



FACULTAD DE TECNOLOGÍA MÉDICA

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE SANGRE Y
ORINA EN PACIENTES DE UN LABORATORIO PARTICULAR DE LIMA, 2022

Línea de investigación:
Salud publica

Tesis para optar por el Título Profesional de Licenciado en Tecnología
Médica en Especialidad de Laboratorio Clínico y Anatomía Patológica

Autora

Alvarez Salazar, Naysha Kimberly

Asesor

Hurtado Concha, Arístides

ORCID: 0000-0003-2384-4735

Jurado

Astete Medrano, Delia Jessica

Garay Bambaren, Juana Amparo

Lazón Mansilla, David

Lima - Perú

2025



"CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE SANGRE Y ORINA EN PACIENTES DE UN LABORATORIO PARTICULAR DE LIMA, 2022"

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

- | | | |
|---|--|-----|
| 1 | repositorio.unfv.edu.pe | 4% |
| 2 | hdl.handle.net | 3% |
| 3 | Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal | 1% |
| 4 | repositorio.uma.edu.pe | 1% |
| 5 | worldwidescience.org | 1% |
| 6 | repositorio.untrm.edu.pe | 1% |
| 7 | es.slideshare.net | 1% |
| 8 | Submitted to Universidad de San Martín de Porres | <1% |



FACULTAD DE TECNOLOGÍA MÉDICA

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE SANGRE Y ORINA EN PACIENTES DE UN LABORATORIO PARTICULAR DE LIMA, 2022.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: SALUD PÚBLICA

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE LICENCIADO TECNOLOGO MÉDICO EN
LABORATORIO CLÍNICO Y ANATOMÍA PATOLÓGICA**

Autor:

Alvarez Salazar, Naysha Kimberly

Asesor:

Arístides Hurtado Concha

ORCID: 0000-0003-2384-4735

Jurados:

Astete Medrano, Delia Jessica

Garay Bambaren, Juana Amparo

Lazón Mansilla, David

LIMA – PERÚ

2025

Dedicatoria

Dedico esta tesis a Dios quien ha sido mi guía hasta el día de hoy.

A mis padres quienes a lo largo de mi vida me dieron su apoyo y sus consejos incondicionales, y por creer en mí siempre.

A mis abuelos María y Vidal, aunque ya no estén físicamente siguen presente sus enseñanzas siguen guiándome día a día, mi corazón todavía llora su ausencia y esta dedicatoria es mi pequeña forma de decirle que nunca los olvidaré.

Y a mi amor de 4 patas, mi kuki, mi compañero fiel que estuvo conmigo en esas madrugadas de desvelo durante estos años de camino universitaria.

Agradecimientos

.A mi alma mater la universidad nacional federico
Villarreal

A mi facultad de tecnología medica que me formo para
ser un buen profesional

A mi asesor Dr Aristides y a mis jurados por su paciencia
y enseñanzas durante estos meses

A todos mis docentes que han sido parte de mi camino
universitario, en especial a mi querido y estimado Dr.
Prado que me brindo su ayuda incondicional desde el día
uno del desarrollo de mi investigación gracias por su
paciencia, por compartir sus conocimientos de manera
profesional e invaluable.

Índice

I. Introducción	1
1.1 Descripción y formulación del problema.....	2
1.2. Antecedentes	5
1.3. Objetivos	9
1.4. Justificación	10
II. Marco Teórico	11
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	11
III. Método	22
3.1. Tipo de investigación.....	22
3.2. Ámbito temporal y espacial	23
3.3. Variables	23
3.4. Población y Muestra	24
3.5. Instrumentos.....	26
3.6. Procedimientos.....	27
3.7. Análisis de datos	27
3.8. Consideraciones éticas	28
IV. Resultados.....	28
V. Discusión	34
VI. Conclusiones	39

VII.	Recomendaciones.....	40
VIII.	Referencias	41
IX.	Anexos	48

Resumen

Durante el transcurso de la vida diaria las personas podemos estar expuestas a metales pesados, muchas veces debido a la contaminación industrial o productos producidos por el hombre, esta intoxicación puede ser de manera voluntaria o involuntaria. El objetivo de la investigación fue determinar la concentración de metales pesados en muestras de sangre y orina entre pacientes de un laboratorio particular de Lima durante el año 2022. El estudio siguió una metodología no experimental, transversal, descriptivo y retrospectivo donde se incluyó a 331 pacientes que se realizaron el dosaje para determinar la concentración de los metales pesados (plomo, cadmio y arsénico). La investigación encontró en los pacientes una edad media de 34.92 años y un peso de 73.12 Kg, la mayoría fueron varones (96.7%) y provenían de Lima (86.4%), seguido del Callao (10.6%). Se observó que 295 (89.12%) pacientes se realizaron el dosaje de plomo, 179 (54.08%) se realizaron el dosaje de cadmio y 53 (16.01%) se realizaron el dosaje de arsénico. La concentración de plomo, cadmio y arsénico fue de 3.05 µg/dL, 0.55 µg/g/creatinina y 13.33 µg/L, respectivamente. Se observó que el 5.76% de los pacientes presentaron una concentración de plomo elevada y el 3.91% tenían una concentración de cadmio elevada. Sin embargo, no se observó concentraciones de arsénico elevadas en los pacientes. Se concluyó que las concentración promedio de plomo, cadmio y arsénico en muestras de sangre y orina entre pacientes de un laboratorio particular de Lima se encontraron dentro de los valores referenciales.

Palabras claves: metales pesados, plomo, cadmio, arsénico.

Abstract

During daily life, people can be exposed to heavy metals, often due to industrial pollution or products produced by man; this poisoning can be voluntary or involuntary. The objective of the research was to determine the concentration of heavy metals in blood and urine samples among patients from a private laboratory in Lima during the year 2022. The study followed a non-experimental, cross-sectional, descriptive, and retrospective methodology where 331 patients were included who underwent testing to determine the concentration of heavy metals (lead, cadmium, and arsenic). The investigation found in the patients an average age of 34.92 years and a weight of 73.12 kg; the majority were men (96.7%) and came from Lima (86.4%), followed by Callao (10.6%). It was observed that 295 (89.12%) patients had lead testing done, 179 (54.08%) had cadmium testing done, and 53 (16.01%) had arsenic testing done. The concentrations of lead, cadmium, and arsenic were 3.05 µg/dL, 0.55 µg/g creatinine, and 13.33 µg/L, respectively. It was observed that 5.76% of the patients had an elevated lead concentration, and 3.91% had an elevated cadmium concentration. However, elevated arsenic concentrations were not observed in the patients. It was concluded that the average concentrations of lead, cadmium and arsenic in blood and urine samples among patients from a private laboratory in Lima were within the reference values.

Keywords: heavy metals, lead, cadmium, arsenic.

I. Introducción

La intoxicación por metales pesados es considerada en la actualidad un problema de salud pública, debido a que el plomo, el cromo, el arsénico, el mercurio, el níquel y el cadmio representan una grave amenaza cuando se superan los límites permisibles (Renu et al., 2021). Estos pueden hallarse en el aire, suelo y agua, siendo generados y emitidos en una elevada cantidad por procesos industriales como en la industria minera, petrolera y electrónica; además, en actividades como la plomería, pintura, fabricación y reparación de baterías, elaboración de plásticos, cremaciones, entre otras (Rodríguez, 2017).

Se ha registrado, a nivel global, más de 2 millones de muertes por exposición a productos químicos, donde aproximadamente el 50% representaban a la intoxicación por plomo, ocasionando más de 21.7 millones de años por discapacidad (Organización Mundial de la Salud, 2022). Así mismo, un tercio de los niños en todo el mundo presentaron concentraciones de plomo sanguíneo mayores a 5 µg/dL encontrando niveles alarmantes en el Sur de Asia y en África subsahariana (United Nations International Children's Emergency Fund [UNICEF], 2020).

Es relevante mencionar que son graves las repercusiones para la salud en las personas; debido a que, estos metales pesados no son biodegradables propiciando su bioacumulación en los órganos, tejidos y también a nivel celular. De esta manera, el incremento de los iones metálicos en el citoplasma origina alteraciones en el equilibrio redox intracelular, generando estrés oxidativo e induciendo a perturbaciones en el pH citoplasmático y en la síntesis de las proteínas impidiendo su adecuado desempeño; en consecuencia, se produce una disfunción celular y finalmente la apoptosis o necrosis celular (Kim et al., 2019; Paithankar et al., 2021).

En este sentido, la presente investigación tuvo como finalidad determinar la concentración de metales pesados (plomo, cadmio y arsénico) en muestras de sangre y orina en pacientes de un

laboratorio particular de Lima que contribuirá generar un conocimiento epidemiológico importante en la población limeña permitiendo establecer a futuro estrategias sanitarias que ayuden a prevenir y controlar la exposición a estos metales pesados.

1.1 Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

Los metales pesados se encuentran considerados como tóxicos ambientales de potencial peligro para la salud de todos los seres vivos. Estos se definen como elementos de alta densidad y peso atómico, producidos generalmente por procedimientos industriales, entre ellos se consideran principalmente el plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (As), cobre (Cu), mercurio (Hg), y níquel (Ni) (Rodríguez, 2017).

A nivel mundial se ha reportado que más de 2 millones de defunciones por exposición a productos químicos, donde aproximadamente el 50% correspondían a intoxicación por plomo y ha provocado más de 21.7 millones de años por discapacidad; es decir, años de vida saludable perdidos a causa de la discapacidad por intoxicación de plomo. Así mismo, en el 30% de los casos se ha observado discapacidad intelectual idiopática, en el 4.6% patologías cardiovasculares y en el 3% patologías renales (Organización Mundial de la Salud, 2022).

Una investigación realizada por Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, por sus siglas en inglés) (2020), manifestó que más del 30% de los niños a nivel global (800 millones aproximadamente) poseen niveles de plomo sanguíneo mayores a 5 µg/dL. Así mismo, se menciona que los lugares con mayor número de personas de 0 a 19 años niveles de plomo en la sangre mayores 5 µg/dL son el Sur de Asia con 378 651 188 niños y África subsahariana con 232 483 273 niños. Además, en América Latina y el Caribe

se observó 49 millones de casos de niños con concentraciones de plomo por encima de 5 µg/dL, constituyendo en grave problema de salud pública.

Una investigación realizada en Taiwán, se observó una mortalidad del 1.6% con relación a la intoxicación por metales pesados, los cuales presentaron concentraciones más elevadas de cadmio y cobre en orina asociándose significativamente con la mortalidad ($p < 0.05$) en la población taiwanesa (Liu et al., 2021). Según Shi & Wang (Shi & Wang, 2021) existe concentraciones de contaminación por metales pesados del polvo en interiores, hallando niveles elevados de cobre (100 mg/kg) y zinc (300 mg/kg) en los sitios de estudio superando los límites permisibles correspondientes; además, las concentraciones de plomo en la sangre de los niños de Alemania, Estados Unidos y China superaron los niveles umbrales con una prevalencia de 49.8 %, 36.8 % y 14.4 % de intoxicación, respectivamente.

Un estudio realizado en la población económicamente activa de la ciudad de Lima para determinar la concentración de plomo en sangre encontró una media de 4.62 µg/dl, donde el grupo etario de 56 a 68 años presentaron concentraciones promedio de 7.92 µg/dl y las personas que tenían el hábito de fumar tabaco presentaron concentraciones promedio de 5.74 µg/dl (Paúcar-Villa, 2015). Por ello, en el Perú con la finalidad de contribuir a la prevención y control de la exposición e intoxicación por metales pesados y metaloides se estableció realizar la “vigilancia epidemiológica de factores de riesgo por exposición e intoxicación por metales pesados y metaloides” (Centros para el Control y Prevención de Enfermedades, 2022).

En este contexto, la intoxicación por metales pesados causado por la contaminación ambiental, el desarrollo industrial, la agricultura, entre otras actividades humanas generan

la bioacumulación de estos metales en el organismo; lo cual, origina una variedad de efectos tóxicos y alteraciones a nivel de tejidos, órganos y a nivel celular. De esta manera, puede presentar casos de disfunción gastrointestinal, disfunción renal, trastornos del sistema nervioso, lesiones cutáneas, daño vascular, disfunción del sistema inmunitario, defectos de nacimiento y el neoplasias (Balali-Mood et al., 2021; Rehman et al., 2018). Por ello, la investigación contribuye en aportar información epidemiológica importante con relación a la concentración de metales pesados en la población limeña permitiendo generar posteriormente estrategias sanitarias que ayuden a prevenir y controlar la exposición a estos metales pesados.

