L.*) en dos cantones de la provincia de Guayas. Guayaquil; 2019. [Internet]. [citado 30 de agosto de 2021]. Disponible en: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39730/1/TRABAJO%20DE%20TITULACI%c3%93N%20FINAL%20Y%20ANEXOS%20%20SINCHI%20HIDALGO%20IVAN.pdf
36. Roya A, Ali M. Heavy metals in rice samples on the Torbat Heidarieh market, Iran. Food additives & Contaminants. 2016;10(1):59-63. [Internet]. [citado 30 de agosto de 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.1080/19393210.2016.1247918
37. Liu L, Han J, Xu X, Xu Z, Abeysinghe K, Atapattu, A, Qiu G. Dietary exposure assessment of cadmium, arsenic, and lead in market rice from Sri Lanka. Environmental Science and Pollution Research. 2020. [Internet]. [citado 30 de agosto de 2021]. Disponible en: https://doi.org/10.1007/s11356-020-10209-0
38. Shokrzadeh M, Fathalinezhad F, Khoshvishkaie E. Concentrations of Heavy Metals (Cr, Cd, Pb) in Three Types of Rice in Astaneh-Ashrafieh, Iran. Journal Mazandaran University of Medical Sciences. 2017; 26(146): p. 196-200. [Internet]. [citado 30 de agosto de 2021]. Disponible en: http://jmums.mazums.ac.ir/browse.php?a_id=9681&sid=1&slc_lang=en
39. Dehghani M, Mosaferi F. Determination of Heavy Metals (Cadmium, Arsenic and Lead) in Iranian, Pakistani and Indian rice Consumed in Hormozgan Province, Iran. Journal Mazandaran University of Medical Sciences. 2016; 25(134): p. 363-367. [Internet]. [citado 30 de agosto de 2021]. Disponible en: https://www.sid.ir/EN/JOURNAL/ViewPaper.aspx?ID=533438.
40. Quantification and health risk assessment of lead and cadmium in wheat, rice, and their processed products from Peru: Journal of Environmental Science and Health, Part B: Vol 57, No 4 [Internet]. [citado 17 de mayo de 2022]. Disponible en:

https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03601234.2022.2049152?journalCode=lesb20

41. Fernández E, Fernández D. Revisión de la concentración de metales pesados por uso de agroquímicos en agua de riego, suelo y cultivo de arroz. Tarapoto;2020. [Internet]. [citado 30 de agosto de 2021]. Disponible en: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3215/Eliana_Trabajo_Bachillerato_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

42. Noriega P, María V, Wilma G. ESPECTROSCOPÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON LLAMA Y SU APLICACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE PLOMO Y CONTROL DE PRODUCTOS COSMÉTICOS. 2012; 15(1). [Internet]. [citado 20 de agosto de 2021]. Disponible en: Espectroscopia de absorcion atomica con llama y su aplicacion para la determinacion de plomo y control de productos cosmeticos.pdf (ups.edu.ec)

43. Castillo J. Cuantificación de metales pesados (plomo y cadmio) en agua, por Espectroscopía de Absorción Atómica con Horno de grafito. In Castillo J. Aportes analíticos al estudio de aguas residuales y potables. Cali, Colombia: USC; 2020. p. 63-87. [Internet]. [citado 05 de setiembre de 2021]. Disponible en: https://docplayer.es/213034085-Capitulo-iii-cuantificacion-de-metales-pesados-plomo-y-cadmio-en-agua-por-espectroscopia-de-absorcion-atomica-con-horno-de-grafito.html

44. Skoog D, Holler F, Nieman T. PRINCIPIO DE ANALISIS INSTRUMENTAL. 5th ed. Madrid: Mc. Graw Hill; 2001.

45. Garde R. Graphite furnace atomic absorption spectrometry for the selective detection and quantification of nanoparticles. Nanostructured Mater Nanotechnology Applications. 2016; 2020: p. 1-28. [Internet]. [citado 20 de setiembre de 2021]. Disponible en: https://zaguan.unizar.es/record/58642/files/TAZ-TFM-2016-838.pdf

