

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CADMIO Y PLOMO EN
MÚSCULO E HÍGADO DE CARNEROS CRIADOS EN LAS TRES
COMUNIDADES DEL DISTRITO DE COYLLURQUI - APURIMAC - 2025**

PRESENTADO POR:

Br. ZAHIR ANALY ROJAS RAMIREZ

Br. HILDA CJUNO TTACCA

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE QUÍMICO FARMACÉUTICO**

ASESORA:

MAG. ZANY SIGRID FRISANCHO TRIVEÑO

CUSCO – PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor ZANY SIGRID FRISANCHO TRIVENO
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE
CADMIO Y PLOMO EN MÚSCULO E HÍGADO DE CARNEROS CRIADOS
EN LAS TRES COMUNIDADES DEL DISTRITO DE COYLURQUI-APURIMAC -
2025

Presentado por: HILDA CJUNO TTACCA DNI N° 74450049;
presentado por: ZAHIR ANALY ROJAS RAMIREZ DNI N°: 63312194
Para optar el título Profesional/Grado Académico de
QUÍMICO FARMACÉUTICO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 7 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<u>X</u>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 10 de agosto de 2026

Firma

Post firma Zany Sigrid Frisancho Triveno

Nro. de DNI 40063091

ORCID del Asesor 0000-0001-7459-9675

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:613386940

TESIS EVALUACION DE METALES PESADOS.docx

Nombre: Hilda y Zahir Analy



Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::27259:613386940

Fecha de entrega

9 ago 2026, 8:34 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

9 ago 2026, 9:15 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS 09.08.2026 ultima.docx

Tamaño del archivo

23.0 MB

108 páginas

25.887 palabras

143.933 caracteres

7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 13 palabras)
- Trabajos entregados

Exclusiones

- N.º de fuente excluida
- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

A Dios, por concederme la sabiduría, la fortaleza y la perseverancia necesarias para culminar con éxito esta etapa académica. Su guía y bendición iluminaron mi camino y me permitieron superar cada desafío.

A mis queridos padres Lucio y Juana, pilares fundamentales de mi vida. Por su constante apoyo, su amor incondicional y valiosas enseñanzas. Este logro es reflejo de sus innumerables sacrificios y de la confianza que siempre depositaron en mí.

A mis queridos hermanos, Yohon Hilton, Yeni, William, Rina Luz y Yhonni, con todo mi cariño y gratitud. Gracias por confiar en mí, por acompañarme y apoyarme en cada etapa de mi vida.

A mi papito Evaristo, por su constante apoyo y ejemplo de esfuerzo. A la memoria de mi mamita Juana (Q.E.P.D.), gracias por iluminar mi camino desde el cielo y por ser la fuerza que impulsa mis logros.

Hilda Cjuno Ttacca

A Dios por ser fuente inagotable de amor, sabiduría y fortaleza, a mi amada madre Cleofé por ser mi fuerza en días difíciles, por tu amor incondicional, por ser mi ejemplo a seguir y ser el pilar fundamental de este logro, este logro es tan tuyo como mío. Con todo mi amor, para siempre. A mi querido padre Whillen por sus sabios consejos y su paciencia. A mis hermanos Arnold y Roswinda por su amor incondicional y ser parte esencial de mi vida. A mis queridos tíos Teresa y Percy por su cariño y apoyo incondicional.

Zahir Analy Rojas Ramírez

Agradecimientos

A Dios, por ser nuestra guía y fortaleza en cada paso de este camino. Gracias por darnos la salud, la paciencia y la sabiduría necesarias para alcanzar esta meta.

A nuestras familias por su apoyo incondicional y constante. Por ser el pilar fundamental en nuestras vidas, su confianza y ánimo nos han impulsado a seguir adelante y alcanzar este logro. Gracias a todos. ¡Este logro también es suyo!

A nuestra asesora de tesis Mg. Zany Sigrid Frisancho Triveño por su guía experta en esta etapa, su paciencia y su apoyo constante durante todo el proceso. Sus recomendaciones han sido fundamentales para la realización de este trabajo. Gracias por creer en nosotras.

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de San Abad del Cusco, por habernos acogido y formado a lo largo de nuestra trayectoria académica brindándonos las herramientas necesarias para nuestro desarrollo profesional y personal.

A la escuela profesional Farmacia y Bioquímica, por su constante compromiso con la excelencia académica y la formación de profesionales íntegros.

Extendemos un agradecimiento especial a todos los docentes, quienes, mediante su dedicación, orientación y conocimientos, contribuyeron significativamente en nuestra formación, inspirándonos a perseverar y alcanzar esta meta.

Hilda Cjuno Ttacca y Zahir Analy Rojas Ramírez

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar las concentraciones de cadmio y plomo en carneros destinados al consumo humano, criados por pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay, distrito de Coyllurqui, Apurímac. La investigación fue de tipo básica, con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, diseño no experimental y corte transversal. Se tomaron 24 muestras biológicas de músculo e hígado. Las concentraciones de cadmio en músculo oscilaron entre 0,001 y 0,010 mg/kg, mientras que en hígado variaron entre 0,017 y 0,064 mg/kg, encontrándose por debajo de los límites máximos permitidos (0.05 mg/kg para músculo y 0.50 mg/kg para hígado). Para plomo, las mayores concentraciones se registraron en músculo, con promedios de 0,503 mg/kg en Huancuire, 0,253 mg/kg en Pamputa y 0,079 mg/kg en Anchapillay. Huancuire y Pamputa superaron el límite máximo permitido de 0.10 mg/kg, mientras que Anchapillay permaneció dentro del valor establecido; una muestra superó ligeramente dicho límite. En hígado, los promedios fueron de 0,033 mg/kg en Pamputa, 0,031 mg/kg en Huancuire y 0,010 mg/kg en Anchapillay, todos inferiores al límite de 0.50 mg/kg. Se concluye que el cadmio en músculo e hígado no representan riesgo para el consumo humano al mantenerse dentro de los límites establecidos. Sin embargo, el plomo en tejido muscular de carneros de Huancuire y Pamputa superó los límites de Codex Alimentarius y MERCOSUR, evidenciando el impacto de la minería en la inocuidad de la carne y la necesidad de fortalecer el monitoreo ambiental y la vigilancia de metales pesados en zonas ganaderas.

Palabras clave: Cadmio, Plomo, Minería, Metales pesados

ABSTRACT

This study aimed to evaluate cadmium and lead concentrations in rams raised via grazing for human consumption in the communities of Huancuire, Pamputa, and Anchapillay Coyllurqui District, Apurímac. The research was basic in nature, employing a quantitative approach, a descriptive level, a non-experimental design, and a cross-sectional study. Were collected 24 biological samples of muscle and liver tissue. The concentrations cadmium in muscle ranged from 0,001 to 0,010 mg/kg, while liver concentrations ranged from 0,017 to 0,064 mg/kg; all values were below the maximum permissible limits (0.05 mg/kg for muscle and 0.50 mg/kg for liver). For lead, the highest concentrations were recorded in muscle tissue, with averages of 0,503 mg/kg in Huancuire, 0,253 mg/kg in Pamputa, and 0,079 mg/kg in Anchapillay. Huancuire and Pamputa exceeded the maximum permissible limit of 0.10 mg/kg, whereas the value for Anchapillay remained within the established value; one of the samples exceeded that limit. In the liver, the averages were 0,033 mg/kg in Pamputa, 0,031 mg/kg in Huancuire, and 0,010 mg/kg in Anchapillay all below the limit of 0.50 mg/kg. It is concluded that cadmium concentrations in muscle and liver did not pose a risk to human consumption, as they remained within established limits. However, the lead in muscle tissue of rams from Huancuire and Pamputa exceeded the limits of Codex Alimentarius and MERCOSUR, indicating the impact of mining in meat safety and highlighting the need to strengthen environmental monitoring and heavy metal surveillance in livestock-farming areas.

Keywords: Cadmium, Lead, Mining, Heavy Metals

INTRODUCCIÓN

Las carnes constituyen alimentos de alto valor nutritivo y elevada biodisponibilidad para el organismo humano, debido a que presentan una digestibilidad cercana al 97 % de las proteínas y al 96 % de las grasas. Asimismo, las vísceras, como el hígado, los riñones y el corazón, son ampliamente aprovechadas por el organismo gracias a su importante aporte de proteínas de alta calidad biológica, vitaminas y minerales esenciales, lo que las convierte en componentes relevantes dentro de la alimentación humana (1).

Con la información anterior, se tiene que, las comunidades altoandinas de Huancuire, Pamputa y Anchapillay, del distrito de Coyllurqui en la región Apurímac, ubicadas cerca de la mina Las Bambas y de la pequeña minería artesanal Chunta, tienen como única fuente de carne al ovino. Estos animales son criados mediante pastoreo al aire libre y constituyen el único mamífero que habita en estas comunidades altoandinas, situadas a más de 4,000 m s. n. m.

Los metales pesados como el cadmio y el plomo no son biodegradables, por lo que tienden a bioacumularse en el músculo y las vísceras de los animales, representando un riesgo crítico para la salud humana. Al consumir estos alimentos el ser humano absorbe los metales que se han acumulado en el animal, lo que incrementa peligrosamente su concentración en el organismo (2). Esta exposición prolongada provoca graves efectos adversos tales como daños en el sistema nervioso, disfunciones hepáticas y renales, afecciones en el sistema músculo-esquelético y provocar alteraciones genéticas, efectos carcinogénicos e inmunológicos. Estos riesgos son especialmente alarmantes en la población infantil, considerada uno de los grupos más vulnerables por encontrarse en una etapa de crecimiento y desarrollo (2).

El cadmio ingresa al organismo humano a través del consumo de alimento de origen vegetal y animal. En las plantas, este metal se acumula con mayor frecuencia en las hojas que en los frutos y semillas. Respecto a las fuentes de origen animal, el cadmio se concentra en niveles significativamente elevados en pescados, crustáceos y órganos metabólicos como el hígado y el riñón (3). Por otra parte, el plomo (Pb) es considerado un metal tóxico presente de manera natural en la corteza terrestre. Su exposición está asociada a graves problemas de salud, entre las cuales destacan alteraciones neuro toxicológicas severas en el cerebro y el sistema nervioso central, dicha toxicidad puede desencadenar cuadros clínicos graves como convulsiones, disminución del desarrollo y capacidad cognitiva (4). La OMS clasifica al cadmio y plomo dentro de las diez sustancias químicas más peligrosas y la mayor preocupación para la salud pública a nivel mundial (5).

La problemática abordada constituye uno de los principales desafíos ambientales y de salud pública a nivel mundial. Su causa principal radica en la continua expansión de la actividad minera, la cual libera y dispersa sustancias tóxicas en el ecosistema. Estas sustancias se integran a los diferentes componentes ambientales, como el suelo, el agua, el aire y los pastizales, estableciendo una estrecha relación con las especies animales, especialmente las domésticas, e incluso con el ser humano a través de la cadena alimentaria. En este contexto, la presencia de residuos tóxicos en la carne y las vísceras constituyen un indicador directo del nivel de contaminación al que han estado expuestos los animales, así como un reflejo indirecto de las condiciones ambientales predominantes en las zonas de pastoreo de los carneros (6).

En este contexto la investigación tuvo como objetivo cuantificar los niveles de concentración de metales pesados (Cd y Pb) en la carne e hígado de ganado ovino que se consume en las tres comunidades del distrito de Coyllurqui, Apurímac. La concentración de metales pesados (Cd y Pb) se determinó mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. Los resultados son de gran importancia, debido a que permiten proyectar, supervisar y llevar a cabo acciones preventivas respecto al consumo de carnes y vísceras. Y presenta una contribución al bienestar y la salud de la población, y tienen como finalidad ayudar a evitar pérdidas económicas para las personas dedicadas a la crianza de estos animales.