1.1.2. *Formulación del problema.*

- **Problema general**

¿Cuál es la concentración de metales pesados en muestras de sangre y orina en pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022?

- **Problemas específicos**

- ¿Cuál es la concentración de plomo en muestras de sangre de pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022?
- ¿Cuál es la concentración de cadmio en muestras de orina de pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022?
- ¿Cuál es la concentración de arsénico en muestras de orina de pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes Nacionales

Romero (2019) en su pesquisa realizada en Arequipa presento como objetivo general analizar la influencia del adecuado empleo del equipo de protección personal en las concentraciones sanguíneas de plomo en trabajadores mineros de la Minera Coripuno. Se realizó una investigación observacional empleando una revisión de los registros de identificación de peligros, evaluación de riesgos y control; además, se recopiló los datos de las concentraciones trimestrales de plomo en sangre de 27 trabajadores de la Minera Coripuno. Se encontró como resultado que el 74.07% de los trabajadores tuvieron concentraciones de plomo menores a 6 $\mu\text{g}/\text{dL}$ que representan la ausencia de exposición, el 14.81% presentaron concentraciones no significativa de plomo entre 6 $\mu\text{g}/\text{dL}$ a 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ y en el 11.11% de los trabajadores presentaron concentraciones mayores a 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ siendo recomendable minimizar la exposición de plomo. Así mismo, el 18.52% de los trabajadores presentaron un empleo inadecuado de equipo de protección personal alcanzando concentraciones de $11.16 \pm 5.00 \mu\text{g}/\text{dL}$ a diferencia de los trabajadores que hicieron uso adecuado, alcanzando concentraciones de $3.11 \pm 1.69 \mu\text{g}/\text{dL}$ ($p < 0.05$). De este modo, se pudo concluir que el empleo adecuado del equipo de protección personal protege contra las concentraciones elevadas de plomo en trabajadores de la Minera Coripuno.

Rodríguez (2018) en su investigación realizada en Trujillo tuvo como objetivo determinar la concentración de plomo y cadmio en sangre de los alumnos de la Universidad Nacional de Tumbes durante el año 2018. Para ello, se realizó un estudio de diseño observacional, de alcance descriptivo y de enfoque cuantitativo; de esta manera, se tomó la muestra sanguínea a los estudiantes y se realizó el dosaje de plomo y cadmio mediante

espectrometría de absorción atómica. La investigación halló que los alumnos presentaron concentraciones de plomo entre $\leq 2.0 \text{ } \mu\text{g/dl}$ y $4.46 \text{ } \mu\text{g/dl}$, donde el 53% tenían concentraciones $\leq 2.0 \text{ } \mu\text{g/dl}$ y las concentraciones de cadmio se encontraban entre $\leq 0,5 \text{ } \mu\text{g/l}$ y $1.83 \text{ } \mu\text{g/l}$, donde el 45% tenían entre $1.10 \text{ } \mu\text{g/l} - 1.50 \text{ } \mu\text{g/l}$. Se concluye que, si bien es cierto que no son concentraciones alarmantes, esto a futuro podría provocar un daño a la salud de la población.

Chávez (2018) en su estudio desarrollado en Lima tuvo como objetivo determinar los niveles de plomo sanguíneo en adultos residentes del asentamiento humano "Virgen de Guadalupe". Se empleo un diseño no experimental y de enfoque cuantitativo mediante espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito a 40 muestras de personas residentes del asentamiento humano. En consecuencia, se halló una concentración media de plomo de $2.288 \text{ } \mu\text{g/dL}$ en los residentes del asentamiento humano, donde la población femenina presento concentración media de $2.066 \text{ } \mu\text{g/dL}$ y en la población masculina una concentración media de $2.732 \text{ } \mu\text{g/dL}$. Así mismo, las personas no residentes del asentamiento humano presentaron una concentración media menor a $0.100 \text{ } \mu\text{g/dL}$. Finalmente, se concluyó que los residentes del asentamiento humano poseen una concentración de plomo más elevada en comparación a las personas que no residen en el asentamiento humano; no obstante, las concentraciones sanguíneas de plomo se encontraron por debajo del límite establecido por la Organización Mundial de la Salud.

1.2.2. Antecedentes Internacionales

Huang et al. (2022) en su investigación realizada en Taiwán, China tuvo como objetivo determinar las diferencias de género en la relación entre metales pesados y el hemograma, analizando la hemoglobina, el volumen corpuscular medio (VCM) y la

concentración de hemoglobina corpuscular media (MCHC). Para ello, se realizó un estudio observacional y cuantitativo empleando una encuesta a 2447 participantes y analizando las concentraciones de Cadmio, Cobre, Arsénico, Manganeso, Cromo y Níquel en orina, y concentración de Plomo en sangre mediante la espectrometría de absorción atómica en horno de grafito. La investigación encontró como resultados una media de edad de 55.1 ± 13.2 años y el índice de masa corporal fue de $25.0 \pm 3.9 \text{ kg/m}^2$. Así mismo, se halló una concentración promedio de plomo en sangre de $1.6 (1.0\text{--}2.2) \text{ mg/L}$, en orina se encontró una concentración media de cromo de $0.1 (0.1\text{--}0.1) \mu\text{g/L}$, de manganeso $1.7 (0.9\text{--}3.0) \mu\text{g/L}$, de níquel $2.4 (1.5\text{--}3.7) \mu\text{g/L}$, de arsénico $78.9 (45.6\text{--}142.0) \mu\text{g/L}$, de cobre $1.5 (1.0\text{--}2.0) \mu\text{g/L}$ y de cadmio $0.8 (0.5\text{--}1.4) \mu\text{g/L}$. Además, en la población femenino, el plomo y el níquel se asociaron significativamente de forma negativa con la hemoglobina ($p < 0.001$). De esta manera, se concluye que en las mujeres se encontraron asociaciones significativas de hemogramas con metales pesados como plomo y níquel.

Lee et al. (2021) en su estudio desarrollado en Corea tuvo como objetivo principal determinar la asociación entre la exposición de material particulado y las concentraciones sanguíneas de plomo (Pb), cadmio (Cd) y mercurio (Hg) en amas de casa coreanas. Se desarrolló un estudio no experimental donde se incluyó a 88 amas de casa coreanas que se les midió las concentraciones de material particulado en interiores empleando un método gravimétrico y analizó las concentraciones de Cd, Pb y Hg en sangre. En las características generales se encontró que la mayoría (46.6%) de las amas de casa se encontraban en grupo etario de 33 a 24 años, solo el 2.3% eran fumadoras, el 85.2% consumían alcohol y el 65.9% presentaron un índice de masa corporal inferior a 25. Así mismo, se halló que el cadmio, plomo y mercurio presentaron concentraciones promedio de $0.63 \mu\text{g/L}$, $1.17 \mu\text{g/L}$

y 1.95 µg/L, respectivamente. Además, la exposición a material particulado se relacionó significativamente con las concentraciones sanguíneas de cadmio en las amas de casa coreanas. Se concluyó que existe una relación significativa entre la exposición a material particulado en interiores y las concentraciones de cadmio sanguíneo en amas de casa coreanas.

Duan et al. (2020) en su investigación desarrollada en Estados Unidos tuvo como objetivo determinar la relación entre las concentraciones de metales pesados en sangre y orina con las enfermedad cardiovascular (ECV) y la mortalidad por cáncer. La investigación se realizó mediante un diseño observacional obteniendo la información de la Encuesta Nacional de Examen de Salud y Nutrición (NHANES, por sus siglas en inglés) donde participaron 26 056 personas. La investigación observó que la edad promedio de la población fue de 45.9 ± 0.3 años y el índice de masa corporal fue de 28.6 ± 0.1 Kg/m². Así mismo, pudo encontrar que las concentraciones promedio en sangre de plomo, cadmio y mercurio fueron 1.49 mg/L, 0.40 mg/L y 0.90 mg/L, respectivamente y las concentraciones promedio en orina se encontraban entre 0.01 mg/L y 42.90 mg/L. También, se halló asociación la mortalidad de enfermedad cardiovascular y mortalidad por cáncer. concluyéndose existe asociación positiva para las concentraciones de metales pesados con la mortalidad general, por enfermedad cardiovascular y cáncer en relación con una muestra grande de la población general de EE. UU. No obstante, se necesitan más estudios para confirmar estos importantes hallazgos.

Ríos et al. (2020), en su investigación realizada en Chile tuvo como objetivo determinar los niveles de plomo, cromo, cadmio, mercurio y arsénico inorgánico en personas mayores de 5 años. Para cumplir con su objetivo, realizó una investigación

epidemiológica-ambiental de corte transversal y de diseño observacional en 1203 personas residentes de Antofagasta (por al menos 5 años), se recopiló la información sociodemográfica y se obtuvieron la muestras biológicas de orina y sangre para el dosaje de metales pesados mediante la técnica de espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado. La investigación halló que la residencia promedio en el lugar fue de 30 años, la edad promedio de la población fue de 30 años y el 52% de los encuestados eran fumadores. Así mismo, los adultos (8%) y los niños (12%) presentaron concentraciones mayores a 35 µg/L de arsénico inorgánico; además, se encontró concentraciones promedio de 10 µg/L para cromo, 10 µg/L para mercurio, 2 µg/L para cadmio, 10 µg/dL para plomo en sangre. También se identificó que los factores relacionados elevadas concentraciones de arsénico inorgánico en adultos fueron el sexo masculino y la baja escolaridad. El estudio concluye que es relevante analizar todas las fuentes potenciales de exposición de arsénico inorgánico.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la concentración de metales pesados en muestras de sangre y orina de pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- Estimar la concentración de plomo en muestras de sangre de pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022.
- Evaluar la concentración de cadmio en muestras de orina de pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022.

- Analizar la concentración de arsénico en muestras de orina de pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

La intoxicación por metales pesados son un problema de salud pública; ya que, son tóxicos sistémicos peligrosos para la salud humana. El presente estudio evaluó concentración de metales pesados en muestras de sangre y orina de pacientes de un laboratorio particular de Lima pudiendo generar una actualización de las cifras epidemiológicas importantes con relación a esta problemática. Así mismo, el tema de estudio es considerado como una de las prioridades de investigación en salud del territorio peruano, al realizar el diagnóstico situacional de poblaciones y trabajadores expuestos a factores de riesgo ambiental (Ministerio de Salud del Perú, 2019).

1.4.2. Justificación práctica

En el Perú, especialmente en Lima (capital del país) existe una gran cantidad de industrias y una desmesurada cantidad vehículos que generan contaminación ambiental, afectando a la salud de las personas. Asimismo, es importante precisar que las ciudades de Lima se encuentran consideradas dentro de los primeros lugares con mayor contaminación a nivel de América del sur para el año 2023 (Air Quality, 2024).

Para analizar los riesgos que los metales pesados como el plomo, el cadmio y arsénico presentan para la salud, es fundamental determinar las concentraciones en muestras de sangre y orina que se presentan en la actualidad. En ese sentido, las personas más beneficiadas con los resultados de la investigación fue la población de Lima Metropolitana, identificando también los grupos etarios y el sexo más afectado.

II. Marco Teórico

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Metales pesados*

Los metales pesados se definen como elementos de alta densidad y peso atómico, producidos generalmente por procedimientos industriales, entre ellos se consideran principalmente el plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (As), cobre (Cu), mercurio (Hg), y níquel (Ni) (Rodríguez, 2017).

Estos metales pesados se generan principalmente de la contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el empleo de fertilizantes químicos y pueden ingresar al cuerpo a través del agua potable, los alimentos, el aire que respiramos el tabaco, los cosméticos, amalgamas dentales, entre otros (Al-Saleh, 2020; Duan et al., 2020).