46. Mañay N, Clavijo G, Díaz L. Repositorio Institucional de la Facultad de Química (RIQUIM). Armienta M, Litter M, Farías S. IBEROARSEN Metodologías analiticas para la determinación y especiación de arsenico en aguas y suelos. Argentina: CYTED; 2009. [Internet]. [citado 26 de setiembre de 2021]. Disponible en: Monografia2_000.pdf (fq.edu.uy)

47. OMS. Intoxicación por plomo. [Online].; 2021. [Internet]. [citado 28 de agosto de 2021]. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health#:~:text=Si%20el%20grado%20de%20exposici%C3%B3n,intelectual%20o%20trastornos%20del%20comportamiento.

48. Instituto Nacional del Cáncer. Diccionario de cáncer del NCI. [Online] Acceso 30 de setiembre de 2021. Disponible en: https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/buscar/espectroscopia/?searchMode=Begins

49. Repositorio Institucional de la UNLP. Introducción a la taxonomía. [Online]; 2014. Acceso 30 de setiembre de 2021. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/33812

50. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la Investigación, 6a. Edición México: Editorial Mc Grawhill; 2014. [Internet]. [citado 25 de setiembre de 2021]. Disponible en: https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf

51. Hernández Sampieri R, Mendoza Torres C. Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Primera ed. Ciudad de México: McGraw Hill Education; 2018. [Internet]. [citado 10 de abril de 2022]. Disponible en: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf

52. Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales | Situación Alimentaria Mundial | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [Internet]. [citado 17 de mayo de 2022]. Disponible en: https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/

53. Análisis de Mercado - Arroz 2016 - 2020 [Internet]. [citado 17 de mayo de 2022]. Disponible en: https://www.gob.pe/institucion/sse/informes-publicaciones/2201760-analisis-de-mercado-arroz-2016-2020

54. Choquenaira C, Angulo S, Rojas K, Yucra H, Villanueva J. Quantification and health risk assessment of lead and cadmium in wheat, rice, and their processed products from Peru. Revista de Ciencias Ambientales y Salud,2022; Parte B, 57:4, 297-304. Disponible en:

https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03601234.2022.2049152?journalCode=lesb20

55. Román Y, Choque G, Tejada T, Yucra H, Durand A, Hamaker B. Heavy metal contamination and health risk assessment in grains and grain-based processed food in Arequipa, region of Peru. Chemosphere. 2021;274:129792. [Internet]. [citado 25 de mayo de 2022]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521002617
56. Lai Y, Syu C, Wang P, Lee D, Fan C, Juang K. Field experiment for determining lead accumulation in rice grains of different genotypes and correlation with iron oxides deposited on rhizosphere soil. Sci Total Environ. 2018;610-611:845-53. [Internet]. [citado 10 de junio de 2022]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28826122/
57. Changping M, Yinxian S, Lingxiao C, Junfeng J, Jizhou L, Xuyin Y, Zhongfang Y, Ayoko G, Frost R, Theiss F,Human health risks of heavy metals in paddy rice based on transfer characteristics of heavy metals from soil to rice.CATENA.2019;(175)339-344. [Internet]. [citado 10 de junio de 2022]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816218305654
58. Al-Saleh I, Abduljabbar M. Heavy metals (lead, cadmium, methylmercury, arsenic) in commonly imported rice grains (Oryza sativa) sold in Saudi Arabia and their potential health risk. Int J Hyg Environ Health. 1 de octubre de 2017;220(7):1168-78. [Internet]. [citado 10 de junio de 2022]. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28780210/
59. Ochoa M, Tierra W, Tupuna-Yerovi D, Guanoluisa D, Otero X, Ruales J. Assessment of cadmium and lead contamination in rice farming soils and rice (Oryza sativa L.) from Guayas province in Ecuador. Ecuador: Environmental Pollution.2020;260:1-9. [Internet]. [citado 26 de octubre de 2022]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114050

X. ANEXOS

Anexo 1

“Recolección de muestras de arroz a granel del centro de abastos Huamantanga del distrito de Puente Piedra, departamento de Lima”



Figura 15: “Ingreso al mercado Huamantanga”

Fuente: elaboración propia, diciembre de 2021.