ÍNDICE

Resumen	ii
Abstract	iii
Introducción.....	iv
Abreviaturas.....	xiii
Índice de tablas	x
Índice de figuras.....	xi
CAPÍTULO I	1
GENERALIDADES	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación de la investigación.....	4
1.4.1. Justificación teórica.....	4
1.4.2. Justificación práctica	4
1.4.3. Justificación social	4
1.4.4. Justificación ambiental	5
1.5. Hipótesis	5
1.5.1. Hipótesis general	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Visión histórica	6
2.2. Antecedentes de la investigación	7
2.2.1. Antecedentes internacionales.....	7
2.2.2. Antecedentes nacionales.....	10
2.2.3 Antecedentes locales	13
2.3. Estado de la cuestión	15

2.4. Bases teóricas	17
2.4.1. Minería en el Perú	17
2.4.2. Minería en la Región Apurímac	17
2.4.3. Metales pesados.....	18
2.4.4. Contaminación por metales pesados	18
2.4.5. Presencia de metales en alimentos de origen animal.....	18
2.4.6. Fuentes de exposición a los metales pesados	19
2.4.7. Ingesta y exposición de metales pesados	19
2.4.8. Codex Alimentarius	28
2.4.9. MERCOSUR.....	29
2.4.10. Ovinos	30
2.4.11. Importancia de la carne en la alimentación (62)	31
2.4.12. Valor nutricional.....	32
2.4.13. Espectrometría de absorción atómica	34
2.5. Marco conceptual	36
CAPÍTULO III.....	38
MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1. Materiales para la obtención	38
3.1.1. Procedimiento operativo para determinar cadmio.....	40
3.1.2. Procedimiento operativo para determinar plomo	44
3.2. Lugar y Ubicación del estudio	47
3.2.1. División política	47
3.2.2. División geográfica.....	47
3.3. Diseño Metodológico	48
3.3.1. Tipo de investigación.....	48
3.3.2. Diseño de investigación.....	48
3.3.3. Enfoque de la investigación	48

3.4. Metodología	49
3.4.1. Muestra biológica	49
3.4.2. Técnicas de selección de muestras de músculo e hígado	50
3.4.3. Puntos de muestreo y cantidad de muestras	51
3.4. Variable	51
3.4.1. Operacionalización de variables	52
3.5.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	53
3.5.3. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	53
CAPÍTULO IV	54
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
4.1. Resultados de las concentraciones de cadmio en el músculo e hígado de carneros criados por pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay según Codex Alimentarius y MERCOSUR.	54
4.1.1. Resultados del análisis en muestras de músculo.	54
4.1.2. Resultados del análisis en muestras de hígado.	56
4.2. Resultados de las concentraciones de plomo en el músculo e hígado de carneros criados por pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay según Codex Alimentarius y MERCOSUR.	58
4.2.1. Resultados del análisis en muestras de músculo.	58
4.2.2. Resultados de análisis en muestras de hígado.	61
4.3. Resultados de la comparación de la concentración de cadmio en músculo e hígado de los carneros criados por pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay respectivamente.	63
4.4. Resultados de la comparación de la concentración de plomo en músculo e hígado de los carneros criados por pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay respectivamente.	65
Conclusiones	68
Recomendaciones	69
Bibliografía	70

Anexos.....	77
Anexo 1. Evidencias fotográficas	78
Anexo 2. Procesamiento de muestras en el laboratorio CICOTOX	83
Anexo 3. Resultados del informe de ensayo.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Los límites máximos permitidos para la concentración de metales pesados en aguas.....	29
Tabla N° 2: Los límites máximos permitidas para la concentración de metales pesados en carnes.....	29
Tabla N° 3: Límites máximos permisibles de Plomo.....	30
Tabla N° 4: Límites máximos permisibles de Cadmio.....	30
Tabla N° 5: Composición de Alimentos.....	33
Tabla N° 6: Materiales usados para obtención de metales.	38
Tabla N° 7: Materiales de laboratorio	39
Tabla N° 8: Calentamiento del horno de grafito.....	40
Tabla N° 9: Concordancia y absorbancia de cadmio.	41
Tabla N° 10: Rampa de calentamiento del horno de grafito.	44
Tabla N° 11: Concordancia y absorbancia de plomo.....	45
Tabla N° 12: Puntos de muestreo y cantidad de muestra para determinar cadmio y plomo...	51
Tabla N° 13: Resultados de cadmio en músculos	54
Tabla N° 14: Resultados de Cadmio en hígado	56
Tabla N° 15: Resultados de plomo en músculos	58
Tabla N° 16: Resultados de plomo en hígado	61
Tabla N° 17: Comparación de la concentración de cadmio en músculo e hígado de carneros criados por pastoreo según comunidad.	63
Tabla N° 18: Comparación de la concentración de plomo en músculo e hígado de carneros criados por pastoreo según comunidad.	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Propiedades y riesgos de los metales pesados.....	20
Figura N° 2: Toxicología del cadmio. Esquema toxicocinético	23
Figura N° 3: Vías de Absorción, Distribución y Eliminación del Plomo en el Organismo Humano.	27
Figura N° 4: Efectos del plomo en la síntesis del hem.	28
Figura N° 5: Apurímac: SENASA atiende a 925 ovinos en zonas altoandinas.	31
Figura N° 6: Descripción del horno de grafito	35
Figura N° 7: Concordancia y absorbancia de cadmio	42
Figura N° 8: Extracción de cadmio.....	43
Figura N° 9: Concordancia y absorbancia de plomo	45
Figura N° 10: Extracción de plomo	46
Figura N° 11: Flujograma de obtención de muestra	50
Figura N° 12: Materiales para la obtención de muestras	78
Figura N° 13: Selección de animales en la comunidad Pamputa	78
Figura N° 14: Obtención de muestras de la comunidad de Pamputa.....	79
Figura N° 15: Rotulado, embalado y traslado de muestras	79
Figura N° 16: Huancuire comunidad aledaña a la minería las Bambas.....	79
Figura N° 17: Comunidad Huancuire	80
Figura N° 18: Obtención de muestras de la comunidad de Huancuire	80
Figura N° 19: Rotulado, embalado y traslado de muestras	81
Figura N° 20: Selección de animales de la comunidad de Anchapillay	81
Figura N° 21: Obtención y pesado de muestras de la comunidad de Anchapillay	81
Figura N° 22: Rotulado, embalado y traslado de muestras	82
Figura N° 23: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, laboratorio CICOTOX.....	82
Figura N° 24: Muestras de músculo e hígado antes del secado.....	83
Figura N° 25: Muestras de músculo e hígado después de secado	83
Figura N° 26: Muestra seca triturada	84
Figura N° 27: Medición de peso de muestras trituradas	84
Figura N° 28: Muestras en la mufla.....	85
Figura N° 29: Muestras precalcinadas	85
Figura N° 30: Muestras calcinadas (llevadas a cenizas blancas).....	86
Figura N° 31: Filtración de las muestras.....	86
Figura N° 32: Muestras filtradas.....	87

Figura N° 33: Total de muestras para la lectura	87
Figura N° 34: Lectura de muestras	88
Figura N° 35: Informe de resultados de cadmio en músculo	89
Figura N° 36: Informe de resultados de cadmio en hígado	90
Figura N° 37: Informe de resultados de plomo en músculo	91
Figura N° 38: Informe de resultados de plomo en hígado	92

ABREVIATURAS

AAS	: Espectroscopia de Absorción Atómica.
ALAD	: Ácido delta-aminolevulínico deshidratasa.
AVAD	: Años de Vida Ajustados por Discapacidad.
Cd	: Cadmio.
CENSOPAS	: Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud.
DRAA	: Dirección Regional Agraria Apurímac.
ECA	: Estándar de Calidad Ambiental.
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
FBC	: Factor de Bioconcentración.
GERESA	: Gerencia Regional de Salud.
GFAA	: Espectrometría de Absorción Atómica por Horno de Grafito.
IARC	: Agencia Internacional para la Investigación de Cáncer.
ICP-MS	: Espectrometría de Masas de Plasma Acoplado Inductivamente.
IHME	: Instituto de Sonometría y Evaluación Sanitaria.
INACAL	: Instituto Nacional de Calidad.
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
LMP	: Límite Máximo Permisible.
MERCOSUR	: Mercado Común del Sur.
MINAM	: Ministerio del Ambiente.
MINSA	: Ministerio de Salud.
OEFA	: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
OMS	: Organización Mundial de la Salud.
OPS	: Organización Panamericana de la Salud.
Pb	: Plomo.
RASFF	: Sistema de Alerta Rápido para Alimentos y Piensos.
SENASA	: Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú.
SIAR	: Servicio de Información Ambiental Regional.
UE	: Unión Europea.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del problema

Los metales pesados representan un riesgo significativo para la salud, conforme a los estudios actualizados de la Organización Mundial de la Salud (OMS) la exposición a los metales pesados es una de las principales causas de morbilidad. Se estima que la exposición ambiental crónica al Pb causa aproximadamente 143 000 muertes anuales y representa 0,6 % de la carga mundial de morbilidad. Asimismo, en 2023 causó más de 3,5 millones de muertes a nivel mundial, principalmente debido a sus efectos cardiovasculares. También ocasionó la pérdida de más de 71,5 millones de años de vida ajustados por discapacidad. (7). Entre los metales pesados de mayor preocupación se encuentran el cadmio y el plomo, debido a su elevada toxicidad. El cadmio está clasificado como carcinógeno humano y la exposición ocurre principalmente por el consumo de alimentos contaminados y por la exposición ocupacional en diversas industrias (8).

Por su parte, la Organización Panamericana de la Salud señala que el plomo es un contaminante ambiental acumulativo que afecta múltiples sistemas del cuerpo humano, incluidos el cardiovascular, neurológico, hematológico, digestivo y renal (9). El Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos y la Agencia para la Investigación del Cáncer determinaron que el cadmio y sus diferentes compuestos son carcinogénicos en seres humanos (8).

A nivel nacional, la exposición de la población a metales pesados y metaloides constituye una problemática de creciente preocupación para la salud pública. Durante el año 2023, el 87,3 % de las notificaciones de personas expuestas a estos contaminantes se concentró principalmente en los departamentos de Piura y Ayacucho, evidenciando una alta carga de exposición en dichas regiones. Asimismo, el 82,6 % de las notificaciones registradas a nivel nacional se agrupó en cinco departamentos: Ayacucho, Junín, Piura, Puno y Moquegua, además de la Provincia Constitucional del Callao. Entre todas estas jurisdicciones, el departamento de Ayacucho presentó la mayor tasa de exposición durante el año 2023, lo que pone de manifiesto una situación de especial riesgo para su población y la necesidad de fortalecer las estrategias de vigilancia, prevención y control frente a la contaminación por metales pesados y metaloides (10).

En la región de Apurímac, durante el año 2025, se notificaron 2674 personas expuestas a metales pesados y metaloides, lo que representa el 6,7% de los casos registrados en 34 distritos, con una tasa de exposición de 10,2 por cada 1000 habitantes. Según edad por curso de vida el 57,8 % de los casos correspondió a menores de 12 años. El 82,0 % de las notificaciones se concentró en los distritos: Haquira, Coyllurqui, Challhuahuacho, Mara, Cotabambas, etc. (10). La actividad minera en la región de Apurímac genera una creciente preocupación por el riesgo de contaminación del suelo y agua con metales pesados como el cadmio y el plomo en el distrito de Coyllurqui, lo que representa una amenaza directa para las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay, cuya economía y alimentación dependen fundamentalmente de la crianza de ovinos. Investigaciones realizadas en otras zonas altoandinas han detectado concentraciones elevadas de estos metales en tejidos animales a través de cadena alimentaria; en Coyllurqui aún no se cuenta con estudios locales que evalúen de manera específica esta problemática.

La ingesta crónica de carne o hígado contaminados con cadmio o plomo provoca serios daños a la salud humana, incluyendo alteraciones neurológicas, renales, hepáticas y del sistema inmunológico. Esta situación representa una amenaza silenciosa en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay, ubicadas dentro del área de influencia del proyecto minero Las Bambas, donde el consumo de carne de carnero es parte habitual de la dieta. A pesar de que las operaciones extractivas están sujetas a normativas ambientales, podrían contribuir indirectamente a la contaminación mediante la dispersión de partículas, vertimientos o infiltración en fuentes hídricas. La falta de controles eficaces y la ausencia de monitoreos periódicos en los animales de crianza han generado un vacío de información que limita la capacidad de las autoridades locales para implementar medidas preventivas y/o correctivas. A ello se suma una limitada capacidad técnica y presupuestal por parte de las comunidades para implementar medidas de control o mitigación, lo que agrava el problema.

Las prácticas ganaderas en estas comunidades se desarrollan de manera extensiva, con mínima intervención veterinaria o monitoreo de calidad ambiental, lo que genera una exposición prolongada y sin detección temprana de contaminantes potenciales. Así, se configura una problemática ambiental y sanitaria que compromete no solo la seguridad alimentaria local, sino también el bienestar de las familias campesinas, su economía y su derecho a un ambiente saludable. Si esta problemática continúa sin un monitoreo adecuado, la presencia de cadmio y plomo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay podría generar graves consecuencias para la salud pública y el ambiente. En la población, la exposición prolongada favorecería la aparición de enfermedades crónicas, daños en órganos

vitales como riñones, hígado y sistema nervioso, así como trastornos del desarrollo y deterioro cognitivo, especialmente en niños y adultos mayores. A nivel ambiental, el suelo, el agua y los pastos continuarían actuando como reservorios y vías de dispersión de estos contaminantes, ampliando su impacto hacia otros animales de consumo y cultivos agrícolas.

En función a la problemática descrita, debido a la peligrosidad de los metales pesados, los cuales pueden contaminar el suelo, el agua, los pastos y acumularse en los tejidos del ganado ovino destinado al consumo humano, aunado a la falta de monitoreo ambiental, sanitario, el escaso control veterinario y las limitadas capacidades técnicas de las comunidades que dificultan la detección y prevención del problema. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo evaluar los niveles de concentraciones de cadmio y plomo en carneros de consumo directo criados por pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay del distrito de Coyllurqui-Apurímac en el periodo de junio-agosto, 2025.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de concentración de cadmio y plomo en el músculo e hígado de carneros destinados al consumo humano en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay, del distrito de Coyllurqui 2025?

1.2.1. Objetivo general

1. Evaluar los niveles de concentraciones de cadmio y plomo en carneros de consumo directo criados por pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay del distrito de Coyllurqui-Apurímac en el periodo de junio – agosto, 2025.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Determinar las concentraciones de cadmio en el músculo e hígado de carneros criados por pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay según Codex Alimentarius y MERCOSUR.
2. Determinar la concentración de plomo en el músculo e hígado de carneros criados por pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay según Codex Alimentarius y MERCOSUR.
3. Comparar la concentración de cadmio en músculo e hígado de los carneros criados por pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay respectivamente.
4. Comparar la concentración de plomo en músculo e hígado de los carneros criados por pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay respectivamente.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación teórica

La presente investigación se justifica teóricamente porque contribuye a ampliar el conocimiento científico sobre la presencia de cadmio y plomo en el músculo e hígado de carneros destinados al consumo humano de las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay, donde no existen estudios previos sobre esta problemática. Asimismo, fortalece los fundamentos relacionados con la contaminación por metales pesados, su bioacumulación en tejidos animales y su transferencia a la cadena alimentaria, generando evidencia que servirá de base para futuras investigaciones y para la toma de decisiones orientadas a la protección de la salud pública y la seguridad alimentaria. Además, el estudio aporta información sobre la aplicación de la Espectrometría de Absorción Atómica con Horno de Grafito (GFAAS), técnica de alta sensibilidad y precisión para la cuantificación de metales pesados. En este sentido, López (2024) señala que el empleo de esta metodología permite obtener resultados confiables para la evaluación de contaminantes en alimentos y fortalecer los sistemas de vigilancia de la inocuidad alimentaria.