2.1.2. *Intoxicación por plomo*

El plomo es un elemento químico de número atómico 82 y posee una densidad de 11.4 g/ml. Este es un material ubicuo que se encuentra normalmente en la naturaleza; sin embargo, actualmente está presente en una variedad de productos industriales como en las pinturas, cerámica, dulces, en una variedad de cosméticos, baterías, soldadura, recipientes de cristal, municiones para armas, en algunas joyas y en una variedad de juguetes siendo estos fuentes de exposición o envenenamiento por plomo en niños y adultos, sin importar sexo, edad o condición socioeconómica (Hon et al., 2017).

También se estima que a nivel global hay más de 2 millones de defunciones por exposición a productos químicos, donde aproximadamente el 50% corresponden a intoxicación por plomo y ha provocado más de 21.7 millones de años por discapacidad (Organización Mundial de la Salud, 2022).

Las principales vías de ingreso en las personas son mediante la inhalación y la ingesta. La primera es la vía más frecuente, donde se llega a absorber hasta el 50% a través de los pulmones y en la ingesta un adulto puede absorber hasta un 15% de plomo y en niños llegar hasta el 50% a través del tracto gastrointestinal; además, dependiendo a su estado nutricional una persona puede absorber en el organismo más o menos plomo (Halmo y Nappe, 2023).

El plomo en el organismo se comporta como una neurotoxina; debido a que, no tiene una función fisiológica en el cuerpo, siendo capaz de traspasar la barrera hematoencefálica (Hon et al., 2017; Mayans, 2019). En este sentido, conlleva a patologías neurológicas que incluyen encefalopatía aguda, neuropatía periférica, pérdida total o parcial de la audición y también se ha observado déficits neuroconductuales como la hiperactividad, retraso en el desarrollo normal, deficiencia del cociente de inteligencia (CI), un elevado fracaso académico y pocos logros en la vida profesional y/o académica (Hon et al., 2017).

2.1.3. *Intoxicación por cadmio.*

El cadmio es elemento raro en la naturaleza y se encuentra generalmente asociado al zinc, este es de color blanco y ligeramente azulado con un peso atómico de 112 y una densidad de 8 g/ml. Así mismo, se suele encontrar en productos como pinturas, plásticos, baterías, asbestos, pigmentos, soldaduras, fotografía, vidrio, porcelana, entre otros (Londoño-Franco et al., 2016; Tinkov et al., 2017).

Este tóxico puede bioacumularse hasta por 25 años en el organismo de los seres humanos, alterando y dañando varios sistemas, órganos y tejidos como los riñones, el hígado, los huesos, los pulmones, el sistema nervioso central y el sistema cardiovascular,

también se ha informado que induce la infertilidad masculina (Lin et al., 2021; Ren et al., 2019).

2.1.4. *Intoxicación por arsénico.*

El arsénico es un elemento químico de número atómico 33 y de peso atómico 74; además, en su forma metálica es un buen conductor de la electricidad y de baja ductilidad. Así mismo, este metaloide se encuentra en el medio ambiente siendo uno de los 14 elementos traza de los océanos (Ale-Mauricio et al., 2018).

La presencia del arsénico en los alimentos, el agua o el aire es prácticamente imperceptible; debido a que este carece de color u olor, siendo un compuesto amenazador para la salud de las personas principalmente por su toxicidad (Ale-Mauricio et al., 2018; De la Rosa, 2018). Además, el grado de intoxicación por arsénico depende de factores, como la dosis, la susceptibilidad individual al arsénico y la edad de las personas afectadas. De esta manera, se ha observado la intoxicación por este metaloide puede generar posteriormente cáncer de piel, pulmón, hígado y sistema hematopoyético, siendo más frecuente en trabajadores de fundición, minería y que producen pesticidas (C. Rodríguez, 2021).

2.1.5. *Fisiopatología*

La bioacumulación de metales pesados durante un largo periodo de tiempo puede inducir daño a diferentes órganos, dando lugar a condiciones como enfermedad renal crónica, trastornos del neurodesarrollo, enfermedades cardiovasculares, daño neuronal, diabetes y cáncer (Al-Saleh, 2020; Duan et al., 2020). Esta exposición constante a metales pesados puede ocasionar diversos niveles de deterioro en el genoma del humano (ADN); debido a que, a la modificación de proteínas y peroxidación de lípidos (Duan et al., 2020).

Una evidencia significativa de los daños ocasionados por los metales pesados lo refiere Huang et al. (2022) donde mencionaron que el plomo y el níquel se encuentran asociados significativamente de manera negativa con la hemoglobina y el volumen corpuscular medio. Además, observaron que en los varones el plomo y en mujeres el plomo, níquel y cromo, se relacionaron significativamente de manera negativa con la concentración de hemoglobina corpuscular media. Así mismo, estas sustancias tóxicas pueden ejercer efectos adversos sobre la presión arterial a través de la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) y la inducción de estrés oxidativo (Wang et al., 2021).

2.1.5.1. Fisiopatología del plomo. El plomo se absorbe principalmente en el tracto respiratorio y gastrointestinal; sin embargo, también por el epitelio de la piel. De esta manera, el plomo llega al torrente sanguíneo asociándose con los glóbulos rojos y como plomo plasmático, siendo capaz de alcanzar varios órganos y tejidos. Generalmente el plomo alcanza tejidos duros como huesos y dientes, tejidos blandos como riñones, el hígado, los pulmones y el cerebro, teniendo la capacidad de bioacumularse y causar daños irreversibles (de Souza et al., 2018). También es importante mencionar que el plomo posee una vida media en sangre de 30 días y en los huesos de hasta 50 años (Rocha y Trujillo, 2019).

Además, el plomo tiene una afinidad especial por la barrera hematoencefálica y las células endoteliales del plexo coroideo. Este elemento tóxico actúa inhibiendo los receptores N -metil-D-aspartato (NMDA), ubicado en las neuronas glutamatérgicas e involucrados en muchos procesos del desarrollo neuronal como la plasticidad neuronal, el aprendizaje y la memoria y la potenciación a largo plazo; además, este receptor permite el tránsito de Na⁺, K⁺ y Ca⁺² (de Souza et al., 2018; Rocha & Trujillo, 2019). También, se

ha observado que el plomo se relaciona con la reducción de la cantidad de receptores muscarínicos durante el período perinatal y con la disminución de la actividad de la colina acetiltransferasa (de Souza et al., 2018).

2.1.5.2. Fisiopatología del cadmio. El cadmio puede ingresar al organismo por consumo de agua contaminada, alimentos contaminados, cigarrillos, entre otros; pudiendo absorberse del 10 al 50 % del polvo de cadmio inhalado y del del 5-10% del cadmio ingerido (Lin et al., 2021; Ren et al., 2019). Dentro del cuerpo el cadmio puede interaccionar con el calcio e ingresar a nivel celular mediante los canales de calcio y unirse a la calmodulina (Ren et al., 2019).

También se ha observado que el cadmio puede interactuar con los grupos hidroxilo, mercapto y amino de las proteínas para generar complejos de cadmio-proteína, que pueden suprimir o inactivar múltiples sistemas enzimáticos. Otro mecanismo fisiopatológico señala que el cadmio puede inducir una expresión génica anormal, inhibir la reparación del daño del ADN y la apoptosis celular (Ren et al., 2019).

El riñón es uno de los órganos que más se perjudica; debido a que, el cadmio tiene la capacidad de bioacumularse en el segmento S1 de los túbulos proximales ocasionando el síndrome de Fanconi; el cual, dificulta la reabsorción de proteínas, aminoácidos, glucosa y fosfatos (Lin et al., 2021).

2.1.5.3. Fisiopatología del arsénico. La exposición de las formas inorgánicas de arsénico como el arsenito y el arseniato es cancerígena, aterogénica y neuropatógena. Este toxicópata puede ingresar al organismo mediante la inhalación o ingestión del metal (Frediani et al., 2018).

Se ha observado que el arseniato posee una estructura y propiedades similares al fosfato, teniendo la capacidad de reemplazarlo. Este arseniato puede unirse con la glucosa formando glucosa-6-arseniato siendo semejante a la glucosa-6-fosfato y, a consecuencia, traer complicación a nivel de proceso de la glicolisis, provocando una disminución considerable del ATP, inhibir el ingreso de la glucosa a nivel celular, la gluconeogénesis, la oxidación de ácidos grasos y la producción adicional de acetil CoA (Kuivenhoven y Mason, 2023).

Por otro lado, el arsenito puede interactuar con el tiol y el sulfhidrilo (componentes de varias proteínas y enzimas del organismo), inhibiendo o desregulando la formación de estas proteínas o enzimas; por ejemplo, la formación de piruvato deshidrogenasa esencial en el ciclo del ácido cítrico (Kuivenhoven & Mason, 2023). De esta manera, la intoxicación ocasiona enfermedades cardiovasculares, neoplasia de pulmón, piel y vejiga; además, de trastornos metabólicos como la diabetes, mediante una mayor resistencia a la insulina y deterioro de la glucosa (Renu et al., 2018).

2.1.6. Factores de riesgo

En la actualidad existe una variedad de factores de riesgo que pueden conllevar a una intoxicación por metales pesados; entre se encuentran, el empleo de productos industriales como pinturas, cerámica, dulces, una variedad de cosméticos, baterías, soldadura, recipientes de cristal, municiones para armas, joyas y una variedad de juguetes siendo estos fuentes de exposición o envenenamiento por plomo en niños y adultos, sin importar sexo, edad o condición socioeconómica (Hon et al., 2017). También se cree que los infantes tienen mayor riesgo de intoxicación debido a la actividad de llevarse la mano a la boca. Otro factor de riesgo es el habitar casas muy antigua y mal mantenidas; ya que,

tienen más probabilidades de tener tuberías y/o accesorios que contienen plomo u otros metales pesados; además, se ha observado que la deficiencia de hierro se puede relacionar con un aumento de cuatro a cinco veces en el riesgo inicial de toxicidad por plomo (Mayans, 2019).

Los niños también pueden estar expuestos a metales pesados debido al tipo de trabajo que realicen sus padres o personas de entorno cercano, como en los trabajos de pintura, renovación de edificios, demolición, plomería, campos de tiro u otros campos industriales; así mismo, se ha identificado que el humo del tabaco es la fuente más importante de exposición al cadmio, y los fumadores tienen alrededor del doble de la carga corporal de cadmio que los no fumadores (Mayans, 2019; Mérida-ortega et al., 2021; Richter et al., 2017).

2.1.7. Diagnóstico

La detección de metales pesados es actualmente muy popular. El Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (2022) recomienda que las personas que se encuentren en riesgo de exposición a metales pesados se sometan a estas pruebas diagnósticas, considerándose a las personas que residen en casa o edificios antiguos, personas que viven en hogares de bajo ingreso económico y personas que viven o pasan tiempo con trabajadores que se exponen a los metales pesados.

La relativa disponibilidad de equipos de espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente capaces de medir múltiples elementos a la vez ha impulsado la difusión de estas prácticas (Hoet et al., 2020). Así mismo, para algunas investigaciones también se emplea la espectrometría de absorción atómica en horno de grafito (ICP-MS)

con la finalidad de medir las concentraciones de metales pesados en sangre y en orina (Huang et al., 2022; Wen et al., 2020).

2.1.7.1. Diagnóstico de plomo. Cualquier cantidad de plomo en la sangre significa que el niño ha estado expuesto al plomo y aún puede estar expuesto al plomo en su entorno (Centers for Disease Control and Prevention, 2022). La carga de plomo de un individuo a menudo se mide por el plomo que se encuentra en la sangre. A nivel internacional se maneja un valor de referencia de 5 µg/dL (Rocha y Trujillo, 2019). No obstante, en el territorio peruano se considera un valor de referencia en niños menores de 12 años y gestantes menor a 10 µg/dL, en personas adultas no expuestas ocupacionalmente menor a 10 µg/dL y en personas adultas expuestas ocupacionalmente menor a 40 µg/dL. Así mismo, la prueba de tamizaje se realiza mediante voltamperometría por redisolución anódica y en caso de que las concentraciones sean elevadas (mayor o igual a 45 µg/dL) se deberá realizar la prueba de espectrofotometría por absorción atómica en horno de grafito (Ministerio de Salud del Perú, 2017).