Figura 16. “Adquisición de muestras de arroz a granel en el centro de abastos Huamantanga”
Fuente: elaboración propia, diciembre 2021.



Figura 17. “Compra de arroz a granel en tienda de abarrotes en el centro de abastos Huamantanga”.

Fuente: elaboración propia, diciembre 2021.



Figura 18. “Pesaje de arroz a granel”

Fuente: elaboración propia, diciembre de 2021.

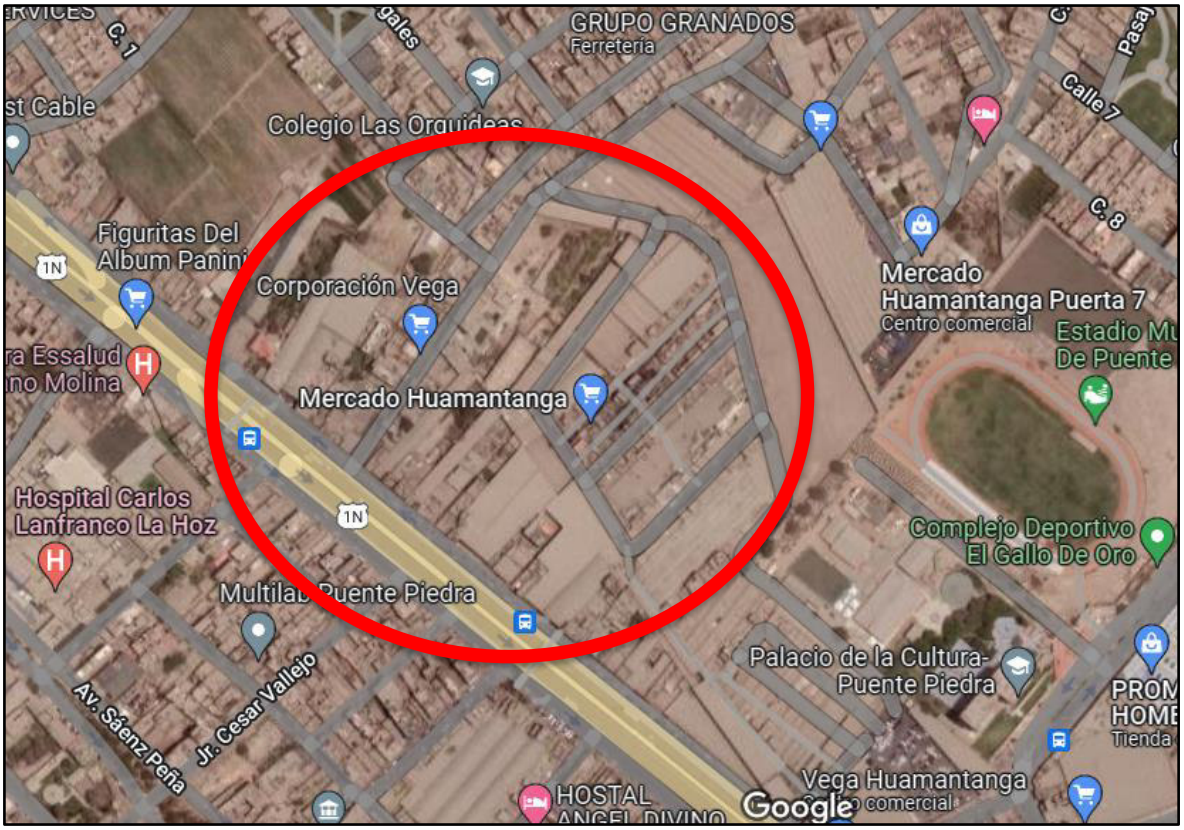


Figura 19. “Mapa de ubicación del Mercado Huamantanga ubicado en el distrito de Puente Piedra - Lima, Perú”
Fuente: google maps, octubre 2022