1.4.2. Justificación práctica

La determinación de metales pesados como el cadmio y el plomo permiten identificar los niveles de concentración contenidos en los músculos e hígados de carneros de consumo directo en comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay, del distrito de Coyllurqui, departamento de Apurímac. Los resultados podrían ser de utilidad para las autoridades y el Ministerio de Salud, a fin de proponer normativas a nivel nacional sobre la seguridad y calidad de carnes para el consumo humano en zonas mineras.

1.4.3. Justificación social

Mediante este trabajo de investigación se dará a conocer la información obtenida acerca de la existencia de metales pesados en el músculo e hígado de carneros consumidos en comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay, del distrito Coyllurqui, departamento de Apurímac. La presencia de metales pesados en los alimentos compromete su calidad, inocuidad y representa una problemática para la salud pública, razón por la cual se desarrolló esta investigación. Dado que la crianza de ovinos constituye una importante fuente de alimentación e ingreso económico para los pobladores de estas comunidades altoandinas, los resultados del estudio servirán como evidencia para fortalecer la seguridad alimentaria.

1.4.4. Justificación ambiental

La región de Apurímac se caracteriza por una intensa actividad minera, si bien constituye una importante fuente de desarrollo económico, y esto representa un potencial riesgo de contaminación ambiental por metales pesados, los cuales pueden persistir en el suelo, el agua y los pastos, incorporándose a la cadena alimentaria y afectando tanto a los animales como a la población que consume sus productos. Por lo que los resultados permitirán conocer el estado de contaminación ambiental, aportar información para un eventual monitoreo y vigilancia de metales pesados, así como orientar a la toma de decisiones para implementar medidas de prevención, control y mitigación que contribuyan a la protección del medio ambiente, la seguridad alimentaria y la conservación de la salud de las comunidades rurales de Apurímac.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Los niveles de concentraciones de cadmio y plomo presentes en el músculo e hígado de carneros criados por pastoreo y consumidos en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay, durante los meses de junio a agosto de 2025, superan los límites máximos permisibles establecidos por el Codex Alimentarius y la normativa MERCOSUR.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Visión histórica

Desde la antigüedad los metales pesados han sido reconocidas como sustancias tóxicas para el ser humano y son ampliamente utilizados en diversas actividades antropogénicas, especialmente en los sectores minero, industrial y agrícola. Como consecuencia de estas actividades, dichos elementos pueden ser liberados al ambiente e incorporarse a los cuerpos de agua a través de descargas directas, afluentes o por deposición atmosférica. Una vez en el ecosistema, tienen la capacidad de movilizarse y distribuirse mediante diferentes mecanismos: algunos se adsorben a los sedimentos de los ríos, otros permanecen disueltos en el agua y, posteriormente, pueden acumularse en el suelo, donde son absorbidos por los pastos y demás especies vegetales. De esta manera, los animales de pastoreo, como los ovinos, se exponen a estos contaminantes tanto por el consumo directo de agua como por la ingestión de forraje contaminado, favoreciendo la bioacumulación de metales pesados en sus tejidos y su posterior incorporación a la cadena alimentaria humana (10).

Las altas concentraciones de metales pesados en la superficie podrían alterar gravemente en la calidad de los alimentos, seguridad de los cultivos y salud del medio ambiente. Ya que, a través de estos se desplazan a la cadena alimentaria por el consumo de pastos por animales y estos seguidamente por personas siendo un peligro en salud de las personas (11). El contacto humano con metales pesados se genera mediante el agua y los alimentos, generalmente a dosis bajas, la toxicidad de estos a lo largo de la historia se refleja especialmente por la exposición profesional en actividades mineras (12).

En el 2014 se publicó *“Niveles de metales pesados en el ambiente y su exposición en la población luego de cinco años de exploración minera en Las Bambas, Perú 2010”* realizado por el Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud (CENSOPAS) del Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú. Luego de 5 años de exploración minera en Las Bambas se realizó un estudio comparativo de corte transversal en tres distritos del proyecto Las Bambas en la región de Apurímac, Perú. Se obtuvieron muestras de aire, agua y suelo para detectar la presencia de metales pesados. Se tomaron muestras de orina y sangre a 310 pobladores para verificar los niveles de cadmio, arsénico, plomo y mercurio. Al final del estudio se concluyó que los valores de cadmio sobrepasan los límites permisibles y se observaron cambios en niveles de cadmio en muestras de orina y en la cantidad de personas que lo presentan (13).

2.2. Antecedentes de la investigación

2.2.1. Antecedentes internacionales

Fechete, F., Popescu, M., Marza, S., Olar, L., Purdoiu, R., Răzvan, A., Lacatus, C., Hoble, A., Petrescu, I., Bora, F. (2024) “Acumulación espacial y bioacumulación de metales pesados en un sistema alimentario basado en ovejas: implicaciones para la salud humana, Rumania” (14)

Objetivo: Evaluar la bioacumulación y la distribución espacial de níquel, cadmio, zinc, plomo y cobre dentro de una cadena alimentaria basada en ovejas en la región de Bahía Mare, Rumania, incluyendo el suelo, pasto verde, suero ovino y productos lácteos. **Metodología:** Se hizo uso del nivel descriptivo, con un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de corte transversal y de tipo básico tomado muestras mediante espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), se analizó las concentraciones de estos metales y se calcularon los factores de bioconcentración (FBC) para evaluar su transferencia a través de los niveles tróficos. El análisis espacial evidenció el cobre (hasta 2528,20 mg/kg) y el zinc (hasta 1821,40 mg/kg) excediendo los límites permisibles, particularmente cerca de antiguas minas. **Resultados:** Se evidenciaron niveles elevados de plomo (807,59 mg/kg) y cadmio (2,94 mg/kg) en áreas industriales, mientras que el níquel y el cobalto mostraron concentraciones más bajas, con picos localizados. En **conclusión:** El metal más abundante en el pasto fue zinc, en cambio el cadmio se transfirió eficientemente a la leche y queso, lo que representa posibles riesgos para la salud. Estos hallazgos realzan la importancia del monitoreo continuo, la evaluación de riesgos y las estrategias de mitigación para proteger la salud pública de la posible exposición a productos lácteos contaminados.

Yaguana Diaz, E. (2021). “Determinación de cadmio y plomo en carne de ganado porcino comercializados en dos mercados municipales de la ciudad de Guayaquil, Ecuador” (15)

Objetivo: Determinar los niveles de metales pesados como plomo y cadmio en la carne de ganado porcino comercializada en dos mercados municipales de la ciudad de Guayaquil. **Metodología:** Los niveles del plomo y cadmio fueron determinados mediante la técnica de espectroscopia de absorción atómica por horno de grafito. **Resultado:** La presencia de cadmio fue indetectable teniendo el valor de: $>0,014$ mg/kg. En algunas muestras la presencia de plomo fue de: 0.01435 ± 0.0080 mg/kg, también 0.0054 ± 0 mg/kg, sin embargo, otras fueron indetectables: <0.035 mg/kg. **Conclusión:** Las concentraciones mínimas en cadmio y plomo no representan riesgo para la salud humana.

Núñez Flores. H. (2021) “Detección de la concentración de plomo en bovinos sacrificados en rastros municipales de puebla, México” (16)

Objetivo: Analizar la concentración de plomo en muestras de hígado, riñón, músculo y sangre de bovinos para abasto de cuatro rastros municipales de Puebla (San Pedro Cholula, Tehuacán, Tecamachalco y Atlixco). **Metodología:** la metodología utilizada fue utilizada fue de nivel descriptivo, con un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de corte transversal y de tipo básico en la ciudad de puebla donde las muestras tomadas fueron determinadas mediante espectrofotometría de luz visible marca Thermo Scientific modelo Génesis 10 vis, en un total de 248 muestras. Para el análisis de las muestras se tomaron en cuenta las indicaciones de la NOM-004-ZOO-1994 (Control de residuos tóxicos en carne, grasa, hígado y riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos). Y también se tomó en cuenta las indicaciones de la modificación a la NOM-004-ZOO-1994 (Control de residuos tóxicos en carne, grasa, hígado, riñón y músculo de bovinos, equinos, porcinos, ovinos, aves, caprinos y cérvidos). **Resultado:** Se encontró diferencias significativas en las muestras con respecto a la presencia de plomo en hígado. Riñón, sangre y músculo $P (< 0.05)$ así como los diferentes rastros ubicados en Atlixco, San Pedro Cholula. Tehuacán y Tecamachalco $P (< 0.05)$. **Conclusión:** En la NOM-004-ZOO-1994 no se encuentra normalizado el límite máximo permitido de Pb, porque no está regulado para rastros municipales.

Hernández Domínguez C. (2020) “Evaluación del arsénico (As), cadmio (Cd), Mercurio (Hg) Y Plomo (Pb) en peces, crustáceos y moluscos en isla fuerte (Caribe Colombiano): estimación del riesgo por ingesta a la salud humana” (17)

Objetivo: Evaluar las concentraciones de arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) en el músculo de peces, crustáceos y moluscos; y el riesgo que presenta en la salud humana, asociado al consumo de esta biota en Isla Fuerte (Caribe colombiano). **Metodología:** La metodología utilizada fue de nivel descriptivo, con un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de corte transversal y de tipo básico, el ámbito de estudio en la Isla Fuerte, ubicada al suroeste del Caribe colombiano, una zona rica en biodiversidad marina y cercana a actividades humanas como minería y agricultura. Como muestras se utilizaron a peces, crustáceos y moluscos mediante técnicas como anzuelo, inmersión con snorkel y captura manual, entre marzo y octubre de 2019. Se extrajeron muestras de músculo de cada especie para su análisis. Las muestras fueron procesadas en laboratorio mediante técnicas de secado, homogeneización y digestión ácida. La cuantificación de arsénico (As), cadmio (Cd) y plomo (Pb) se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. El mercurio (Hg) se determinó usando un analizador DMA-80 bajo el método EPA 7473. Todas

las muestras fueron analizadas bajo estrictas condiciones de control de calidad para asegurar la confiabilidad de los resultados. **Resultados:** La especie de pez *Balistes capriscus* presentaron mayores concentraciones de As (6272 ± 2791 ng/g) y en la especie de pez *Caranx hippos* mayores concentraciones de Hg ($381,26 \pm 52$ ng/g), siendo ambas especies de hábitos alimenticios carnívoros. En tanto que la especie bentónica de molusco *Lobatus gigas* fue la que más bioacumuló Cd ($170 \pm 91,6$ ng/g) y Pb ($51,05 \pm 2,77$ ng/g); siendo especie de hábitos alimenticios herbívoros. De esta forma, se estimaron los coeficientes de correlación de Pearson ($p < 0,05$) para evaluar la relación entre la masa corporal de peces, crustáceos y moluscos estudiados, con las concentraciones musculares de As, Cd, Hg y Pb en estos individuos, siendo estadísticamente significativas ($p < 0,05$) las relaciones entre las concentraciones de As y la masa corporal de las especies estudiadas de crustáceos. De igual forma en los moluscos estudiados se encontraron correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las concentraciones de Cd, Hg y Pb en músculo y la masa corporal de los mismos. También se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las distribuciones de las concentraciones de As, Cd, Hg y Pb en los peces, crustáceos y moluscos de Isla Fuerte. **Conclusión:** Existe un grave proceso de contaminación por As en la biota estudiada, principalmente en los peces de Isla Fuerte, ya que las concentraciones medias de este contaminante en el tejido muscular superaron los límites máximos permisibles de 1000 ng/g fijados por la revisión de la Unión Europea en 2019. Así mismo, implica un grave riesgo para la salud de la población debido a las elevadas concentraciones de As y Hg, por mayor consumo de peces y en menor consumo de los crustáceos y moluscos estudiados.

Mohammed Abd-Elghany, S., Ahmed Mohammed, M., Abdelkhalek, A., Saad Saud, F., Ibrahim Sallam, K. (2020) “Evaluación del riesgo para la salud de la exposición a metales pesados presentes en la carne y los despojos de ovino en Kuwait” (18)

El presente estudio tuvo como **objetivo** evaluar las concentraciones de mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd) y cromo (Cr) presentes en la carne y despojos de ovino. **Metodología:** Se hizo uso del nivel descriptivo, con un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de corte transversal y de tipo básico, el ámbito de estudio fue en Kuwait donde se recolectaron 600 muestras (músculo, hígado y riñón) de 200 ovejas sacrificadas en cuatro mataderos de Kuwait entre enero y diciembre de 2015. Las muestras fueron congeladas y trasladadas al laboratorio de la Universidad de Mansoura (Egipto) para su análisis. Se utilizó digestión húmeda con ácido nítrico y perclórico para preparar las muestras. Luego, se analizaron mediante espectrofotometría de absorción atómica. Se tomaron medidas estrictas de limpieza y control para evitar contaminación durante la preparación y análisis de los tejidos.