Para el dosaje de plomo en la presente investigación, en empleó la metodología ICP-MS; la cual, tiene una elevada sensibilidad y eficacia para poder medir las concentraciones de metales pesados. De esta manera, se siguieron los siguientes pasos:

- **Extracción de la muestra:** Se realizó la extracción de sangre de los pacientes usando tubos con heparina de litio o EDTA por sistema al vacío utilizando todo los protocolos de bioseguridad para la toma de muestra; además, cada tubo fue rotulado con la información de cada paciente, siendo esta la fase preanalítica.

- **Transporte de la muestra:** Con el propósito de que la muestra llegue con óptimas condiciones al laboratorio clínico, se emplearon contenedores con soporte para tubos para evitar la contaminación y mantener la cadena de frío entre los 2 a 8°C.

- **Análisis de plomo:** La sangre se diluye diez veces con un modificador de matriz que contiene fosfato, tritón y ácido nítrico. Posteriormente, se introduce 12 uL de la muestra ya diluida en el horno de grafito y se ejecuta la medición de la absorción atómica del plomo. Finalmente, se obtiene los resultados cuantitativos de la concentración de plomo en sangre.

2.1.7.2. Diagnóstico de cadmio. Para el diagnóstico de cadmio en el Perú se considera la exposición ocupacional y el consumo de tabaco. De esta manera, los valores de referencia para las personas no expuestas ocupacionalmente a cadmio son de < 1 µg/L en orina de 24 horas en individuos no fumadores y de < 2 µg/L en orina de 24 horas en individuos fumadores. Así mismo, para las personas que se encuentran ocupacionalmente expuestos a cadmio, se considera un valor de referencia de < 10 µg/L en orina de 24 horas. Además, al igual que el plomo el cadmio se detecta en orina de 24 horas, mediante espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (Ministerio de Salud del Perú, 2015).

De esta manera, para el dosaje de cadmio se siguieron los siguientes pasos:

- **Extracción de la muestra:** Se obtuvo la muestra de la primera orina de la mañana de los pacientes en frascos estériles; además, cada frasco fue rotulado con la información de cada paciente.

- **Transporte de la muestra:** Con el propósito de que la muestra de orina llegue en óptimas condiciones al laboratorio, se emplearon contenedores refrigerantes para evitar la contaminación y mantener la cadena de frío entre los 2 a 8°C.

- **Análisis de cadmio:** La orina se sometió a un proceso de filtración utilizando un filtro desechable de jeringa con porosidad menor a 45 µm, para eliminar cualquier sólido en suspensión. Luego, se añadió ácido nítrico concentrado y Triton, hasta alcanzar una concentración final del 0.1% en masa/volumen para ambos reactivos y se ejecutó la medición de cadmio. Finalmente, se obtiene los resultados cuantitativos de la concentración de cadmio en orina.

2.1.7.3. Diagnóstico de arsénico. Para el diagnóstico de arsénico en el Perú también se considera la exposición ocupacional. En este sentido, los valores de referencia para las personas no expuestas ocupacionalmente a cadmio son de 10 a 50 µg/L en orina de 24 horas, debiendo ser investigada la procedencia de arsénico y para las personas que se encuentran ocupacionalmente expuestos a arsénico se consideran concentraciones menores a 100 µg/L, tratando de tomar medidas oportunas para paliar la exposición y evitar el estado de intoxicación por cadmio (Ministerio de Salud del Perú, 2011).

De esta manera, para el dosaje de cadmio se siguieron los siguientes pasos:

- **Extracción de la muestra:** Se obtuvo la muestra de la primera orina de la mañana de los pacientes en frascos estériles; además, cada frasco fue rotulado con la información de cada paciente.

- **Transporte de la muestra:** Con el propósito de que la muestra de orina llegue en óptimas condiciones al laboratorio, se emplearon contenedores refrigerantes para evitar la contaminación y mantener la cadena de frío entre los 2 a 8°C.

- **Análisis de arsénico:** La orina se sometió a un proceso de filtración utilizando un filtro desechable de jeringa con porosidad menor a 45 µm, para eliminar cualquier sólido en suspensión. Luego, se añadió ácido nítrico concentrado y Triton, hasta alcanzar una

concentración final del 0.1% en masa/volumen para ambos reactivos y se ejecutó la medición de arsénico. Finalmente, se obtiene los resultados cuantitativos de la concentración de arsénico en orina.

2.1.8. *Prevención*

La exposición a metales pesados sigue siendo en la actualidad un problema de salud pública debido al potencial efecto negativo agudo y crónico en el ser humano. Por ello, es importante y esencial planificar medidas de prevención con la finalidad de reducir los riesgos y daños a la salud.

En muchos países se ha prohibido el uso de compuestos organomercuriales para recubrir pinturas y en la fabricación de pinturas; además, de la prohibición de comercializar termómetros de mercurio tienen por objeto reducir el uso y la liberación de mercurio en el medio ambiente (Hoet et al., 2020). Así mismo, es importante reducir la exposición al tabaco, prohibiendo los anuncios de fumar en la televisión y la radio, así como aumentar los anuncios de salud pública sobre las consecuencias del tabaquismo para la salud (Richter et al., 2017).

El Ministerio de Salud del Perú (2022) ha creado la “Unidad Funcional de Atención a Personas Expuestas a Metales Pesados y otras Sustancias Químicas” cuya finalidad es brindar a la persona del territorio peruano una respuesta oportuna acerca de los riesgos en la salud por exposición a metales pesados, metaloides y otras sustancias químicas, a consecuencia de la contaminación de agua, suelo y aire (Ministerio de Salud, 2022).

III. Método

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Diseño de investigación

La presente investigación desarrolló un diseño observacional, ya que no existen condiciones experimentales donde se desarrolle las variables, siendo analizados en su entorno natural. Además, fue de corte transeccional, porque se recopiló los datos de los pacientes de un laboratorio particular de Lima en un solo momento sin necesidad de realizar un seguimiento a los pacientes. Así mismo, se consideró una investigación retrospectiva, porque el investigador recopiló la información del periodo enero 2022 a diciembre del 2022 (Arias y Covinos, 2021).

3.1.2. Alcance de investigación

Se aplicó una investigación descriptiva; ya que, se pretende describir las concentraciones de metales pesados en muestras de sangre y orina, detallando además las características generales de los pacientes (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

3.1.3. Enfoque de investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo; el cual, se caracteriza por realizar la medición o cuantificación de las variables observadas; en este caso, las concentraciones de metales pesados en muestras de sangre y orina mediante una recopilación de los datos y empleando la estadística descriptiva con la finalidad de satisfacer los objetivos planteados (Ñaupas et al., 2018).

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Ámbito temporal

La presente investigación realizó sus actividades durante los meses de mayo del año 2023 hasta octubre del año 2023. Es relevante resaltar que la recopilación de los datos fue de enero 2022 a diciembre del 2022, ya que se trata de estudio retrospectivo.

3.2.2. Ámbito espacial

La investigación se realizó en el laboratorio particular Pulso Salud ubicado en la avenida Javier Prado Este 2932, distrito de San Borja, departamento de Lima, Perú.

3.3. Variables

- Concentración de metales pesados.
- Tipo de muestra.

3.3.1. Operacionalización de las variables

Variables	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Concentración de metales pesados	Grupo de elementos químicos que presenta una alta masa atómica y ocasionan toxicidad a los seres humanos.	Plomo	< 10 µg/dL	Cuantitativa Continua
		Cadmio	0 – 2.6 µg/L	
		Arsénico	< 50 µg/L	

Tipo de muestra	Material biológico empleado para el análisis de laboratorio, en la presente investigación para la determinación de metales pesados.	Sangre	Tubo amarillo 5ml	Cualitativa Nominal
		Orina	Frasco estéril de orina	

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

La investigación contó con una población de 2400 pacientes que se realizaron el dosaje para determinar la concentración de los metales pesados incluidos para el estudio en el laboratorio particular Pulso Salud de Lima durante el año 2022.

3.4.2. Muestra

La muestra la conformó 331 pacientes que se realizaron el dosaje para determinar la concentración de los metales pesados. De esta manera, el tamaño muestral se calculó mediante la fórmula de poblaciones finitas.

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{Z^2 (N) (P) (Q)}{Z^2 (P)(Q) + (N - 1) (E)^2} \\
 n &= \frac{1.96^2 (2400) (0.5) (0.5)}{1.96^2 (0.5)(0.5) + (2400 - 1) (0.05)^2} \\
 n &= \frac{2304.96}{0.9604 + 5.9975} \\
 n &= \frac{2304.96}{6.9579} \\
 n &= 331.3
 \end{aligned}$$

Donde:

n: Representa al tamaño de la muestra.

Z: Equivale a 1.96 con un intervalo de confianza (I.C.) del 95%.

P y Q: La probabilidad estadística de la población de estar o no contenidas en la muestra, con un valor de 0.5 cada uno.

E: Representa al error estándar.

N: Se considera como la población total de pacientes.

3.4.3. *Muestreo*

La investigación consideró realizar un muestro probabilístico sistemático para la selección de elementos muestrales. De esta manera, según lo mencionado por Hernández-Sampieri & Mendoza (2018) esta selección muestral radica en seleccionar pacientes de la muestra (n) dentro de la población total (N) a partir de un intervalo (K). De esta manera, se tiene que:

$$K = \frac{N}{n}$$

$$K = \frac{2\,400}{331}$$

$$K = 7.25$$

Por lo tanto, se eligió un elemento muestral cada intervalo de 7 hasta llegar al tamaño muestral requerido.

3.4.4. *Criterios de inclusión*

- Pacientes que se realizaron el dosaje para determinar la concentración de los metales pesados durante el año 2022.
- Pacientes con información completa sobre las variables interviniéntes (edad, sexo e índice de masa corporal).

3.4.5. *Criterios de exclusión*

- Pacientes que no se realizaron el dosaje para determinar la concentración de los metales pesados.
- Pacientes con información insuficiente sobre las variables interviniencias.

3.5. Instrumentos

Se empleó como instrumento de investigación una ficha de recolección de datos; el cual, ayudó al investigador a registrar la información acerca de las variables de estudio (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). De este modo, se desarrolló una ficha de recolección de datos creado por el investigador principal. Este instrumento está conformado por seis ítems, el primero registró la información del nombre o código asignado al paciente, el segundo recopiló la fecha donde se realizaron el dosaje de metales pesados, el tercero se colocará la edad del pacientes, en el cuarto ítem se registró el sexo del paciente, el quinto ítem se colocó el lugar de procedencia del paciente, el sexto ítem se colocó el valor del índice de masa corporal (IMC) del paciente y el séptimo ítem registró el dosaje de metales pesados como el plomo, cadmio y arsénico (Anexo B).

3.5.1. Validación del instrumento

El instrumento de investigación se validó mediante juicio de expertos. De este modo, se solicitó a tres expertos en el tema de investigación su colaboración para revisar y validar el instrumento diseñado para recopilar la información relevante. Para ello, se le brindó al jurado experto la matriz de consistencia, la operacionalización de las variables, el instrumento y la escala de calificación del instrumento. Con los resultados obtenido de los jueces expertos se empleó el coeficiente de V de Aiken con la finalidad de cuantificar el grado de validez de la ficha de recolección de datos. Este coeficiente establece valores

dentro del rango de 0 a 1, donde los coeficientes cercanos a la unidad indican una mejor concordancia entre jueces (Merino-Soto, 2018).

En este contexto, al analizar el V de Aiken, se encontró un coeficiente de 1. Por lo tanto, el presente instrumento de investigación indica un acuerdo excelente entre los jueces expertos (Anexo C).

3.6. Procedimientos

El plan de tesis fue presentado a la Universidad Nacional Federico Villarreal mediante el Formulario Único de Trámite, posteriormente enviado a la Oficina de Grados y Títulos de la Facultad de Tecnología Médica.

El investigador principal presentó el presente plan de tesis al laboratorio “Pulso Salud” con la finalidad que se realice la evaluación correspondiente y su aceptación para proceder a recopilar la información de las variables de estudio. Posteriormente, con el empleo del instrumento de investigación (Ficha de recolección de datos) se registró la identificación del paciente, fecha, edad, sexo, IMC y el dosaje de metales pesados (plomo, cadmio y arsénico) en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2018 y tabular todos los datos recolectados.