Anexo 2

“Acondicionado de muestras para el análisis en el laboratorio”



Figura 20. “Acondicionado de las muestras de arroz adquiridas en el centro de abastos Huamantanga para su envío al laboratorio de análisis Cicotox”
Fuente: elaboración propia, febrero de 2022.



Figura 21. “Acondicionado de las muestras de arroz adquiridas en el centro de abastos Huamantanga para su envío al laboratorio de análisis Cicotox”
Fuente: elaboración propia, febrero de 2022.

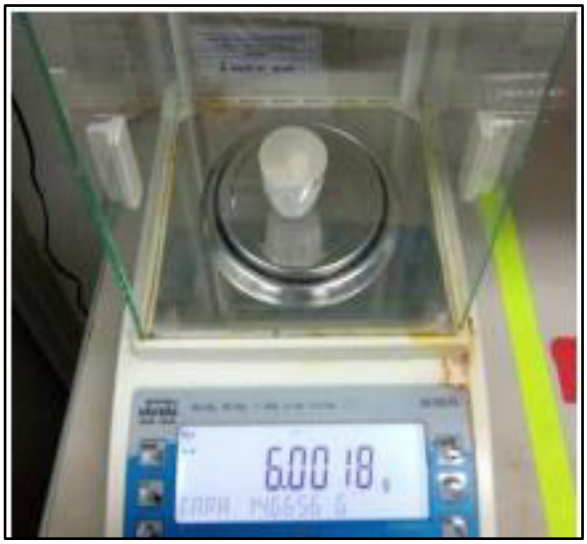


Figura 22. “Proceso de pesado de 6 g de arroz”

Fuente: elaborado por laboratorio Cicotox, marzo de 2022.



Figura 23. “Etapa de precalcinación hasta 350°C”

Fuente: elaborado por laboratorio Cicotox, marzo de 2022.



Figura 24. “Muestras llevadas a mufla para calcinación a 500°C por 8 horas”

Fuente: elaborado por laboratorio Cicotox, marzo de 2022.



Figura 25. “Muestras con 10mL de solución de ácido clorhídrico 6M”

Fuente: elaborado por laboratorio Cicotox, marzo de 2022.



Figura 26. “Muestras transferidas a fiolas de 25mL diluido con agua pura”

Fuente: Elaboración propia.



Figura 27. “Proceso de lectura mediante EAA en horno de grafito”

Fuente: elaborado por laboratorio Cicotox, marzo de 2022.



Figura 28. “Lectura de muestra por absorción atómica”

Fuente: elaborado por laboratorio Cicotox, marzo de 2022.

ANEXO 3

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO DE CADMIO

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°	94486	-	94505

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Luz Novoa Ordoñez

TESIS: Determinación de las concentraciones de plomo y cadmio en diferentes marcas de arroz (*Oryza sativa*) expendidos en el mercado Huamantanga - Puente Piedra durante el periodo noviembre - diciembre 2021

FECHA DE RECEPCIÓN: 28 DE FEBRERO DE 2022 HORA: 13:00 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 4 DE MARZO DE 2022 HORA: 08:00 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 12 DE ABRIL DE 2022 HORA: 07:00 a.m.