Resultados: Estos metales se hallaron en todas las muestras examinadas; se identificó la mayor concentración en el riñón seguido del hígado y el músculo. Los valores medios ($\pm$ error estándar de la media) de los metales detectados en las muestras de músculo, hígado y riñón de oveja fueron $0,320 \pm 0,061$, $0,488 \pm 0,042$ y $0,791 \pm 0,152$ $\mu\text{g/g}$, respectivamente para Hg; $349 \pm 0,074$, $0,504 \pm 0,049$ y $0,642 \pm 0,113$ $\mu\text{g/g}$, respectivamente, para As; $0,482 \pm 0,098$, $0,567 \pm 0,042$ y $0,706 \pm 0,098$ $\mu\text{g/g}$, respectivamente, para Pb; $0,301 \pm 0,344$, $0,433 \pm 0,032$ y $0,586 \pm 0,064$ $\mu\text{g/g}$, respectivamente, para Cd; y $0,362 \pm 0,064$, $0,585 \pm 0,044$ y $0,738 \pm 0,111$ $\mu\text{g/g}$, respectivamente, para Cr. Las concentraciones de todos los metales pesados, excepto Cr, excedieron los límites máximos permisibles establecidos por varias agencias alimentarias internacionales. **Conclusión:** La ingesta diaria estimada de cada metal fue inferior a su ingesta diaria tolerable provisional. Los valores objetivo del cociente de riesgo y del índice de riesgo para el Hg fueron de 0,1 en todas las muestras de ovejas examinadas, lo que sugiere riesgos significativos para la salud pública derivados del consumo de carne y despojos de oveja comercializados en Kuwait.

2.2.2. Antecedentes nacionales

Vera Huarca, R. Nuñonca Ppacco, E. (2023) Determinación de metales pesados en pastos y suero sanguíneo de alpacas de la comunidad de Patacollana del distrito de Condoroma (19).

Objetivo: Identificar los niveles de mercurio y plomo en la sangre de alpacas, así como en los pastos de los bofedales y secanos de la comunidad de Patacollana. **Metodología:** La presente investigación es descriptiva dado que se dio a conocer el contenido de plomo y mercurio en suero sanguíneo y pastos. Es de naturaleza cuantitativa ya que se analizaron mediante diversos métodos basados en la medición y es transversal debido a que las muestras fueron recogidas en un periodo de tiempo específico. El análisis de muestras se realizó mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. **Resultados:** Los niveles de plomo en suero sanguíneo se situaron entre 0.05 ± 0.03 , 0.06 ± 0.03 , 0.05 ± 0.03 y 0.04 ± 0.02 mg/L para las alpacas jóvenes, adultas, primíparas y multíparas respectivamente, por otro lado el nivel de concentración media de mercurio en suero sanguíneo se situó en 0.098 ± 0.06 , 0.148 ± 0.04 , 0.073 ± 0.06 y 0.101 ± 0.05 mg/L, para las alpacas jóvenes, adultas, primíparas y multíparas respectivamente y los niveles de concentración media de plomo en zona de pastizales fueron 0.70 ± 0.19 y 0.57 ± 0.27 mg/Kg, para zona bofedales y secano respectivamente. **Conclusión:** La concentración de plomo en suero sanguíneo de alpacas jóvenes, adultas y primíparas exceden los límites fijados por la OMS (0.05 mg/L) de

igual manera la concentración de mercurio en suero sanguíneo de alpacas jóvenes, adultas, primíparas y múltiparas exceden los límites establecidos por la OMS (0.01 mg/L).

Sinche Ramírez, L.G. (2020) “Determinación de plomo, cadmio y arsénico en carne de pollo expendida en el mercado de Caquetá - San Martín de Porres. Lima - Perú. Noviembre del 2020” (20)

Tiene como **objetivo** cuantificar plomo, cadmio y arsénico en una muestra de carne de pollo (*Gallus domesticus*) comercializada en el mercado de Caquetá. **Metodología:** La investigación fue cuantitativa, se emplearon datos numéricos y cuantificables, los cuales fueron medidos y categorizados en el análisis estadístico. Se tomaron trece muestras de 100-200 g de pechuga de pollo aleatoriamente. Cada una en distintas ubicaciones de venta, colocadas en bolsas de plástico inertes y con cierre hermético. Se determinó por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito y espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros. **Resultados:** La concentración media del arsénico 0.0006 mg/kg, valor más bajo fue 0.0001 mg/kg y el valor más alto 0.0027 mg/kg. Media de cadmio 0.02027 mg/kg, valor mínimo 0.0078 mg/kg, valor máximo 0.0627 mg/kg. Media del plomo 0.6953 mg/kg, concentración mínima 0.3047 mg/kg y la más alta es de 1.1953 mg/kg. **Conclusión:** En las muestras de pechuga de pollo, el arsénico se encuentra dentro de los límites aceptables, sin embargo, el cadmio (8%) y el plomo (100%), exceden el límite máximo aceptable por MERCOSUR.

Pérez Sáenz, L. (2019) mediante la tesis titulada “Concentración de plomo, cadmio y zinc en músculo de alpaca (*Vicugna pacos*) beneficiados en el camal de Huancavelica” (21)

Objetivo: Determinar la concentración de plomo, cadmio y zinc presentes en el músculo de alpaca macho y hembra que se benefician en el camal de Huancavelica. **Metodología:** Corresponde a una investigación descriptiva comparativa, el diseño de investigación fue no experimental, debido a que no se manipuló la variable independiente; se estableció la concentración de metales (Pb, Cd, Zn) presentes en el músculo de alpaca. De corte transversal, la recopilación de datos se llevó a cabo realizó en un solo instante. Se recogieron 30 muestras de músculo pectoral de alpaca siendo 15 hembras y 15 machos de 20 g para medir el grado de acumulación de Cd, Pb y Zn, mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica. **Resultados:** La concentración media de Cd en el músculo se situó en $0,335 \pm 0,115$ ppm siendo superior el nivel máximo permitido por la Comisión Europea y el Codex Alimentarius; el de Pb de $0,0029 \pm 0,0025$ ppm y de Zn de $33,356 \pm 29,795$ ppm, en este caso no excedieron los límites permitidos. En **conclusión:** No se detectaron variaciones significativas en la concentración de Cd y Pb según el género. Se evidenció una concentración

más elevada de Zn en el canal de alpaca. El consumo de este alimento proteico contaminado con metales pesados podría representar un peligro para la salud de quienes lo consumen.

Masco Arriola, M.L., Callo Choquevilca, Y., Loaiza Becerra, A., Cantero Loaiza, A. N., Surco Fuentes, J. (2022) “Evaluación de la concentración de metales pesados (Pb, Hg, Cd) y As en pescados expendidos en los mercados de la ciudad del Cusco, Perú” (22)

Objetivo: Determinar las concentraciones de Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Arsénico (As) en tejidos de cabeza, piel, hueso y músculo donde posiblemente exista bioacumulación de los metales mencionados en pescados comercializados en los centros de abastos (Vino canchón, Wánchaq, General Buendía). La **metodología** fue espectrometría de Emisión Óptica por plasma de acoplamiento inductivo ICP-OES para determinar la presencia de plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Arsénico (As), y se usó el método de espectrofotometría de Absorción Atómica con vapor frío para el mercurio (Hg). El muestreo es no probabilístico por conveniencia, la selección de muestra se hizo al azar, tomando 10 unidades por especie y mercado. **Resultados:** Revelan que la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y el jurel (*Trachurus murphyi*) son los más consumidos. En la cabeza de jurel de Vinocanchon se detectó 0,2 mg/kg de Cd y en el músculo se detectó 0,09 mg/kg de Hg, dichos valores se encuentran dentro de los límites permisibles. Las concentraciones de Pb, Cd y As encontradas en el músculo del jurel y trucha están debajo de los niveles de concentración permisibles indicados por entes internacionales, en cuanto a la concentración de Hg, se encuentra dentro de los límites permisibles. **Conclusión:** La trucha es la especie de menor riesgo para el consumo humano.

Salvador Vázquez, M. F., Velásquez Cabrera, F. M. (2022) “Determinación de arsénico, cadmio y plomo en alimento y agua y su bioacumulación en hígado de pollos de corral procedente de la asociación parque porcino-distrito de ventanilla, octubre 2022.” (23)

Objetivo: Cuantificar los niveles de concentración de arsénico, cadmio y plomo en los alimentos y el agua, y bioacumulación en hígado de pollos de corral de la Asociación Parque Porcino. **Materiales y métodos:** Fue de enfoque cuantitativo, descriptivo, prospectivo y de corte transversal. Se adquirieron 12 muestras de hígado de pollo, 5 muestras de alimento y 4 muestras de agua. La técnica utilizada para este estudio fue espectrometría de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo para cuantificar la concentración de arsénico, cadmio y plomo. **Resultado:** Las concentraciones de arsénico, plomo y cadmio en las muestras de alimento e hígado de pollo fueron menores a 0.50 mg/kg. Las concentraciones de arsénico y plomo para muestras de agua fueron menores a 0.002 mg/L y menor a 0.001 mg/L las concentraciones de cadmio. **Conclusiones:** Las concentraciones de arsénico, cadmio y plomo

en el alimento, hígado y agua, se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos, según la normativa del Codex Alimentarius y la Unión Europea, lo que significa que no hay bioacumulación en el hígado de pollo, siendo seguros para el consumo de la población.

2.2.3 Antecedentes locales

Correa Cuba, o., Fuentes Bernedo, F. E., Coral Surco, R. G. (2021). “Contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray - Perú” (24)

Objetivo: Identificar los orígenes y concentraciones de metales pesados en los sedimentos acuáticos en la microcuenca del río Huancaray en la región Apurímac. **Metodología:** La investigación se realizó mediante la técnica de análisis por fluorescencia de rayos X (FRX) a lo largo de la temporada de secas y precipitaciones de los años 2018 y 2019. **Resultados:** Los elementos que se logró identificar fueron K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb y Ba. Destaca la presencia de Zn, Cr, Cu, Pb, Ni y As como componentes críticos en cada ubicación de la microcuenca del río Huancaray; las concentraciones fueron superiores a los límites permisibles; por otra parte, los periodos de lluvia y seca no muestran diferencia significativa. **Conclusión:** Las fuentes primordiales de contaminación fueron los centros poblados, actividades agrícolas y la existencia de la minería ilegal.

Patiño Condori, M. (2019) “Determinación de cadmio y plomo en partes anatómicas (*Oncorhynchus mykiss*) del río Chalhuanca, Abancay” (25)

Objetivo: Dar a conocer las concentraciones de plomo y cadmio en la escama, músculo, tejido óseo y el hígado de la trucha (*Oncorhynchus mykiss*). **Metodología:** se utilizó un nivel descriptivo, con un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de corte transversal y de tipo básico, las muestras fueron determinadas por espectrofotometría de absorción atómica por horno grafito. Los análisis de las muestras se efectuaron por duplicado. **Resultados:** Las concentraciones de Plomo, en: Escama fue de 2.37 µg/g, Médula 0.06 µg/g. Hígado y Músculo así encontrándose por debajo del límite admitido. La concentración de Cadmio fue: Hígado 1.52 µg/g. Escama, Músculo y Médula encontrándose por debajo del límite admitido. Según la Unión Europea, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. En **conclusión:** Se encontró cadmio en el hígado que rebasa los límites permisibles, siendo un órgano no comestible por el humano, así mismo, como las escamas; el análisis estadístico evidencia que la absorción del cadmio y plomo es idéntica para el Hígado, Escama, Músculo y Médula.

Zevallos De La Torre, S. (2019). "Calidad de agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Challhuahuacho, Apurímac" (26)

Objetivo: Analizar el agua del río Challhuahuacho, la concentración de metales pesados en el músculo de las truchas arcoíris y la relación con niveles de estrés. **Metodología:** donde se utilizó el nivel correlacional, con un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de corte transversal y de tipo analítico donde se utilizó como muestra a 4 puntos de monitoreo, se tomaron muestras de agua para evaluar los parámetros fisicoquímicos como pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, fósforo total, sulfuro, amónico, nitrato, cromo IV; metales pesados tales como Sb, As, Ba, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Tl y Zn; y coliformes totales. Se tomaron muestras de músculo de truchas arcoíris de los 4 puntos. **Resultados:** El análisis de agua demostró que los parámetros fisicoquímicos, las concentraciones de coliformes termotolerantes, y las concentraciones de metales pesados no representan un riesgo en el ecosistema acuático. Las concentraciones de metales pesados en el músculo de las truchas se encontraron por debajo de los límites permisibles. En la prueba de ELISA se demostró bajos niveles de estrés en las truchas arcoíris. **Conclusión:** Se considera que este indicador no presenta un riesgo para la salud humana.

Merino Torres, J., Pillaca Vilca, L. A. (2019) "Fluvalinato y Metales Pesados (Cobre y plomo) en Miel de los Sectores de Pachachaca, Atumpata y Quitasol-Abancay" (27)

Objetivo: Determinar los niveles de desechos de fluvalinato y metales pesados (Cobre y Plomo). **Metodología:** Se llevaron a cabo análisis cuantitativos de las mieles con dos repeticiones cada uno para determinar el nivel de presencia del fluvalinato, empleando el cromatógrafo de gases acoplado a masas y con 3 repeticiones c/u para la determinación de la concentración de metales pesados (Cobre y Plomo), se utilizó el equipo del espectrofotómetro de absorción atómica por flama. **Resultados:** En el estudio cuantitativo, se determinó un elevado contenido de fluvalinato en mieles procedentes de Pachachaca y Quitasol con un valor de 288.43 µg/ kg y 62.23µg/kg respectivamente, por otra parte, en la miel procedente de Atumpata se registró un nivel más bajo de fluvalinato 0.05µg/kg. En cuanto a la determinación del grado de presencia de metales pesados (cobre y plomo) se estableció que en las tres áreas de estudio que son Pachachaca, Atumpata y Quitasol no hubo ningún nivel de cobre y plomo, ya que sus valores obtenidos no excedían los límites máximos permitidos para la miel, que es de 0.30 mg/kg. **Conclusión:** La concentración de metales pesados fueron bajos, los cuales se consideraron dentro de los límites tolerables, por otro lado, el fluvalinato presentó una

concentración significativa en la miel de los sectores de Pachachaca y Quitasol, mientras que Atumpata tuvo un nivel de concentración reducido de este residuo, siendo considerado como un producto saludable para el consumo humano.