3.7. Análisis de datos

Consecutivamente a la tabulación de los datos, se procedió a exportar la información a la plataforma estadística IBM® SPSS versión 26, cuya finalidad fue realizar el análisis estadístico descriptivo de las variables de investigación.

De esta manera, la investigación empleó los estadígrafos de tendencia central (media y mediana) y de dispersión (desviación estándar y coeficiente de variación) para las variables cuantitativas y se usó las frecuencias absolutas y porcentajes para cuantificar las

variables cualitativas o categóricas. Así mismo, para la interpretación grafica de la información se empleó los diagramas de barras, gráfico de sectores y tablas de frecuencia.

3.8. Consideraciones éticas

El estudio realizó una recolección de los resultados obtenido de las personas que se realizaron el dosaje de los metales pesados investigados con la autorización de la institución sanitaria. En consecuencia, la presente investigación se rigió por los principales principios bioéticos; siendo esencial respetar la confidencialidad y protección de los datos del paciente en todo momento del estudio.

IV. Resultados

La presente investigación incluyó a 331 pacientes que se realizaron el dosaje para determinar la concentración de los metales pesados.

El estudio analizó la concentración de metales pesados en muestras de sangre y orina entre pacientes de un laboratorio particular de Lima, donde se observó que 295 pacientes se realizaron el dosaje de plomo representado al 89.12% del total, 179 (54.08%) de los pacientes se realizaron el dosaje de cadmio y 53 (16.01%) se realizaron el dosaje de arsénico. De esta manera, se encontró entre los pacientes una concentración promedio de plomo de $3.05 \pm 0.19 \mu\text{g/dL}$ con una concentración mínima de $1.50 \mu\text{g/dL}$ y una concentración máxima de $19.9 \mu\text{g/dL}$, la concentración promedio de cadmio fue de $0.55 \pm 0.08 \mu\text{g/g/creatinina}$ con una concentración mínima de $0.24 \mu\text{g/g/creatinina}$ y una concentración máxima de $7.55 \mu\text{g/g/creatinina}$ y la concentración promedio de arsénico fue de $13.33 \pm 0.46 \mu\text{g/L}$ con una concentración mínima de $3.50 \mu\text{g/L}$ y una concentración máxima de $19.60 \mu\text{g/L}$ (Tabla 1).

Tabla 1.

Concentración de metales pesados en muestras de sangre y orina entre pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022.

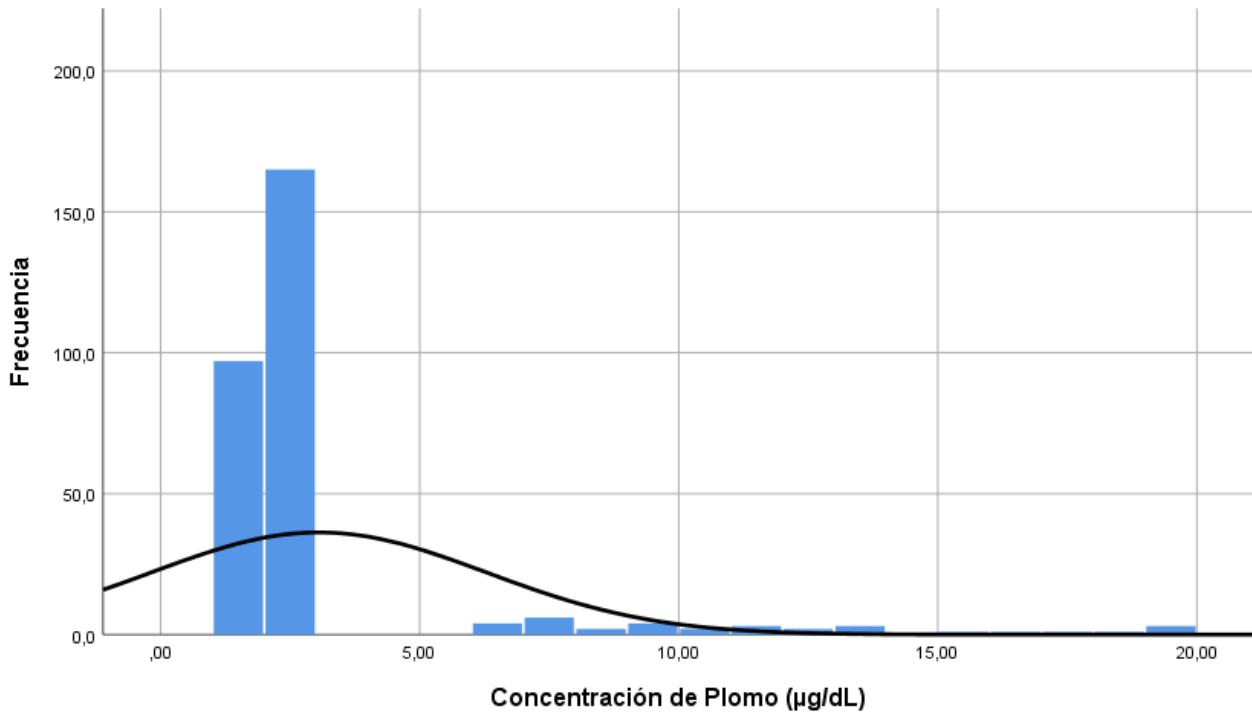
Metales pesados	Pacientes <i>f (%)</i>	Promedio \pm D.S.*	Rango (min-máx.)
Concentración de Plomo ($\mu\text{g/dL}$)	295 (89.12)	3.05 ± 0.19	1.50 – 19.90
Concentración de Cadmio ($\mu\text{g/g/creatinina}$)	179 (54.08)	0.55 ± 0.08	0.24 – 7.55
Concentración de Arsénico ($\mu\text{g/L}$)	53 (16.01)	13.33 ± 0.46	3.50 – 19.60

Nota. *Desviación estándar.

Al analizar la concentración de plomo en muestras de sangre entre pacientes de un laboratorio particular de Lima, se encontró una concentración promedio de $3.05 \pm 0.19 \mu\text{g/dL}$ con un coeficiente de asimetría igual a 3.37 interpretándose como una distribución asimétrica positiva, como se observa en el histograma (Figura 1).

Figura 1.

Concentración de plomo en muestras de sangre entre pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022.



Además, al valorar la concentración de plomo en los pacientes, se observó que un total de 17 individuos, lo que equivale al 5.76% del grupo, mostraban niveles elevados de plomo en su torrente sanguíneo. Por otro lado, la mayoría, con un total de 278 pacientes (representando el 94.24% del total), presentaba niveles normales de concentración de plomo en sangre, tal como se evidencia en la tabla 2.

Tabla 2.

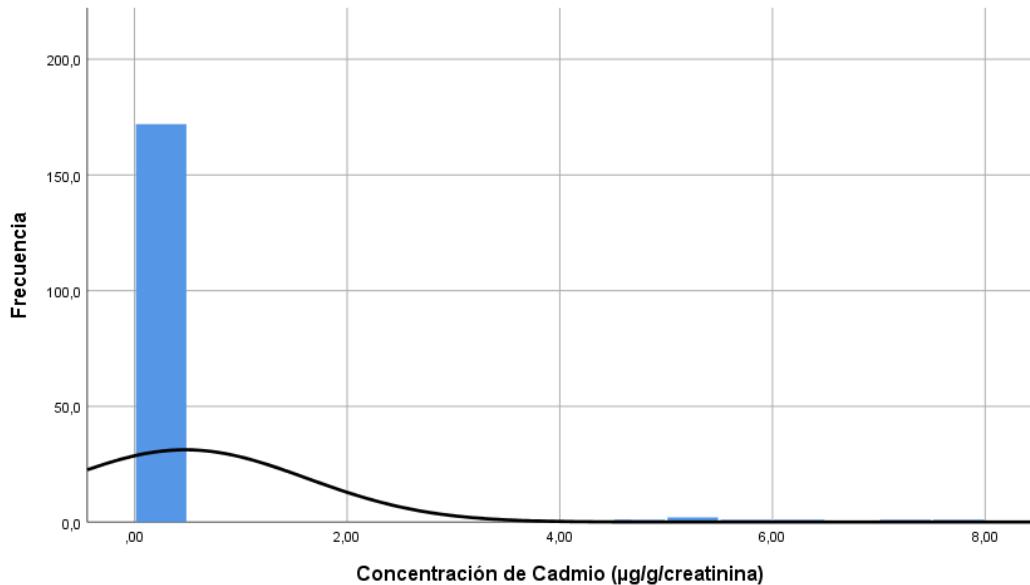
Valoración de la concentración de plomo en muestras de sangre entre pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022.

Concentración de Plomo	Frecuencia (f)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Normal	278	94.24	94.24
Elevado	17	5.76	100.00
Total	295	100.00	

Al evaluar la concentración de cadmio en muestras de orina entre pacientes de un laboratorio particular de Lima, se halló una concentración promedio de $0.55 \pm 0.08 \mu\text{g/g/creatinina}$ con un coeficiente de asimetría igual a 5.02 interpretándose como una distribución asimétrica positiva, como se observa en el histograma (Figura 2).

Figura 2.

Concentración de cadmio en muestras de orina entre pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022.



Asimismo, al valorar detenidamente los niveles de concentración de cadmio en los pacientes, se constató que un total de 7 individuos, representando el 3.91% de la muestra, mostraban una elevación en los niveles de cadmio en su orina. Por otra parte, la mayoría, con un total de 172 pacientes (equivalente al 96.09% del total), exhibía niveles normales de cadmio en su muestra de orina (Tabla 4).

Tabla 4.

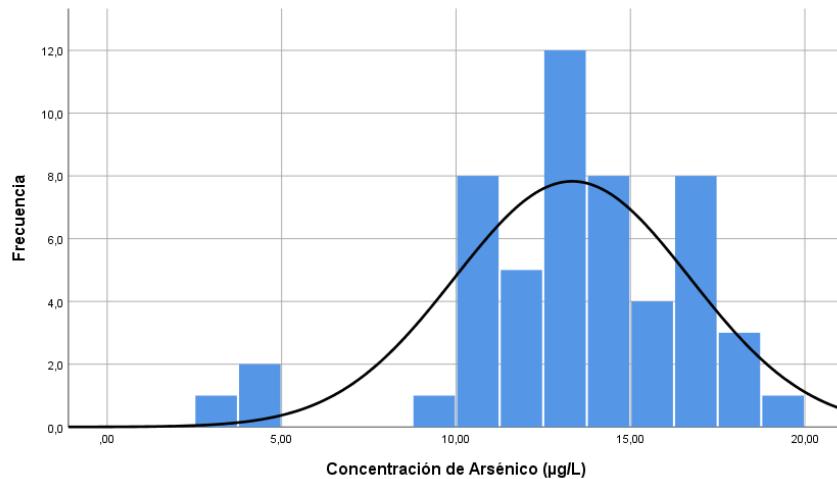
Valoración de la concentración de cadmio en muestras de orina entre pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022.

Concentración de Cadmio	Frecuencia (f)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Normal	172	96.09	96.09
Elevado	7	3.91	100.00
Total	179	100.00	

Al estimar la concentración de arsénico en muestras de orina recogidas de pacientes de un laboratorio particular en Lima se determinó que la concentración promedio fue de 13.33 ± 0.46 $\mu\text{g/L}$. Además, se observó un coeficiente de asimetría igual a -0.96, lo cual indica una distribución asimétrica negativa. Esta interpretación se ve respaldada por la representación visual de los datos en el histograma (Figura 3).

Figura 3.

Concentración de arsénico en muestras de orina entre pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022.



Asimismo, al valorar la concentración de arsénico en los pacientes se identificó que ninguno presentó elevación en la concentración de arsénico; por lo tanto, 53 (100%) pacientes tenían una concentración normal de arsénico en orina (Tabla 4).

Tabla 4.

Valoración de la concentración de arsénico en muestras de orina entre pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022.