MÉTODOS **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
94486	Os - a1	Cuantificación de Cadmio	0.042mg/kg
94487	Os - a2	Cuantificación de Cadmio	0.082mg/kg
94488	Os - a3	Cuantificación de Cadmio	0.105mg/kg
94489	Os - a4	Cuantificación de Cadmio	0.062mg/kg
94490	Os - a5	Cuantificación de Cadmio	0.272mg/kg
94491	Os - a6	Cuantificación de Cadmio	0.156mg/kg
94492	Os - a7	Cuantificación de Cadmio	0.019mg/kg
94493	Os - a8	Cuantificación de Cadmio	0.169mg/kg
94494	Os - a9	Cuantificación de Cadmio	0.044mg/kg
94495	Os - a10	Cuantificación de Cadmio	0.054mg/kg
94496	Os - a11	Cuantificación de Cadmio	0.037mg/kg
94497	Os - a12	Cuantificación de Cadmio	0.074mg/kg
94498	Os - a13	Cuantificación de Cadmio	0.079mg/kg
94499	Os - a14	Cuantificación de Cadmio	0.108mg/kg
94500	Os - a15	Cuantificación de Cadmio	0.018mg/kg
94501	Os - a16	Cuantificación de Cadmio	0.028mg/kg
94502	Os - a17	Cuantificación de Cadmio	0.027mg/kg
94503	Os - a18	Cuantificación de Cadmio	0.150mg/kg
94504	Os - a19	Cuantificación de Cadmio	0.112mg/kg
94505	Os - a20	Cuantificación de Cadmio	0.362mg/kg

Limite de detección del cadmio: < 0.001mg/kg

Lima, 12 de abril de 2022

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

Analista de CICOTOX
Tox. Alejandro Chavez Quispe
APTX N° 013

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

ANEXO 4

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO DE PLOMO

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°	94466	-	94485

PROTOCOLO DE ANÁLISIS TOXICOLÓGICO

SOLICITANTE: Srta. Luz Novoa Ordoñez

TESIS: Determinación de las concentraciones de plomo y cadmio en diferentes marcas de arroz (*Oryza sativa*) expendidos en el mercado Huamantanga - Puente Piedra durante el periodo noviembre - diciembre 2021

FECHA DE RECEPCIÓN: 28 DE FEBRERO DE 2022 HORA: 13:00 p.m.

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 4 DE MARZO DE 2022 HORA: 08:00 a.m.

FECHA DE TÉRMINO DE ANÁLISIS: 12 DE ABRIL DE 2022 HORA: 07:00 a.m.

MÉTODOS **Plomo** : 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
94466	Os - a1	Cuantificación de Plomo	0.638mg/kg
94467	Os - a2	Cuantificación de Plomo	0.452mg/kg
94468	Os - a3	Cuantificación de Plomo	0.288mg/kg
94469	Os - a4	Cuantificación de Plomo	0.230mg/kg
94470	Os - a5	Cuantificación de Plomo	0.764mg/kg
94471	Os - a6	Cuantificación de Plomo	0.374mg/kg
94472	Os - a7	Cuantificación de Plomo	0.168mg/kg
94473	Os - a8	Cuantificación de Plomo	0.406mg/kg
94474	Os - a9	Cuantificación de Plomo	0.364mg/kg
94475	Os - a10	Cuantificación de Plomo	0.462mg/kg
94476	Os - a11	Cuantificación de Plomo	0.427mg/kg
94477	Os - a12	Cuantificación de Plomo	0.312mg/kg
94478	Os - a13	Cuantificación de Plomo	0.217mg/kg
94479	Os - a14	Cuantificación de Plomo	0.427mg/kg
94480	Os - a15	Cuantificación de Plomo	0.284mg/kg
94481	Os - a16	Cuantificación de Plomo	0.257mg/kg
94482	Os - a17	Cuantificación de Plomo	0.852mg/kg
94483	Os - a18	Cuantificación de Plomo	0.770mg/kg
94484	Os - a19	Cuantificación de Plomo	0.221mg/kg
94485	Os - a20	Cuantificación de Plomo	0.280mg/kg

Límite de detección del plomo: < 0.004mg/kg

Lima, 12 de abril de 2022

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

Analista de CICOTOX
Tox. Alejandro Chavez Quispe
APTX N° 013