2.3. Estado de la cuestión

Actualmente, a nivel mundial, la inocuidad de los alimentos, la nutrición y la seguridad alimentaria son indisociables. Los alimentos inadecuados llevan consigo bacterias, virus, parásitos y sustancias químicas perjudiciales que provocan más de 200 enfermedades (28).

Las sustancias químicas tóxicas ingresan al organismo mediante el agua o la ingesta de alimentos contaminados. La polución de estas puede causar intoxicaciones severas o enfermedades a largo plazo (cáncer). Diversas afecciones transmitidas a través de los alimentos pueden provocar discapacidades permanentes e incluso la muerte. Las sustancias químicas más perjudiciales para la salud están presentes en los alimentos esenciales como el maíz y otros cereales, los cuales pueden albergar altos niveles de micotoxinas, aflatoxinas y las ocratoxinas. La exposición prolongada a dichas toxinas repercute en el sistema inmunológico (29).

En 2015, la OMS publicó un informe con las primeras estimaciones mundiales y regionales completas de morbilidad causada por 31 contaminantes presentes en los alimentos (bacterias, virus, parásitos, toxinas y sustancias químicas). Según este informe, cada año más de 600 millones de personas contraen una enfermedad de transmisión alimentaria y 420 000 personas fallecen por esa causa (30).

La Unión Europea en 2021 comenzó a aplicar parámetros más exigentes sobre metales pesados en productos alimentarios de alto consumo, como las concentraciones de plomo y cadmio en ciertos alimentos, tales como: sal, vísceras, setas silvestres, chocolate y cacao; este grupo de productos alimenticios incluye la alimentación infantil (población vulnerable). La Unión Europea, con estas medidas estrictas busca reducir la presencia de contaminantes cancerígenos en los productos comercializados en los mercados y consumidos por los europeos. Los nuevos límites alimenticios establecidos se aplicaron a partir del 30 de agosto del 2021 para plomo y el 31 de agosto para cadmio. Aquellos alimentos distribuidos previa a estas fechas permanecieron en el mercado hasta el 28 de febrero de 2022, fecha límite en la dejaron de comercializarse (31).

De acuerdo a las normativas europeas, los Reglamentos UE 2021/1317 y UE 2021/1323 establecen los límites máximos permitidos para el plomo y el cadmio en los alimentos. Ante esto, AGQ Labs posee las metodologías de análisis adecuadas para identificar dichos metales pesados en los alimentos incluso en niveles muy inferiores a las exigencias legales vigentes.

Mediante el método de espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) o a través de espectroscopia de absorción atómica (AAS) (31).

En la actualidad, en el Perú, no existe una norma nacional específica que establezca los límites máximos permitidos de metales pesados en los alimentos, lo que obliga a depender de estándares internacionales como el Codex Alimentarius. Ello conlleva un importante vacío legal teniendo en cuenta la peligrosidad de los elementos. La Unión Europea informó que un lote de palta Hass contenía 0.054 mg/kg de cadmio, pese a que el nivel permitido es de 0.050 mg/kg; se llevó a cabo la trazabilidad del envío de exportación identificando que provenía de la región Lambayeque, de un terreno con certificación fitosanitaria y de buenas prácticas agrícolas (32).

Tras recibir una alerta fitosanitaria por parte del RASFF (sistema de alertas de la Comisión Europea), el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) ha llevado a cabo acciones inmediatas para efectuar las medidas correctivas y prevenir estos resultados en los productos agropecuarios de Perú. Los metales pesados generan riesgo dado que no se descomponen biológica o químicamente (33).

La comisión Multisectorial Temporal para el abordaje Integral e Integrado creada para proteger a los ciudadanos expuestos a metales pesados, metaloides y sustancias químicas peligrosas, aprobó la resolución ministerial N°145-2021-MINAM. Este documento define los objetivos, las tareas, las entidades encargadas y los tiempos de ejecución estructurados en ejes estratégicos, en concordancia con los decretos aprobados por dicha comisión. De acuerdo con lo que la comisión multisectorial aprobó según la RR.SS. N°034-2020-PCM y N°007-2021-PCM. En el primer eje estratégico se propuso “La administración de la calidad ambiental para la salud de la población” con el objetivo de mitigar y regular el aumento del peligro ambiental en áreas impactadas por metales pesados. El segundo eje estratégico incide en la “Administración integral de salud y de saneamiento”, cuyo propósito es fomentar, prevenir, cuidar y supervisar de forma holística el bienestar de los sectores más desprotegidos. En el ámbito nacional existen estrategias para la atención integral de esta problemática en beneficio de la población vulnerable a la exposición a metales pesados, no obstante, no se ponen en práctica la totalidad de las normas aprobadas (34).

La presente investigación tiene como propósito dar a conocer concentraciones detectadas de los metales pesados como cadmio y plomo en carneros de consumo directo criados a pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay, del distrito Coyllurqui-Apurímac, considerando la ausencia de parámetros que controlen la presencia de contaminantes ya mencionados, en esta clase de alimentos, por ello se informará los niveles

reales de la misma que resultará beneficioso para futuras regulaciones en la población de Apurímac sobre la presencia de metales pesados y los posibles efectos adversos que puedan ocasionar en la salud humana derivados de un consumo continuo y prolongado.

2.4. Bases teóricas

2.4.1. Minería en el Perú

El Perú se destaca como uno de los mayores productores de diversos metales. En 2020, nuestra nación se situaba en la segunda posición mundial en la producción de cobre y plata, la tercera en zinc, la cuarta en plomo, estaño, molibdeno y andalucita-cianita, la quinta en diatomita y la octava en oro. La minería contribuye de manera significativa aportes importantes al Estado tanto a nivel nacional como subnacional. Desde 2010 hasta enero de 2021, los ingresos generados del canon minero, las regalías mineras y el derecho de vigencia fueron transferidos a los departamentos de nuestro país por un monto superior a 46.900 millones de soles. La minería continuará siendo importante en el futuro y su presencia se manifiesta y garantiza a través de la amplia disponibilidad de recursos minerales en el territorio peruano. En 2020, el Perú ocupó el primer lugar a nivel mundial en reservas de plata, con el 18,1% de las reservas globales; además, destacó por reservas de cobre (10,6%), molibdeno (15,6%), plomo (6,8%), zinc (8,0%) y oro (5,1%), entre otros minerales. En América Latina, el Perú tiene las reservas más grandes de oro, plata, plomo y molibdeno (35).

2.4.2. Minería en la Región Apurímac

Las minas de oro de la Provincia de Cotabambas, bastante laboradas durante el Coloniaje fue la minera Cochasayhuas a cielo abierto, que fue trabajada por mineros portugueses, hasta que estos fueron expulsados por el Gobierno de España (1642). Fueron nuevamente descubiertas por el año de 1893 y después de varios trabajos de exploración se constituyó en 1903, la sociedad anónima Cotabambas Auraria (36).

Actualmente el proyecto de minería Las Bambas geográficamente se ubica entre los 14°04 y 14°05 de latitud sur y los 72°17 y 72°24 de longitud oeste, a una altitud comprendida entre los 4,400 y 4,650 m s.n.m., aproximadamente a 70 Km al suroeste de la ciudad de Cusco. Está conformado por yacimientos de cobre de tipo metasomáticos que según el Registro Público de Minería abarcan 31,798 hectáreas pertenecientes a Minero Perú de acuerdo con el Decreto Supremo 009-72-EM/DGM de enero 1972 (37). Desde su inicio ha generado una dinámica de acelerados impactos, tanto en la oferta agropecuaria, en las costumbres de consumo rural-urbanas y en el medio ambiente (38).

La minería artesanal representa una de las principales actividades económicas en la región de Apurímac. En Apurímac, se identificaron 38 sitios de minería en 9 zonas abarcan una superficie cerca de 2320 km² (provincias y distritos como Abancay, Andahuaylas, Chiara, Chalhuanca, Pachaconas, Curpahuasi, Progreso, Tambobamba y Cotabambas). La minería artesanal se lleva a cabo en yacimientos de dos clases: vetas y skarn, ambas situaciones están relacionadas con la localización de cuerpos sub volcánicos. La minería artesanal en Apurímac produce en mayor cantidad oro y cobre en menor cantidad (39).

2.4.3. Metales pesados

Los metales pesados son distinguidos por presentar propiedades físicas y químicas únicas: son elementos metálicos que se caracterizan por una elevada densidad, en general un significativo peso atómico y destacan por su resistencia a los procesos de degradación corrosiva y su excelente conductividad. Si bien estas características favorecen su implementación en múltiples aplicaciones de carácter industrial, simultáneamente determinan su persistencia prolongada dentro de los matrices ambientales. Incluso en concentraciones bajas, estos metales son muy perjudiciales para el ser humano y el ecosistema. Su marcada tendencia a la bioacumulación en organismos vivos causa daños críticos a largo plazo, afectando el desarrollo de organismos microscópicos hasta mamíferos complejos, incluido el ser humano superando los máximos límites permitidos por los organismos internacionales de control alimentario. Entre los metales pesados de mayor riesgo e interés sanitario se encuentran el arsénico, el mercurio, el cadmio y plomo, puesto que su presencia induce daños fisiológicos irreversibles en plantas y animales, mostrando efectos nocivos inclusive en mínimas concentraciones (40).

2.4.4. Contaminación por metales pesados

Se considera un problema mundial la contaminación por metales pesados, originada principalmente por actividades como la industrialización, urbanización, actividades agrícolas, tecnológicas y mineras. Las actividades mineras y de procesamiento de minerales son las principales causas de contaminación de suelos. La contaminación de suelos provoca graves problemas para la salud humana y al equilibrio de los ecosistemas. Por lo tanto, la presencia de metales pesados y su acumulación en suelos agrícolas representa un gran peligro para la vida de los seres vivos y la salud de las personas (41).

2.4.5. Presencia de metales en alimentos de origen animal

Las actividades como la minería (formal e informal) y agrícolas, son algunas actividades que perjudican el medio ambiente y en particular los terrenos de pastoreo. Así se producen cambios en la vegetación debido a la presencia de metales dañinos a la alimentación

del hombre a través del consumo de productos agrícolas o por la ingesta de alimentos de origen animal, ovinos alimentados con pastos de suelos contaminados (42).

El ganado ovino puede ser visto como biomonitor de la contaminación por metales en la cadena alimenticia; de esta manera, un entorno contaminado junto a deficiencias en las buenas prácticas ganadería podrían ocasionar la contaminación de los productos de origen animal y sus derivados, afectando en la salud humana (42).

2.4.6. Fuentes de exposición a los metales pesados

Las actividades industriales, agrícolas y mineras operan como las principales fuentes de exposición a metales pesados, desencadenando la degradación de los ecosistemas locales. el problema crítico no solo es la presencia de cadmio y plomo en el medio ambiente, sino su transferencia a través de la cadena trófica mediante la agricultura y la ganadería del sector primario. Esto expone de forma crónica a las poblaciones humanas a través de la ingesta de agua y alimentos contaminados, consolidándose como un riesgo silencioso de salud pública y bioacumulación(43).

2.4.7. Ingesta y exposición de metales pesados

Uno de los factores por donde llegan los metales al organismo es la cadena alimentaria, la carne y los productos derivados contaminados con metales pesados son una ruta importante de exposición a metales tóxicos y pueden causar graves problemas de salud. Los metales pesados no se consiguen degradar química o biológicamente, es decir se bioacumulan en tejidos como los músculos, los riñones y el hígado.

La minería es uno de los principales factores de contaminación ambiental por metales pesados, principalmente a causa de la gestión incorrecta e inadecuada de los desechos conocidos como residuos mineros o “jales mineros”, ocasionando problemas de contaminación. La exposición de animales a los elementos altamente tóxicos y la entrada de estos elementos en el cuerpo del animal se produce de distintas formas, tales como la inhalación de aire contaminado o por la alimentación de agua y pastizales contaminadas. En consecuencia, el consumo humano de este producto cárnico contaminado podría afectar la salud humana e incrementar los riesgos de amenazas graves para la salud de las poblaciones, debido a que presentan efectos adversos a nivel de sistema nervioso, procesos metabólicos y en el sistema cardiovascular (44).

La fuente de contaminación y su integración a través de la cadena alimenticia se muestra en la siguiente figura:

Figura N° 1: *Propiedades y riesgos de los metales pesados*



Nota. López, 2024 (40).

2.4.7.1.Cadmio

El Cadmio es un metal que se encuentra distribuido de manera natural en la corteza terrestre, hallándose asociado a otros componentes, formando combinaciones como óxido de cadmio, cloruro de cadmio o sulfuro de cadmio (45).

El cadmio (Cd) es un metal pesado tóxico, de número atómico 48, que se encuentra en pequeñas cantidades en la corteza terrestre, pero cuya presencia en el ambiente ha aumentado significativamente debido a actividades humanas como la minería, fundición, fabricación de baterías, pigmentos, plásticos y fertilizantes (46).

El cadmio es una sustancia peligrosa para la salud humana, que se acumula principalmente en los riñones e hígado, y cuya exposición prolongada puede provocar disfunción renal, daño óseo y es reconocido como un carcinógeno humano (47).

Cuando una población está expuesta al cadmio, esta ingresa al cuerpo mediante las siguientes vías:

1. Respiratoria: vía de mayor absorción. Se absorbe el 25 y 50% del cadmio inhalado.
2. Digestiva: En este caso la absorción es inferior, oscilando entre el 5-20%. El ingreso al cuerpo se incrementa cuando la alimentación es deficiente en hierro, calcio y proteínas.