Concentración de arsénico	Frecuencia (f)	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
Normal	53	100.00	100.00
Elevado	0	0	100.00
Total	53	100.00	

V. Discusión

La presente investigación analizó la concentración de metales pesados en 331 (100%) pacientes que se realizaron el dosaje que la concentración metales pesados; de los cuales, 295 (89.12%) pacientes se realizaron el dosaje de plomo, 179 (54.08%) se realizaron el dosaje de cadmio y 53 (16.01%) se realizaron el dosaje de arsénico. La concentración de plomo, cadmio y arsénico fue de 3.05 µg/dL, 0.55 µg/g/creatinina y 13.33µg/L, respectivamente. Una investigación realizada en Taiwán por Huang et al. (2022) a 2 447 participantes encontró una concentración promedio de plomo en sangre de 1.6 mg/L, cadmio 0.8 µg/L y arsénico 78.9 µg/L. Asimismo, Ríos et al. (2020) en su investigación desarrollada en Chile donde se incluyó a 1 203 personas residentes de Antofagasta halló concentraciones promedio en adultos de 4.2 µg/dL para plomo, 1.8 µg/L para cadmio y 41.4 µg/L para arsénico. Los resultados de las investigaciones presentan una similitud con las concentraciones de plomo y cadmio encontrándose dentro de los valores normales; sin embargo, se observa mayores concentraciones de arsénico en los estudios de Huang et al. (2022) y Ríos et al. (2020), esta exposición puede deberse a múltiples factores como los trabajos asociados con la exposición a metales por ejemplo la minería o la contaminación en los alimentos y agua; asimismo, la contaminación automovilística y el tabaquismo tambien pueden ser factores que pueden influir en el aumento de estos metales.

El estudio estimó una concentración promedio de plomo de 3.05 ± 0.19 µg/dL en muestras de sangre entre pacientes de un laboratorio particular de Lima durante el año 2022. Adicionalmente, se observó que el 5.76% de los pacientes presentaron una concentración de plomo elevada. Un estudio desarrollado en Trujillo por Rodríguez (2018) a 60 estudiantes de una universidad nacional, halló que la mayoría (53.3%) de los alumnos tenían una concentración de plomo menor a 2.0 µg/dL, el 21.7% tenían concentraciones entre 2.1 a 3.0 µg/dL, el 15.0%

presentaban concentraciones entre 3.1 a 4.0 $\mu\text{g}/\text{dL}$ y el 10% de los estudiantes presentaron concentraciones de plomo de 4.1 a 5.0 $\mu\text{g}/\text{dL}$, siendo todos valores dentro de los parámetros normales. De modo que, los resultados discrepan del presente estudio ya no se encontraron personas con una elevación en las concentraciones de plomo sanguíneas, uno de los motivos influyentes podría ser el tamaño muestral; ya que, el estudio solo consideró a 60 estudiantes teniendo resultados menos confiables debido a la variabilidad, sin poder generalizar los resultados a la población y presentando una menor precisión estadística. Además, también puede influir el grupo de edad analizado, debido a que los más jóvenes pueden tener menor tiempo de exposición a los metales pesados a diferencia de las personas adultas y adultas mayores, de modo que, el estudio de Rodríguez (2018) se realizó en estudiantes universitarios donde la mayoría (76.7%) tenían edades comprendidas de 17 a 22 años a diferencias del presente estudio donde se analizó a pacientes de 19 a 63 años con una edad promedio de 34.92 años.

Por otro lado, en Arequipa un estudio realizado por Romero (2019) a un total de 27 trabajadores de la Minera Coripuno halló que el 11.11% de los participantes tenían concentraciones mayores a 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$; es decir, una elevación en las concentraciones de plomo en sangre. Esta investigación obtuvo aproximadamente el doble de personas con intoxicación por plomo en comparación con la presente investigación, esto puede deberse principalmente a que el grupo de participantes fueron trabajadores de una minera y, por lo tanto, se encuentran más expuestos a este metal pesado. Asimismo, se encontró que el 18.52% de los empleados de la minera tenían un empleo inadecuado de equipo de protección personal aumento el riesgo de poseer una intoxicación por metales pesados.

El estudio de Chávez (2018) realizado a 40 personas en el Callao, evidenció que la concentración media de plomo fue de 2.29 $\mu\text{g}/\text{dL}$ en personas que provenían de asentamientos humanos; además, se comparó las concentraciones de plomo en personas que no vivían en estos

asentamientos, encontrando que este último grupo tenían concentraciones de plomo promedio inferiores a 0.1 µg/dL, hallando diferencias significativas entre los grupos ($p<0.05$). Los resultados del estudio respecto a las concentraciones de plomo en residentes de asentamientos humanos se asemejan al dosaje obtenido por la presente investigación en la población general, si bien es cierto que estas concentraciones en promedio no sobrepasan el límite permitido (10 µg/dL) es importante mencionar debido a la contaminación ambiental las concentraciones de metales pesados pueden incrementarse paulatinamente a través de tiempo.

La investigación halló una concentración promedio de cadmio de 0.55 ± 0.08 µg/g/creatinina en muestras de orina entre pacientes de un laboratorio particular de Lima durante el año 2022. Además, se observó que el 3.91% de los pacientes presentaron una concentración de cadmio elevada. Ríos et al. (2020) observó en los participantes una concentración promedio de 1.8 µg/L para los adultos con una mayor concentración en las mujeres (1.9 µg/L) en comparación con los varones (1.6 µg/L); sin embargo, estos valores estuvieron dentro de los parámetros establecidos a nivel nacional e internacional. En su investigación Rodríguez (2018) indicó que el 15% de los alumnos tenían concentraciones de cadmio inferiores a 0.5 µg/L, el 25% presentaron valores dentro del rango de 0.51 a 1.0 µg/L, la mayoría (45%) de los alumnos tenían concentraciones entre 1.1 a 1.5 µg/L y el 15% de los estudiantes presentaron concentraciones entre 1.51 a 2.0 µg/L, donde todos los alumnos estuvieron dentro de los parámetros normales de cadmio en orina. Si bien es cierto que los resultados concuerdan con la presente tesis ya que el promedio de las concentraciones de cadmio se encontró dentro de los valores normales, hay que detallar que en las investigaciones a discutir no se observaron pacientes con un incremento en las concentraciones de cadmio en orina.

El estudio encontró una concentración promedio de arsénico de $13.33 \pm 0.46 \mu\text{g/L}$ en muestras de orina entre pacientes de un laboratorio particular de Lima durante el año 2022. Asimismo, no se observó concentraciones de arsénico elevadas en los pacientes. Un estudio desarrollado en Corea por Lee et al. (2021) donde incluyeron a 88 amas de casa coreanas encontraron concentraciones promedio de cadmio de $0.63 \mu\text{g/L}$; sin embargo, la investigación al analizar las partículas ambientales menores de $2.5 \mu\text{m}$ y $10 \mu\text{m}$ de diámetro hallaron que existe una asociación significativa entre la exposición a partículas ambientales en interiores y el aumento en las concentraciones de cadmio en las amas de casa coreanas. El estudio presento concentraciones bajas en comparación del presente estudio; no obstante, estas concentraciones se encontraron dentro de los valores normales concordando en este punto con la presente tesis. Asimismo, Ríos et al. (2020) en su estudio estimó una concentración promedio de arsénico inorgánico en orina de $41.4 \mu\text{g/L}$, identificando que el 8% de los adultos presentaron una elevación de los niveles de arsénico que se podía interpretar como intoxicación por este metal pesado. De esta manera, el estudio discrepa de lo reportado en la presente investigación. Como se mencionó anteriormente, factores como los empleos relacionados con la exposición a metales por ejemplo la minería, manufacturas de baterías, entre otros o la contaminación en los alimentos y agua, la contaminación automovilística y el tabaquismo influyen considerablemente en la intoxicación por este metal pesado. En el estudio de Ríos et al. (2020) se identificaron algunos de estos factores, observando que el 22.6% de los participantes trabajaban en mineras o fundiciones y el 51.5% indicaron haber consumido tabaco en los últimos 6 meses.

Es esencial destacar que las ciudades del Perú, especialmente Lima, se posicionan actualmente entre los principales focos de contaminación en América del Sur. Los niveles de contaminantes, especialmente de metales pesados como el plomo, cadmio y arsénico que se generan principalmente de la contaminación industrial, tecnológica, agropecuaria, minera y el

empleo de fertilizantes químicos, representan una seria amenaza para la salud pública. Por lo tanto, resulta crucial analizar y determinar las concentraciones de estos elementos en muestras de sangre y orina en la población actual con el propósito de conocer el impacto de la contaminación ambiental en la salud de las personas en general.

VI. Conclusiones

6.1. La presente investigación que la concentración promedio de metales pesados en muestras de sangre y orina en pacientes de un laboratorio particular de Lima fue de $3.05 \mu\text{g/dL}$, $0.55 \mu\text{g/g/creatinina}$ y $13.33 \mu\text{g/L}$ para plomo, cadmio y arsénico, respectivamente.

6.2. El estudio estimó una concentración promedio de plomo de $3.05 \pm 0.19 \mu\text{g/dL}$ en muestras de sangre en pacientes de un laboratorio particular de Lima durante el año 2022. Adicionalmente, se observó que el 5.76% de los pacientes presentaron una concentración de plomo elevada.

6.3. La investigación halló una concentración promedio de cadmio de $0.55 \pm 0.08 \mu\text{g/g/creatinina}$ en muestras de orina en pacientes de un laboratorio particular de Lima durante el año 2022. Además, se observó que el 3.91% de los pacientes presentaron una concentración de cadmio elevada.

6.4. El estudio encontró una concentración promedio de arsénico de $13.33 \pm 0.46 \mu\text{g/L}$ en muestras de orina en pacientes de un laboratorio particular de Lima durante el año 2022. Asimismo, no se observó concentraciones de arsénico elevadas en los pacientes.

VII. Recomendaciones

7.1. Se recomienda a la población general solicitar pruebas específicas para medir las concentraciones de metales pesados en sangre o en orina; especialmente, plomo, cadmio y arsénico. Aunque la intoxicación por estos metales pesados es baja, aún existe y es importante identificar las posibles fuentes de exposición que pueden encontrarse en los alimentos contaminados, en el agua que se consume, pinturas de interiores o puede provenir del trabajo que se está realizando.

7.2. Se recomienda a las universidades y autoridades ambientales realizar investigaciones más minuciosas que incluyan el análisis de los factores de riesgo que pueden influir en la intoxicación por metales pesados; además, que se incentiven investigaciones para evaluar las concentraciones de metales pesados en los suelos y aguas, tanto en Lima como en los diferentes departamentos del Perú; especialmente, en los lugares con producción minera como Arequipa, Áncash, Apurímac y Cajamarca con el objetivo de prevenir intoxicación en los pobladores.

7.3. Se recomienda a los establecimientos de salud generar y promover capacitaciones a los médicos, enfermeras, tecnólogos médicos, entre otros profesionales que ayudan a diagnosticar, tratar y prevenir las intoxicaciones por metales pesados con la finalidad de identificar apropiadamente la sintomatología clínica, realizar un diagnóstico oportuno y realizar un tratamiento acertado. Asimismo, también es esencial que se realice en la población charlas informativas sobre la intoxicación de los metales pesados con la finalidad de prevenir la intoxicación y saber qué hacer si ocurre un evento de esta magnitud.

7.4. Se recomienda establecer un centro de vigilancia epidemiológica para realizar un seguimiento y monitoreo; además, conocer la incidencia, prevalencia y mortalidad de las intoxicaciones por metales pesados en los diferentes departamentos y regiones de país. De este

modo, poder identificar los lugares con mayor cantidad de casos y poder tomar medidas de prevención focalizadas con la finalidad de reducir la intoxicación de metales pesados.

VIII. Referencias

- Air Quality. (2024). *World's most polluted cities*.
- Ale-Mauricio, D. A., Villa, G. y Gastañaga, M. del C. (2018). Concentraciones de arsénico urinario en pobladores de dos distritos de la región Tacna, Perú, 2017. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 183–189. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3693>
- Al-Saleh, I. (2020). Reference values for heavy metals in the urine and blood of Saudi women derived from two human biomonitoring studies. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 225. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113473>
- Arias, L. y Covinos, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación* (1ra Edición). Enfoques Consulting EIRL. www.thesisconsejarias.com
- Balali-Mood, M., Naseri, K., Tahergorabi, Z., Khazdair, M. R. y Sadeghi, M. (2021). Toxic Mechanisms of Five Heavy Metals: Mercury, Lead, Chromium, Cadmium, and Arsenic. *Frontiers in Pharmacology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.643972>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2022, December 6). *Testing Children for Lead Poisoning*. <https://www.cdc.gov/nceh/lead/prevention/testing-children-for-lead-poisoning.htm>
- Centros para el Control y Prevención de Enfermedades. (2022, December 4). *Vigilancia epidemiológica de factores de riesgo por exposición e intoxicación por metales pesados y metaloides*.
- Chávez, A. (2018). *Determinación de niveles de plomo en pobladores adultos del Asentamiento Humano “Virgen de Guadalupe”, distrito Mi Perú, de la Provincia Constitucional del Callao*

[Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].

<http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/8597>

De la Rosa, P. (2018). Toxicología forense estudia los métodos de investigación médico-legal en los casos de envenenamiento y muerte. *Visión Criminológica-Criminalística*, 6(24), 36–43. https://revista.cleu.edu.mx/new/descargas/1901/articulos/Articulo10_Efectos_Toxicologicos_Arsenico.pdf

de Souza, I. D., de Andrade, A. S. y Dalmolin, R. J. S. (2018). Lead-interacting proteins and their implication in lead poisoning. *Critical Reviews in Toxicology*, 48(5), 375–386. <https://doi.org/10.1080/10408444.2018.1429387>

Duan, W., Xu, C., Liu, Q., Xu, J., Weng, Z., Zhang, X., Basnet, T. B., Dahal, M. y Gu, A. (2020). Levels of a mixture of heavy metals in blood and urine and all-cause, cardiovascular disease and cancer mortality: A population-based cohort study. *Environmental Pollution*, 263. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114630>

Frediani, J. K., Naioti, E. A., Vos, M. B., Figueroa, J., Marsit, C. J. y Welsh, J. A. (2018). Arsenic exposure and risk of nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD) among U.S. adolescents and adults: An association modified by race/ethnicity, NHANES 2005-2014. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0350-1>

Halmo, L., & Nappe, T. M. (2023). Lead Toxicity. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541097/>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (McGRAW-HILL).

Hoet, P., Haufroid, V. y Lison, D. (2020). Heavy metal chelation tests: the misleading and hazardous promise. *Archives of Toxicology*, 94(8), 2893–2896. <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02847-7>

- Hon, K. L., Fung, C. K. y Leung, A. K. C. (2017). Childhood lead poisoning: An overview. *Hong Kong Medical Journal*, 23(6), 616–621. <https://doi.org/10.12809/hkmj176214>
- Huang, C. H., Hsieh, C. Y., Wang, C. W., Tu, H. P., Chen, S. C., Hung, C. H. y Kuo, C. H. (2022). Associations and Interactions between Heavy Metals with White Blood Cell and Eosinophil Count. *International Journal of Medical Sciences*, 19(2), 331–337. <https://doi.org/10.7150/ijms.68945>
- Huang, C. H., Wang, C. W., Chen, H. C., Tu, H. P., Chen, S. C., Hung, C. H. y Kuo, C. H. (2022). Gender difference in the associations among heavy metals with red blood cell hemogram. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph19010189>
- Kim, J. J., Kim, Y. S. y Kumar, V. (2019). Heavy metal toxicity: An update of chelating therapeutic strategies. In *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* (Vol. 54, pp. 226–231). Elsevier GmbH. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.05.003>
- Kuivenhoven, M. y Mason, K. (2023). *Arsenic Toxicity*. <https://europepmc.org/article/NBK/nbk541125>
- Lee, D. W., Oh, J., Ye, S., Kwag, Y., Yang, W., Kim, Y., & Ha, E. (2021). Indoor particulate matter and blood heavy metals in housewives: A repeated measured study. *Environmental Research*, 197. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111013>
- Lin, H. C., Hao, W. M. y Chu, P. H. (2021). Cadmium and cardiovascular disease: An overview of pathophysiology, epidemiology, therapy, and predictive value. *Revista Portuguesa de Cardiologia*, 40(8), 611–617. <https://doi.org/10.1016/j.repc.2021.01.009>
- Liu, Y. H., Wang, C. W., Wu, D. W., Lee, W. H., Chen, Y. C., Li, C. H., Tsai, C. C., Lin, W. Y., Chen, S. C., Hung, C. H., Kuo, C. H. y Su, H. M. (2021). Association of heavy metals with

- overall mortality in a taiwanese population. *Nutrients*, 13(6), 2070.
<https://doi.org/10.3390/nu13062070>
- Londoño-Franco, L., Londoño-Muñoz, P. y Muñoz-García, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)145-153)
- Mayans, L. (2019). Lead Poisoning in Children. *American Family Physician*, 100(1).
<https://www.aafp.org/dam/brand/aafp/pubs/afp/issues/2019/0701/p24.pdf>
- Mérida-ortega, Á., López-carrillo, L., Rangel-moreno, K., Ramirez, N. y Rothenberg, S. J. (2021). Tobacco smoke exposure and urinary cadmium in women from Northern Mexico. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(23).
<https://doi.org/10.3390/ijerph182312581>
- Merino-Soto, C. (2018). Confidence interval for difference between coefficients of content validity (Aiken's V): A SPSS syntax. *Anales de Psicología*, 34(3), 580–586.
<https://doi.org/10.6018/analesps.34.3.326801>
- Ministerio de Salud. (2022). *Unidad Funcional de Atención a Personas Expuestas a Metales Pesados y otras Sustancias Químicas*. <https://www.gob.pe/24260-ministerio-de-salud-unidad-funcional-de-atencion-a-personas-expuestas-a-metales-pesados-y-otras-sustancias-quimicas>
- Ministerio de Salud del Perú. (2011). *Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por arsénico*. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/2109.pdf>
- Ministerio de Salud del Perú. (2015). *Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la intoxicación por cadmio*. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3244.pdf>
- Ministerio de Salud del Perú. (2017). *Guía de práctica clínica para el manejo de pacientes con intoxicación por plomo*.

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/190050/189541_RM_400-2017.PDF?v=1535064423

Ministerio de Salud del Perú. (2019). *Prioridades nacionales de investigación en salud en Perú 2019-2023.*

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/343478/Resoluci%C3%B3n_Ministerial_N_658-2019-MINSA.PDF

Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J. y Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis* (5a. Edición). Ediciones de la U.

Organización Mundial de la Salud. (2022, December 2). *Intoxicación por plomo y salud.*

Paithankar, J. G., Saini, S., Dwivedi, S., Sharma, A. y Chowdhuri, D. K. (2021). Heavy metal associated health hazards: An interplay of oxidative stress and signal transduction. *Chemosphere*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128350>

Paúcar-Villa, R. (2015). *Determinación de niveles de plomo en sangre en población económicamente activa en la ciudad de Lima* [Tesis de maestría, Universidad de Piura]. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2783/MAS_GAA_032.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rehman, K., Fatima, F., Waheed, I. y Akash, M. S. H. (2018). Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. *Journal of Cellular Biochemistry*, 119(1), 157–184. <https://doi.org/10.1002/jcb.26234>

Ren, Y., Shao, W., Zuo, L., Zhao, W., Qin, H., Hua, Y., Lu, D., Mi, C., Zeng, S. y Zu, L. (2019). Mechanism of cadmium poisoning on testicular injury in mice. *Oncology Letters*, 18(2), 1035–1042. <https://doi.org/10.3892/ol.2019.10418>

Renu, K., Chakraborty, R., Myakala, H., Koti, R., Famurewa, A. C., Madhyastha, H., Vellingiri, B., George, A. y Valsala Gopalakrishnan, A. (2021). Molecular mechanism of heavy metals

- (Lead, Chromium, Arsenic, Mercury, Nickel and Cadmium) - induced hepatotoxicity – A review. In *Chemosphere* (Vol. 271). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129735>
- Renu, K., Madhyastha, H., Madhyastha, R., Maruyama, M., Arunachlam, S. y Abilash, V. G. (2018). Role of arsenic exposure in adipose tissue dysfunction and its possible implication in diabetes pathophysiology. *Toxicology Letters*, 284, 86–95.
<https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2017.11.032>
- Richter, P., Faroon, O. y Pappas, R. S. (2017). Cadmium and cadmium/zinc ratios and tobacco-related morbidities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/ijerph14101154>
- Ríos, J. C., Villarroel, L., Torres, M., Astaburuaga, J. P., Leiva, C., Cook Cook, Medel, P. y Cortés, S. (2020). Estudio de metales urinarios y plomo en sangre: parámetros poblacionales en Antofagasta, 2018. *Rev Med Chil*, 148(1), 746–754.
<https://www.scielo.cl/pdf/rmc/v148n6/0717-6163-rmc-148-06-0746.pdf>
- Rocha, A. y Trujillo, K. A. (2019). Neurotoxicity of low-level lead exposure: History, mechanisms of action, and behavioral effects in humans and preclinical models. *NeuroToxicology*, 73, 58–80. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2019.02.021>
- Rodríguez, C. (2018). *Niveles de plomo y cadmio en sangre de estudiantes de la Universidad Nacional de Tumbes, residentes en Corrales – Perú, 2018* [Tesis de doctorado , Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11764>
- Rodríguez, C. (2021). Intoxicación por arsénico. *Revista Medicina Legal de Costa Rica*, 38(2), 2021. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/mlcr/v38n2/2215-5287-mlcr-38-02-4.pdf>
- Rodríguez, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *MEDISAN*, 21(12), 3372. <http://scielo.sld.cu/pdf/san/v21n12/san122112.pdf>

Romero, E. (2019). *Influencia del uso adecuado del equipo de protección personal en los niveles de plomo en sangre en trabajadores mineros de la Unidad Minera Coripuno 2014-2017* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9634>

Shi, T. y Wang, Y. (2021). Heavy metals in indoor dust: Spatial distribution, influencing factors, and potential health risks. *Science of the Total Environment*, 755(1), 142367. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142367>

Tinkov, A. A., Filippini, T., Ajsuvakova, O. P., Aaseth, J., Gluhcheva, Y. G., Ivanova, J. M., Bjørklund, G., Skalnaya, M. G., Gatiatulina, E. R., Popova, E. v., Nemereshina, O. N., Vinceti, M. y Skalny, A. v. (2017). The role of cadmium in obesity and diabetes. *Science of the Total Environment*, 601–602, 741–755. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.224>

United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF). (2020). *The Toxic Truth: Children's Exposure to Lead Pollution Undermines a Generation of Future Potential*. <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/The-toxic-truth-childrens-exposure-to-lead-pollution-2020.pdf>

Wang, X., Karvonen-Gutierrez, C. A., Herman, W. H., Mukherjee, B., Harlow, S. D. y Park, S. K. (2021). Urinary Heavy Metals and Longitudinal Changes in Blood Pressure in Midlife Women: The Study of Women's Health Across the Nation. *Hypertension*, 78(2), 543–551. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.121.17295>

Wen, W. L., Wang, C. W., Wu, D. W., Chen, S. C., Hung, C. H. y Kuo, C. H. (2020). Associations of heavy metals with metabolic syndrome and anthropometric indices. *Nutrients*, 12(9), 1–12. <https://doi.org/10.3390/nu12092666>

IX. Anexos

A. Matriz de consistencia.

Título: "CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE SANGRE Y ORINA EN PACIENTES DE UN LABORATORIO PARTICULAR DE LIMA, 2022"				
Problema general	Objetivo general	Variables	Dimensiones	Metodología
¿Cuál es la concentración de metales pesados en muestras de sangre y orina en pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022?	Determinar la concentración de metales pesados en muestras de sangre y orina en pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022.	Variable 1. Concentración de metales pesados.	- Plomo. - Cadmio. - Arsénico.	Diseño: No experimental Transversal Alcance: Descriptivo Enfoque: Cuantitativo Población: La investigación contará con una población de 2400 pacientes que se realizaron el dosaje para determinar la concentración de los metales pesados incluidos para el estudio en el laboratorio particular Pulso Salud de Lima durante el año 2022. Muestra: La muestra la conformaran 331 pacientes que se realizaron el dosaje para determinar la concentración de los metales pesados. Muestreo: Probabilístico sistemático. Instrumento: Ficha de recolección de datos.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Variable 2. Tipo de muestra	- Sangre - Orina	
¿Cuál es la concentración de plomo en muestras de sangre en pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022?	Estimar la concentración de plomo en muestras de sangre en pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022.			
¿Cuál es la concentración de cadmio en muestras de orina en pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022?	Evaluar la concentración de cadmio en muestras de orina en pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022.			
¿Cuál es la concentración de arsénico en muestras de orina en pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022?	Analizar la concentración de arsénico en muestras de orina en pacientes de un laboratorio particular de Lima, 2022.			