3. **Dérmica:** La absorción es escasa. El cadmio absorbido se elimina principalmente por la orina y en menor medida a través de la bilis, concentraciones pequeñas pueden excretarse a través del sudor y pelo. Con facilidad atraviesa la barrera placentaria. Los órganos afectados por la intoxicación con cadmio son pulmón y riñón, respectivamente (45).

Vías y fuentes de exposición

De forma natural es derivada de la descomposición de rocas y suelo, frecuentemente relacionado con zinc, plomo, cromo y a las minas de cobre. Un porcentaje reducido de cadmio se emite al entorno atmosférico mediante incendios forestales y por la combustión de fuentes fósiles (48).

Las actividades humanas constituyen el principal factor de contaminación en el entorno laboral, así como la contaminación de la minería este puede generar niveles altos de cadmio ya que está presente en diversos minerales. La producción y uso de fertilizantes fosfatados es otra fuente de emisión de cadmio.

El cadmio se propaga por:

- Aire: unido como óxido de cadmio en partículas diminutas.
- Suelo: El uso de fertilizantes o estiércol de animales en los terrenos de cultivo.
- Agua: Sólo mínimas concentraciones provienen de los derrames o escapes en lugares de desechos de alta peligrosidad y afluentes contaminados (48).

Efectos sobre la salud

Efectos agudos:

- Aparato respiratorio: Fiebre provocada por humo de cadmio a causa de la inhalación de humos generados por soldadura, que se evidencia con tos, escalofríos, cefalea, dolor torácico y dolor de garganta. En situaciones graves, puede surgir neumonía e insuficiencia respiratoria.
- Aparato digestivo: Vómitos, diarrea y dolor abdominal.
- Aparato genitourinario: Insuficiencia renal como consecuencia de la depleción de volumen.

Efectos crónicos:

- Aparato Genitourinario: Enfermedad renal causado por una lesión a nivel del túbulo proximal, el cual se manifiesta como proteinuria inusual, síndrome tipo Fanconi (proteinuria, glucosuria, aminoaciduria y disminución de la reabsorción de fosfatos); cáncer de próstata y cáncer renal.

- Aparato Respiratorio. cáncer de pulmón, irritación de mucosas, enfisema pulmonar y fibrosis.
- Sistema Óseo: Osteomalacia (en una persistente con hipercalciuria debido a la insuficiencia renal) y osteoporosis.
- Sistema Nervioso: parkinsonismo, neuropatía periférica.
- Aparato Reproductor: Se cree que podría ser teratogénico para los seres humanos. Podría provocar perjuicios en el sistema reproductor masculino y alterar el ciclo menstrual femenino (4).

Toxicocinética de cadmio:

El cadmio se absorbe por las vías respiratorias y digestivas. En la sangre se halla entre un 90-95% dentro de los hematíes unido a la hemoglobina y a una proteína específica llamada metalotioneína. La metalotioneína es el “canal de transporte” del cadmio en el plasma de la sangre. Esta proteína se adhiere a los tejidos cuya síntesis estimula el propio metal, lo que justifica su naturaleza el carácter persistente y acumulativo (4).

El cadmio inicialmente se distribuye hacia el tejido hepático para posteriormente movilizarse a otros órganos, entre los cuales los riñones son los más susceptibles. Las metalotioneínas pertenecen al grupo funcional tiol (SH), estas proteínas poseen un peso molecular con peso molecular bajo que presentan una tendencia natural de unión a cationes metálicos como el cadmio y zinc (4).

Absorción: Es parcialmente lenta, con un promedio de 14 días en periodos de exposición prolongada. Esto podría no afectar en los cálculos de concentración de cadmio en órganos de personas expuestos crónicamente, sin embargo, es crucial en los cálculos para periodos cortos de exposición.

Distribución: El cadmio ingresa mediante dos vías tales como inhalatoria y la digestiva, dividiéndose posteriormente en tres compartimentos de recambio dentro del flujo sanguíneo:

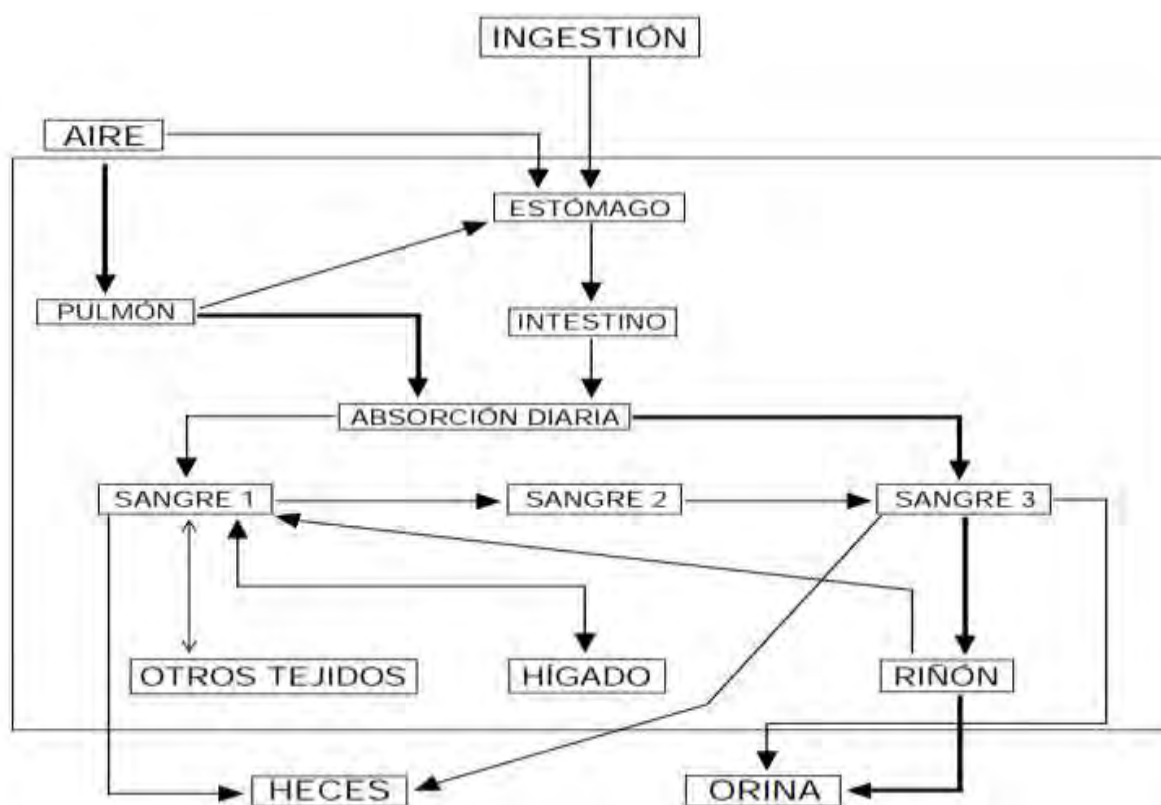
En el primer compartimento el recambio es rápido, en este caso no se produce acumulación. El segundo compartimento es de recambio medio y se asocia a los glóbulos, donde se acumulan cantidades mínimas. En el tercer compartimento el proceso de recambio es lento donde un porcentaje considerable de cadmio se une a la metalotioneína y se almacena en los órganos blanco.

Existe un equilibrio dinámico entre tres compartimentos, sin embargo, habría una contribución adicional del riñón hacia el compartimento 1. En el riñón, el compartimento 3, a pesar de que es de una forma lenta, es el de máximo intercambio y en consecuencia no ocasiona

acumulación, sin embargo, si se produce la filtración por el glomérulo. Una fracción se reabsorbe en el túbulo, favoreciendo de esta manera su acumulación. El excedente se elimina a través de la orina (4).

Excreción: Las principales vías de eliminación del cadmio son a través de la orina y heces. El 0,007% del contenido corporal se elimina diariamente por medio de la orina y el 0,03% por medio de las heces. Una mínima fracción del cadmio del compartimento sanguíneo y otra del hígado se elimina por las heces (4).

Figura N° 2: Toxicología del cadmio. Esquema toxicocinético



Nota. Ramírez, 2002 (4)

Toxicodinámica de cadmio:

Al cadmio se le considera como un xenobiótico, por tanto, es un metal no esencial y tóxico a la vez, los órganos blancos donde se acumula son el riñón y pulmón. Los principales efectos tóxicos a la exposición de este metal comprenden: Insuficiencia renal acompañada de proteinuria, neumonitis química, micro proteinuria y enfisema. El riñón es el órgano más susceptible al cadmio, siendo el epitelio del túbulo renal proximal el área de elección, lo que genera una "proteinuria de bajo peso molecular". De igual manera, las alteraciones en la restricción electrostática de filtración de proteínas polianiónicas, también afectan la filtración glomerular originando proteinuria de alto peso molecular (49).

Los efectos perjudiciales del cadmio se explican a partir de su selectividad de unión con los radicales sulfhidrilo (SH), hidroxilo (OH), carboxilo, histidil, fosfatil, y cisteinil, así como su interacción competitiva con otros elementos vitales tales como: zinc, cobre, hierro y calcio.

- Los mecanismos interactivos de mayor importancia comprenden su acoplamiento con el ligando sulfhidrilo (SH) en proteínas intracelulares, lo que inhibiría las enzimas constituidas por estos radicales.
- El desplazamiento del catión zinc dentro de los enlaces disulfuro (-S-) origina cambios en la enzima y sus procesos metabólicos respectivamente.

Se han identificado dos clases de metalotioneínas, cada uno con comportamiento diferente respecto al almacenamiento celular de compuestos extraños y su consecuente excreción por vía renal. El cadmio en la fracción plasmática se acopla de manera variable a la metalotioneína 1 y experimenta un desplazamiento veloz hacia los riñones. Por otro lado, se considera que la unión del cadmio almacenado en el tejido renal a la metalotioneína 2 es parcialmente estable, con vida útil de hasta 68 años. En el hígado, el contenido alto de cadmio acumulado se une a la metalotioneína 2, con una vida media proyectada hasta 19 años (49).

2.4.7.2. Plomo

El plomo es un metal tóxico se halla de manera natural presente en la corteza de la tierra. La intoxicación sucede cuando el plomo se acumula en el organismo, usualmente durante meses o años. Incluso en cantidades reducidas, el plomo puede causar serios problemas de salud en el ser humano (50).

Fuentes y vías de exposición

La exposición al plomo puede suceder en el entorno laboral o procedente del ambiente, principalmente a través de:

- La inhalación de partículas de plomo liberadas durante la combustión: actividades de fundición, reciclaje, decapado de cables plásticos y pintura con plomo.
- La ingestión de polvo, tierra, agua o alimentos contaminados.

Los infantes son susceptibles a la intoxicación por plomo debido a que absorben cantidades de plomo entre cuatro y cinco veces superiores a los adultos. En algunos países, la exposición al suelo y polvo con presencia latente de plomo durante el reciclaje de baterías y las actividades de la industria minera ha causado intoxicaciones por plomo a gran escala, así como una alta tasa de letalidad en niños de corta edad. Los niños desnutridos son susceptibles

a los efectos adversos del plomo, la absorción es en mayor cantidad si la alimentación es deficiente de otros nutrientes, en especial calcio y el hierro (6)

Efectos sobre la salud

Los primeros signos de intoxicación por metales pesados incluyen vómitos, pérdida de apetito, alteraciones en la conducta como irritabilidad y agitación, cefaleas, sensación de torpeza y apatía. Además, la exposición puede ocasionar anemia, hipertensión, daño renal, inmunotoxicidad y afectaciones en los órganos reproductores (51).

La exposición crónica a metales pesados como el cadmio (Cd) y el plomo (Pb) representa un grave riesgo para la salud pública, especialmente cuando estos elementos ingresan al organismo a través del consumo de alimentos contaminados como la carne o el hígado de animales criados en ambientes contaminados. Diversos estudios y organismos internacionales han documentado ampliamente los efectos tóxicos de estos metales sobre el cuerpo humano.

El plomo es un neurotóxico potente que afecta especialmente al sistema nervioso central. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), no existe un nivel seguro de exposición al plomo, ya que incluso dosis bajas pueden causar alteraciones en el desarrollo cognitivo de los niños, disminución del coeficiente intelectual, problemas de comportamiento y dificultades de aprendizaje. En adultos, la exposición al plomo se ha asociado con hipertensión arterial, daño renal, trastornos reproductivos y efectos cardiovasculares (52).

Por otro lado, el cadmio es un metal pesado que tiende a acumularse en órganos como el hígado y los riñones, donde puede permanecer durante años. La exposición prolongada a este metal, incluso en concentraciones moderadas, puede provocar insuficiencia renal crónica, enfermedades óseas como la desmineralización (osteomalacia) y trastornos pulmonares si la exposición es inhalada. Además, el cadmio fue clasificado como carcinógeno humano del Grupo 1 por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC, 2012), debido a su vínculo con cánceres de pulmón, próstata y riñón (Jarup & Akesson, 2009).

Investigaciones realizadas en contextos rurales expuestos a minería evidencian que las poblaciones que consumen regularmente alimentos contaminados presentan biomarcadores alterados en sangre y orina, indicando daños celulares, estrés oxidativo y alteraciones hepatorenales (Tchounwou et al., 2012). Estos efectos pueden ser más graves en comunidades vulnerables como las de Coyllurqui, donde existen barreras de acceso a servicios de salud, bajos niveles de educación sanitaria y una dieta limitada que depende de productos locales potencialmente contaminados.

En estudios realizados en otras regiones del Perú, como La Oroya o Cerro de Pasco, se ha comprobado la presencia de niveles elevados de plomo en sangre en niños y adultos que consumen agua y alimentos contaminados, lo cual se ha asociado a efectos neurotóxicos graves (53). Esta situación podría estar replicándose en comunidades como Huancuire, Pamputa y Anchapillay, debido a la cercanía con operaciones mineras y la ausencia de vigilancia toxicológica regular.

En situaciones severas, la intoxicación puede causar coma, convulsiones e incluso la muerte. Los niños que sobreviven la intoxicación por plomo pueden experimentar daños neurológicos duraderos, como sordera y discapacidad intelectual. El plomo también tiene esa capacidad de infiltrarse en la placenta y causar complicaciones perinatales, como fallecimiento prenatal, bajo peso al nacer, nacimiento prematuro y aborto espontáneo (42).

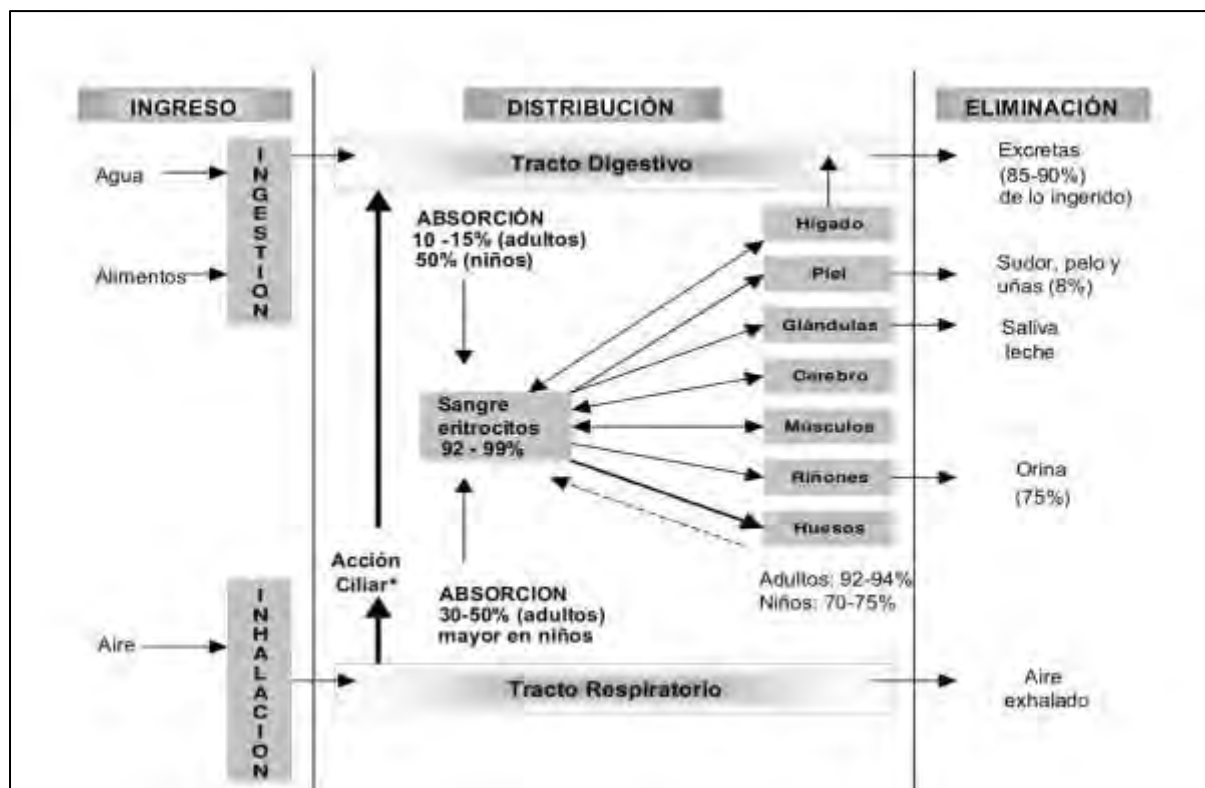
Toxicocinética del plomo

El plomo tiene la capacidad de infiltrarse en el organismo a través de las vías respiratorias, digestivas o cutáneas. La absorción mediante la respiración se fundamenta en el tamaño de las partículas, la ventilación pulmonar y la solubilidad de la sustancia. Esta vía facilita la inhalación de vapores, polvos y humos de polvo. Las partículas de menor tamaño que 1 μm logran penetrar el alveolo. Un 10% del plomo consumido se absorbe mediante la digestión, mientras que el 90% restante se elimina mediante las heces. En los niños, debido a que la mucosa es más permeable, la absorción puede alcanzar hasta un 30%. Además, afecta la solubilidad del compuesto, y de forma particular e inversamente proporcional, la presencia excesiva de calcio y potasio en la alimentación. La vía cutánea exclusiva para los derivados orgánicos (naftenato, tetraetilato, etc.). Además, es vital destacar la mayor permeabilidad de la barrera hematoencefálica en los niños (54).

El plomo se transporta a través de la sangre, adhiriéndose en un 95 % a los hematíes. Además, una fracción está vinculada con proteínas compuestas por azufre, nitrógeno y oxígeno, distribuyéndose así por todos los órganos. Como resultado, este metal tiende a depositarse en el hígado, los riñones y el sistema nervioso. El principal sitio de acumulación es el tejido óseo, concentrándose especialmente en la epífisis de los huesos largos (en forma de trifosfato), estas son áreas donde el metabolismo del calcio es más activo, debido a que el plomo comparte una alta afinidad química con el calcio. En determinados momentos puede provocar la movilización del calcio óseo (acidosis, neoplasias, alteraciones metabólicas, etc.) y pueden implicar la liberación del plomo almacenado directamente hacia el torrente sanguíneo. Traspasa la barrera placentaria y el desarrollo de la barrera hematoencefálica (55).

El plomo se excreta principalmente a través de la vía renal alcanzando un 75% del total, mientras que el porcentaje no absorbido es eliminado por las heces. En menor medida el sudor, la leche materna, la saliva y las faneras, tales como el cabello y las uñas (55).

Figura N° 3: *Vías de Absorción, Distribución y Eliminación del Plomo en el Organismo Humano.*



Nota. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud 1997 (55).

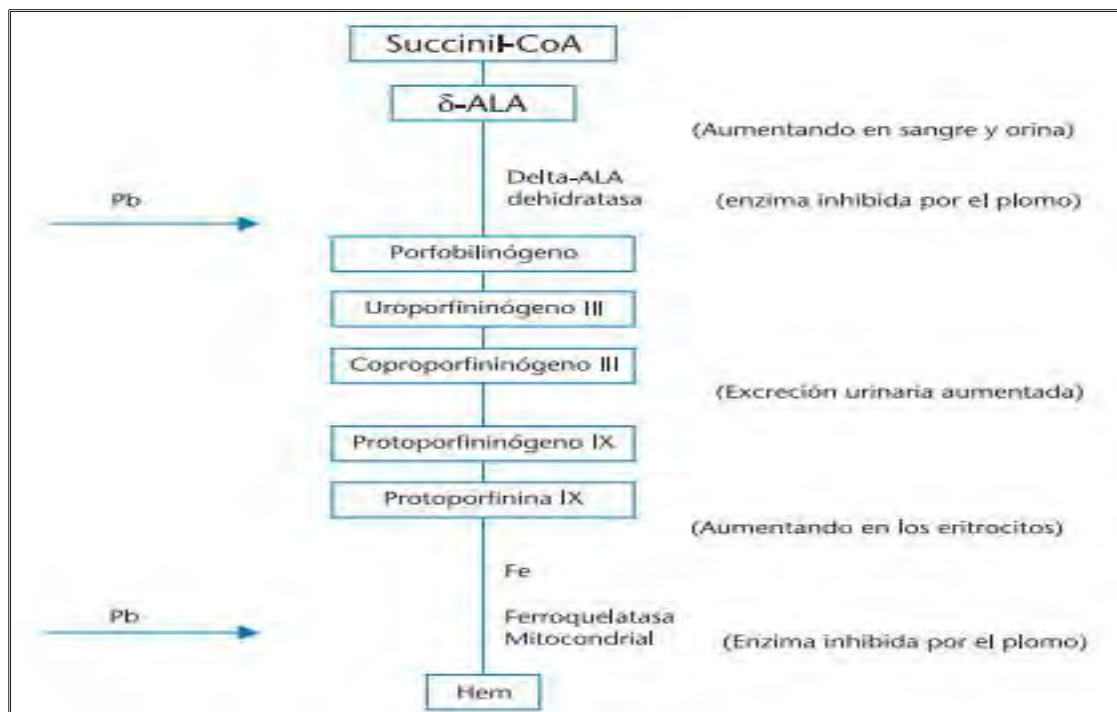
Toxicodinámica del plomo

El plomo interactúa con metales pesados vitales como Ca, Fe, Zn y Cu compitiendo y alterando el equilibrio interno de las células, ya que inhibe la ATPasa Na/K aumentando la permeabilidad de la membrana celular, contribuyendo al daño de la síntesis de ácidos nucleicos (ADN y ARN) y de proteínas esenciales. (54).

Uno de los efectos tóxicos más significativos del plomo es la inhibición de la síntesis del grupo hemo en la producción de la hemoglobina y citocromos debido a la inactivación de los enzimas clave: la enzima Ácido δ -aminolevulínico-deshidratasa (ALAD) inhibe la conversión de Ácido δ -aminolevulínico (ALA) en porfobilinógeno. La ferroquetalasa inhibe la incorporación del hierro a la ferritina dentro del anillo de protoporfirina. Como resultado directo, disminuye la cantidad de glóbulos rojos en la sangre y se acorta su tiempo de vida media. El nivel de concentración de plomo a nivel medular es cuantificable a través de la

excreción urinaria de ALA y coproporfirina III. El plomo actúa como constrictora en las fibras musculares lisas que desencadena espasmos intestinales, al mismo tiempo puede causar encefalopatía difusa y provoca una neuropatía periférica desmielinizante. Asimismo, se asocia con el desarrollo de nefropatía, hepatopatía, miocarditis y compromete la salud reproductiva al reducir la espermatogénesis y desregular el ciclo menstrual (56).

Figura N° 4: Efectos del plomo en la síntesis del hem.



Nota. Adaptado de Valdivia M., 2005 (54)

Mecanismo de acción

La intoxicación por plomo se produce mediante tres mecanismos:

- Compite directamente con los minerales clave, en particular con el zinc y el calcio.
- Se une a los grupos sulfidrilo, alterando las funciones enzimáticas.
- Modifica los procesos de transporte de los iones esenciales (45).

2.4.8. Codex Alimentarius

La Comisión del Codex Alimentarius es responsable de efectuar el Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, con la finalidad de salvaguardar la salud de los consumidores (población en general) alimentos seguros y de calidad; garantizar prácticas equitativas en el comercio de alimentos. El Codex también considera dentro de sus reglamentos al muestreo. Codex Stan 193-1995 Revisada 2009 Modificada 2018 (57).

Tabla N° 1: *Los límites máximos permitidos para la concentración de metales pesados en aguas.*

Alimento	Unidad	Cd	Pb
Agua para consumo humano	mg/L	0,01	0,05
Agua marina y de estuarios	mg/L	0,05	0,01
Agua para uso agrícola	mg/L	0,01	0,05
Agua para uso acuario	mg/L	0,05	0,05

Nota. Tabla encontrada en (58).

Tabla N° 2: *Los límites máximos permitidas para la concentración de metales pesados en carnes.*

Alimento	Unidad	Cd	Pb
Carne de bovina, porcina y ovino	mg/kg	0.05	0.10
Carne de aves	mg/kg	nan	0.10
Leche	mg/kg	nan	0.02

Nota. Tabla encontrada en (58).

2.4.9. MERCOSUR

Es un reglamento técnico donde se detallan los límites máximos permitidos de contaminantes inorgánicos en diversos alimentos. Estos niveles de contaminantes en los alimentos deben ser los mínimos bajos posibles, teniendo como propósito prevenir la contaminación de los alimentos, donde se implementan tecnologías adecuadas en la producción, manipulación, almacenamiento, procesamiento y envasado, con el único objetivo de evitar que los alimentos contaminados sean comercializados o consumidos. Los límites máximos permitidos son aplicables tanto a la parte comestible de los productos alimenticios como a los productos ya ofrecidos al consumidor (59).

Tabla N° 3: *Límites máximos permisibles de Plomo.*

Categorías	Límite máximo (mg/kg)
Carnes de bovinos, ovinos, porcinos, caprinos y aves de corral, derivados crudos, congeladas o refrigeradas, embutidos y empanados crudos	0.10
Menudencias comestibles a excepción del hígado y riñones	0.50
Hígado de bovino, ovino, porcino y caprinos	0.50
Riñones de bovinos, ovinos, porcinos y caprinos	0.50

Nota. MERCOSUR. 2013 (59)

Tabla N° 4: *Límites máximos permisibles de Cadmio.*

Categorías	Límite máximo (mg/kg)
Carnes de bovinos, ovinos, porcinos, caprinos y aves de corral, derivados crudo, congeladas o refrigeradas, embutidos y empanados crudos	0.05
Hígado de bovino, ovino, porcino, caprino y ave de corral	0.50
Riñones de bovinos, ovinos, porcinos, caprinos	1.50

Nota. MERCOSUR. 2013 (59)

2.4.10. Ovinos

El ovino criollo peruano proviene de la raza Churra Española, introducida por Pizarro en sus primeras expediciones. El 94.2% total de ovinos en el Perú se localiza en la región andina (8 972 200), de los cuales el 80.6% (7 229 300) pertenece a la variedad criolla. En el departamento de Apurímac se registraron 469 770 ejemplares criollos (INEI, 2012), sin reportarse ovinos de razas industrializadas mejoradas. En la puna de esta región, la crianza se desarrolla mediante el pastoreo extensivo, manteniendo rebaños que oscilan entre 30 y 250 cabezas.