B. Instrumentos de investigación.**Ficha de recolección de datos****1. Nombre o Código:**.....**2. Fecha:** / /**3. Edad:**..... años.**4. Sexo:** () Masculino () Femenino**5. Lugar de procedencia:****6. Índice de Masa Corporal:** Kg/m²**7. Dosaje de metales pesados:**- **Plomo:**..... µg/dl- **Cadmio:** µg/dl- **Arsénico:** µg/dl

C. Validación del instrumento de investigación.

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
"CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE SANGRE Y ORINA ENTRE
PACIENTES DE UN LABORATORIO PARTICULAR DE LIMA, 2022"

ESCALA DE CALIFICACIÓN

Estimado (a) juez experto: DR CARLOS PRADO MAGGIA.

Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, se le solicita dar su opinión sobre el instrumento de recolección de datos que se adjunta:

CRITERIOS	SI (1)	NO (0)	OBSERVACIÓN
1. El instrumento recoge información que permite dar respuesta al problema de investigación.	1		
2. El instrumento propuesto responde a los objetivos del estudio.	1		
3. La estructura del instrumento es adecuada.	1		
4. Los ítems del instrumento responden a la operacionalización de la variable.	1		
5. La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento.	1		
6. Los ítems son claros y entendibles.	1		
7. El número de ítems es adecuado para su aplicación.	1		

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
"CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE SANGRE Y ORINA ENTRE
PACIENTES DE UN LABORATORIO PARTICULAR DE LIMA, 2022"

A continuación, le presento un cuadro con los ítems del instrumento, los cuales calificará según las 4 alternativas. Marque con una X según su criterio.

Referencia: A= Dejar B= Modificar C= Incluir otra pregunta D= Eliminar

I. CARACTERISTICAS GENERALES					
Ítems	A	B	C	D	OBSERVACIONES
01. Nombre o código.	X				
02. Fecha.	X				
03. Edad.	X				
04. Sexo.	X				
05. Lugar de procedencia.	X				
06. Índice de masa corporal.	X				
07. Dosaje de metales pesados.	X				

Observaciones:

NINGUNA

Nombre del experto: Carlos Prado Maggia

Profesión: MEDICO PATOLOGO CLINICO

Fecha: 26/05/2023

Firma y sello: 

CARLOS PRADO MAGGIA
PATÓLOGO MÉDICO
CMP 15207 R.N.E. 7706

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 "CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE SANGRE Y ORINA ENTRE
 PACIENTES DE UN LABORATORIO PARTICULAR DE LIMA, 2022"

ESCALA DE CALIFICACIÓN

Estimado (a) juez experto: Mg David German Quispe Aranda

Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, se le solicita dar su opinión sobre el instrumento de recolección de datos que se adjunta:

CRITERIOS	SI (1)	NO (0)	OBSERVACIÓN
1. El instrumento recoge información que permite dar respuesta al problema de investigación.	1		
2. El instrumento propuesto responde a los objetivos del estudio.	1		
3. La estructura del instrumento es adecuada.	1		
4. Los ítems del instrumento responden a la operacionalización de la variable.	1		
5. La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento.	1		
6. Los ítems son claros y entendibles.	1		
7. El número de ítems es adecuado para su aplicación.	1		

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
"CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE SANGRE Y ORINA ENTRE
PACIENTES DE UN LABORATORIO PARTICULAR DE LIMA, 2022"

A continuación, le presento un cuadro con los ítems del instrumento, los cuales calificará según las 4 alternativas. Marque con una X según su criterio.

Referencia: A= Dejar B= Modificar C= Incluir otra pregunta D= Eliminar

I. CARACTERISTICAS GENERALES					
Ítems	A	B	C	D	OBSERVACIONES
01. Nombre o código.	X				
02. Fecha.	X				
03. Edad.	X				
04. Sexo.	X				
05. Lugar de procedencia.	X				
06. Índice de masa corporal.	X				
07. Dosaje de metales pesados.	X				

Observaciones:

.....

.....

.....

.....

.....

Nombre del experto: Mg David German Quispe Aranda

Profesión: TECNOLOGO MEDICO

Fecha: 26-04-2023

Firma y sello:

David German Quispe Aranda

DNI : 40032927

ESCALA DE CALIFICACIÓN

Estimado (a) juez experto: *De Aristides Hurtado Concha*

Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, se le solicita dar su opinión sobre el instrumento de recolección de datos que se adjunta:

CRITERIOS	SI (1)	NO (0)	OBSERVACIÓN
1. El instrumento recoge información que permite dar respuesta al problema de investigación.	1		
2. El instrumento propuesto responde a los objetivos del estudio.	1		
3. La estructura del instrumento es adecuada.	1		
4. Los ítems del instrumento responden a la operacionalización de la variable.	1		
5. La secuencia presentada facilita el desarrollo del instrumento.	1		
6. Los ítems son claros y entendibles.	1		
7. El número de ítems es adecuado para su aplicación.	1		

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
"CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN MUESTRAS DE SANGRE Y ORINA ENTRE
PACIENTES DE UN LABORATORIO PARTICULAR DE LIMA, 2022"

A continuación, le presento un cuadro con los ítems del instrumento, los cuales calificará según las 4 alternativas. Marque con una X según su criterio.

Referencia: A= Dejar B= Modificar C= Incluir otra pregunta D= Eliminar

I. CARACTERISTICAS GENERALES					
Ítems	A	B	C	D	OBSERVACIONES
01. Nombre o código.	X				
02. Fecha.	X				
03. Edad.	X				
04. Sexo.	X				
05. Lugar de procedencia.	X				
06. Índice de masa corporal.	X				
07. Dosaje de metales pesados.	X				

Observaciones:

.....

.....

.....

.....

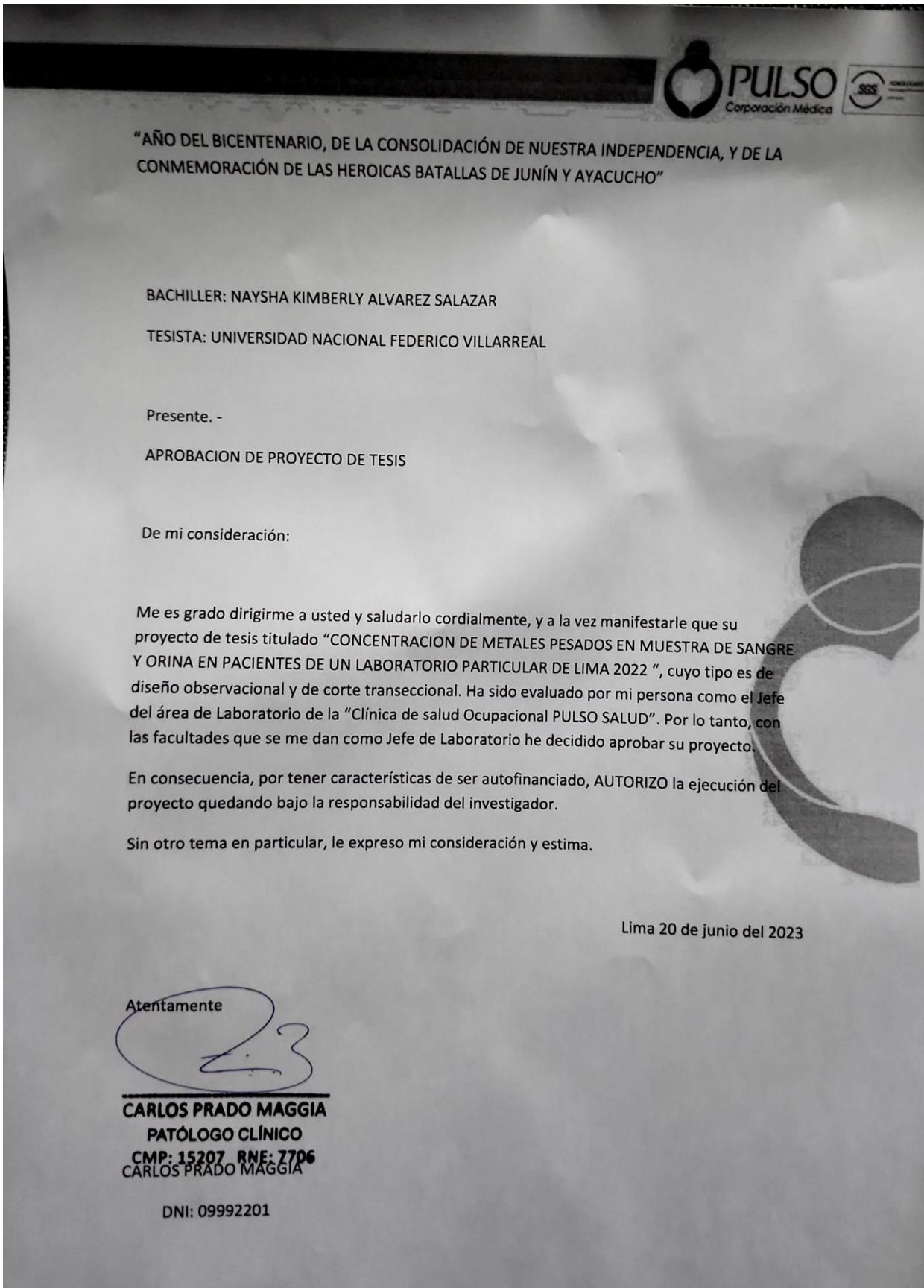
Nombre del experto:

Profesión: *TECNICO MEDICO*

Fecha: *25 - 05 - 2023*

Firma y sello:


 Dr. Aristides Hurtado Concha
 ESPECIALISTA EN BIOQUÍMICA CLÍNICA
 Mg EN BIOLOGIA
 TECNOLÓGO MEDICO
 J.C.T.M. 1269





"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"

Solicitud: Permiso para realizar proyecto de tesis

DR.: CARLOS PRADO MAGGIA:

JEFE DEL ÁREA DEL LABORATORIO

De mi consideración:

Yo, NAYSHA KIMBERLY ALVAREZ SALAZAR, identificado con DNI 74851174, con domicilio Av. Aviación 137 B, cercado de lima. Ante Ud. me presento y expongo:

Solicitarle el debido permiso para realizar mi proyecto de tesis llamado "CONCENTRACION DE METALES PESADOS EN MUESTRA DE SANGRE Y ORINA EN PACIENTES DE UN LABORATORIO PARTICULAR DE LIMA 2022", con este fin solicito aprobación y autorización para la ejecución del proyecto de tesis. Del mismo modo me comprometo a cumplir las buenas prácticas de investigación, las recomendaciones y cronogramas establecidos según corresponda.

Con un saludo cordial y a tiempo de agradecerle su atención a esta solicitud, aprovecho la oportunidad para reiterarle mi consideración y estima.

Lima 20 de junio del 2023

Atentamente

A handwritten signature in black ink, appearing to read "NAYSHA KIMBERLY ALVAREZ SALAZAR".

NAYSHA KIMBERLY ALVAREZ SALAZAR

DNI: 74851174

Análisis V de Aiken

Se realizó la validación del instrumento de investigación mediante juicios de expertos y se analizó la relevancia de los ítems empleando el coeficiente V de Aiken, mediante la siguiente formula:

$$V = \frac{S}{[n(c - 1)]}$$

ESCALA DE EVALUACIÓN			
A	B	C	D
0	1	2	3

ITEMS	JUECES EXPERTOS			S	V de Aiken
	JUEZ 01	JUEZ 02	JUEZ 03		
P01	3	3	3	9	1
P02	3	3	3	9	1
P03	3	3	3	9	1
P04	3	3	3	9	1
P05	3	3	3	9	1
P06	3	3	3	9	1
P07	3	3	3	9	1
Promedio V de Aiken					1.0

Al analizar el V de Aiken, se encontró un coeficiente de 1. Por lo tanto, el presente instrumento de investigación indica un acuerdo excelente entre los jueces expertos.