De esta manera, el ganado ovino criollo en Apurímac, al igual que en otras zonas del país, es un animal que se ha adaptado a las estrictas condiciones de las zonas altoandinas, representa un recurso de gran valor para el productor local por su producción de lana, carne,

leche, cuero y estiércol. De esta forma garantiza, en cierto modo, la seguridad alimentaria en la región, proporcionando carne (60).

Figura N° 5: *Apurímac: SENASA atiende a 925 ovinos en zonas altoandinas.*



Nota. SENASA, 2017 (61)

2.4.11. Importancia de la carne en la alimentación (62)

Las carnes rojas son alimentos que aportan muchos nutrientes si se consume correctamente; beneficios aportados por su consumo, son los siguientes:

1. Es una fuente de vitamina B12; esta vitamina contribuye al metabolismo proteico, a formar glóbulos rojos y proteger el sistema nervioso.
2. Es rica en zinc, este mineral es un antioxidante que acelera la cicatrización cutánea y apoya la síntesis de hemoglobina.
3. Proporciona hierro, un componente crucial para garantizar un correcto transporte de oxígeno a la sangre.

2.4.12. Valor nutricional

La carne es un componente esencial en la alimentación, debido a que suministra a nuestro organismo una amplia gama de nutrientes:

- **Proteínas:** posee el 20 a 25 % de proteína, provenientes del tejido muscular, siendo componente esencial de las carnes. Las proteínas de éstas poseen un alto valor biológico, aproximadamente el 40% de sus aminoácidos son esenciales, lo que significa, que el organismo no puede producirlos y, por tanto, deben ser proporcionados a través de la alimentación.
- **Sustancias nitrogenadas no proteicas:** aparte de las proteínas, la carne aporta otros nutrientes como péptidos, aminoácidos libres, creatinina y nucleótidos.
- **Grasas:** el contenido graso varía desde un 3 a un 30 % de su composición. La porción y calidad depende de diversas circunstancias como la edad del animal, su sexo, lo que come y el lugar de pastoreo. Alrededor de la mitad del contenido en grasas son saturadas: el ácido palmítico y el esteárico, en cambio la otra mitad está compuesta por 11 insaturadas donde prevalecen los ácidos grasos monoinsaturados: el ácido oleico. La grasa es un medio de transporte de vitaminas liposolubles (63).
- **Vitaminas:** En las carnes resalta el contenido de vitaminas del grupo B, las cuales son las siguientes: la B1 (tiamina), B3 (niacina), B6 Y B12. Además, contienen vitamina A en su forma activa (retinol) y, en menor cantidad, aportan otras vitaminas esenciales como la E, el ácido pantoténico y la biotina (63).
- **Minerales:** La carne es una de las mejores fuentes naturales de zinc y hierro debido a su alta biodisponibilidad, el organismo logra aprovechar entre el 30 y el 60 % del hierro presente en los productos cárnicos (hierro hemo), incluir carne en la alimentación ayuda a que el cuerpo absorba mejor el hierro presente en otros alimentos consumidos en el mismo día. La ingesta adecuada de este mineral es fundamental para prevenir la anemia ferropénica. Por esta razón, la inclusión de carne es crucial para las personas que padecen anemia ferropénica o que están en riesgo de desarrollarla. Esto se debe a que el hierro de los vegetales, como las lentejas y las espinacas, es de tipo no hemo, lo que significa que tienen una biodisponibilidad reducida(63).

Tabla N° 5: *Composición de Alimentos*

	Por 100g de porción comestible	Por ración (225g)
Energía (Kcal)	182	295
<i>Proteínas (g)</i>	<i>17,1</i>	<i>27,7</i>
<i>Lípidos (g)</i>	<i>12,6</i>	<i>20,4</i>
<i>Hidratos de carbono (g)</i>	<i>Tr</i>	<i>Tr</i>
<i>Agua (g)</i>	<i>69,6</i>	<i>112,8</i>
<i>Sodio (mg)</i>	<i>100</i>	<i>162</i>
<i>Hierro (mg)</i>	<i>1</i>	<i>1,6</i>
<i>Zinc (mg)</i>	<i>2,2</i>	<i>3,6</i>
<i>Ácidos Grasos saturados</i>	<i>7,06</i>	<i>11,44</i>
<i>C 14:0 - Mirístico (g)</i>	<i>1,23</i>	<i>2,00</i>
<i>C 16:0 - Palmítico (g)</i>	<i>3,69</i>	<i>5,98</i>
<i>C 18:0 - Estearico (g)</i>	<i>1,64</i>	<i>2,65</i>
<i>Ácidos grasos monoinsaturados</i>	<i>4,95</i>	<i>8,02</i>
<i>C 16:1 - Palmitoleico (g)</i>	<i>0,30</i>	<i>0,49</i>
<i>C 18:1 – Oleico (g)</i>	<i>4,17</i>	<i>6,76</i>
<i>Ácidos grasos poliinsaturados</i>	<i>0,59</i>	<i>0,96</i>
<i>C 18:2 – Linoleico (g)</i>	<i>0,37</i>	<i>0,59</i>
<i>C 18:2 – Linolénico (g)</i>	<i>0,05</i>	<i>0,08</i>
<i>C 20:4 – Araquidónico (g)</i>	<i>0,04</i>	<i>0,06</i>
<i>C 20:5 – Eicosapentaenoico (EPA) (g)</i>	<i>0,01</i>	<i>0,02</i>
<i>C 22:6 – Docosahexaenoico (DHA) (g)</i>	<i>0,01</i>	<i>0,02</i>
<i>Total, ácidos grasos trans (g)</i>	<i>0,33</i>	<i>0,53</i>

Nota. Moreira y col., 2010 (63)

2.4.13. Espectrometría de absorción atómica

Es la técnica analítica de elección para el estudio de trazas de metales pesados y metaloides en diversas muestras, tales como muestras biológicas, alimentos, filtros de monitoreo ambiental, entre otros. Este procedimiento, facilita la determinación del nivel de contaminación medioambiental, la exposición a ciertos tóxicos industriales, la concentración de metales en alimentos, etc. (49).

En esta técnica el elemento a examinar se convierte en su estado atómico libre en un dispositivo de atomización mediante la incorporación de energía térmica. Estos átomos tienen la capacidad de absorber radiación de energía térmica. Para lo cual, se introduce una lámpara cátodo hueco de elemento específico en la trayectoria del haz de luz de un espectrómetro de absorción atómica. Este sistema opera de manera conjunta con un atomizador y un detector. Según la concentración del elemento a estudiar en la muestra, una parte de la intensidad de la radiación emitida por la lámpara de cátodo hueco es absorbida por los átomos creados (49).

Principales características

Aplicaciones principales: Análisis cuantitativo de precisión para un metal dado.

- **Fenómeno atómico:** Absorción de la línea atómica característica.
- **Ventajas en el análisis cualitativo:** No es aplicable
- **Ventajas en el estudio cuantitativo:** Evaluación rápida y confiable de un elemento específico. En ciertas situaciones de alta sensibilidad.
- **Muestra promedio deseable:** 100 mg
- **Restricciones del método:** Los metales se estudian individualmente y no al mismo tiempo. Normalmente no se aplica a los no metales.
- **Limitaciones para la muestra:** Antes de ser analizadas la mayoría de las muestras orgánicas, líquidas y sólidas requieren de digestión.

Espectrometría Absorción Atómica con horno de grafito.

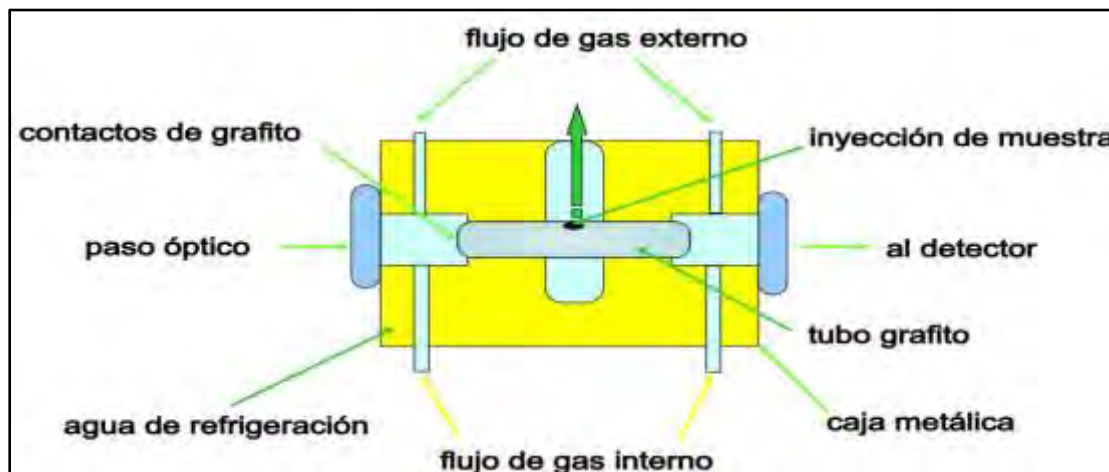
Es una técnica de mayor sensibilidad (permite detectar concentraciones hasta 1000 veces inferiores a las detectables con llama), es muy útil en el análisis de ultratrazas, se requiere una cantidad mínima de muestra.

En consecuencia, se empleó el método de espectroscopia de absorción atómica utilizando horno de grafito (GFAAS) debido a su mayor confiabilidad y precisión.

Descripción general del horno de grafito.

Es un equipo de acero compuesto por sensores eléctricos y en el punto medio tiene una hendidura para que sea ubicada el tubo de grafito.

Figura N° 6: Descripción del horno de grafito



Nota. Martínez (64).

El tubo de grafito consta de un tubo cilíndrico hueco de alrededor de 4 cm de altura y 1 cm de diámetro, con un agujero en el punto medio para introducir la muestra líquida a analizar. Mediante el cuerpo de horno de grafito circula y fluye el agua para refrigerar el sistema en caso de ser requerido, el gas inerte (Argón o Nitrógeno), es un gas que ejerce la función de proteger el sistema (49).

El gas inerte se desplaza exteriormente al tubo de grafito para poder prevenir la oxidación ocasionadas por altas temperaturas; e internamente se desplaza para expulsar los compuestos volátiles producidos. El caldeoamiento del horno y del tubo se realiza mediante una fuente de energía eléctrica inspeccionada por un microprocesador. Dicho microprocesador tiene la función de abrir y cerrar el gas inerte, también aumenta la temperatura apropiada, de esta forma manteniendo la temperatura el tiempo anhelado, abre el suministro de agua para refrigerar el horno después del procesamiento del programa completo.

2.5. Marco conceptual

Metales pesados:

De acuerdo con la tabla periódica, son elementos con alta densidad (mayor a 4 g/cm), masa y peso atómico por encima de 20, y en concentraciones bajas ya se consideran perjudiciales (65).

Músculo de carnero:

Según la Real Academia Española es el órgano que está compuesto por fibras contráctiles, gracias a las cuales se produce el movimiento (66).

Hígado de carnero:

El hígado es una víscera de gran tamaño, aspecto discontinuo y de color rojo oscuro. Está situado en el hipocondrio derecho y aquí acontece la secreción de la bilis (67).

Bioacumulación:

Es el proceso por el cual una sustancia química, como los metales pesados, se acumulan progresivamente en los tejidos de un organismo vivo a lo largo del tiempo, superando su tasa de eliminación. Este fenómeno ocurre especialmente en órganos como el hígado y riñones en animales expuestos a contaminantes (52).

Biomagnificación:

Se refiere al aumento progresivo de la concentración de una sustancia tóxica a medida que asciende en la cadena trófica. Los animales en niveles superiores, como los humanos, pueden consumir mayores concentraciones al ingerir productos animales contaminados (43).

Contaminación ambiental:

Es la presencia de compuestos químicos o agentes biológicos en el aire, suelo o agua, en concentraciones que representan riesgo para la salud humana, animal y vegetal. En el caso de zonas con actividad minera, los metales pesados son uno de los principales contaminantes (29).

Toxicidad crónica:

Es el efecto nocivo producido por la exposición continua o repetida a bajas dosis de una sustancia tóxica durante un período prolongado. En el caso del cadmio y plomo, esta toxicidad puede manifestarse en enfermedades renales, cáncer, alteraciones neurológicas y disfunciones metabólicas (42).

Calidad alimentaria:

Hace referencia al conjunto de características químicas, físicas, biológicas y sensoriales que garantizan la inocuidad y aptitud de un alimento para el consumo humano. La presencia

de metales pesados por encima de los límites establecidos compromete la seguridad alimentaria (34).

Hígado y músculo como tejidos bioindicadores:

El hígado y el músculo son tejidos comúnmente utilizados para el análisis de residuos de contaminantes ambientales en animales, debido a su capacidad de acumular sustancias tóxicas como cadmio y plomo. Estos órganos reflejan la exposición ambiental de los animales y el riesgo potencial para los consumidores (48).

Zoonosis tóxica alimentaria:

Aunque no es una zoonosis infecciosa, se refiere a enfermedades causadas en humanos por el consumo de productos animales contaminados con toxinas ambientales, como los metales pesados. Su estudio es esencial en el ámbito de la salud pública y la seguridad agroalimentaria (53).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales para la obtención

Tabla N° 6: *Materiales usados para obtención de metales.*

Categoría	Cadmio (Cd)	Plomo (Pb)
Materiales generales	Fiolas de 10, 25 y 100 mL (Isolab); crisoles; embudo de vástago corto; espátulas; cuchillo; frasco lavador; pipetas Pasteur; micropipetas de 10–100 μ L y 100–1000 μ L; cubiletes desechables de polietileno; tips para micropipeta	Fiolas de 10, 25 y 100 mL (Isolab); crisoles; embudo de vástago corto; espátulas; cuchillo; frasco lavador; pipetas Pasteur; micropipetas de 10–100 μ L y 100–1000 μ L; cubiletes desechables de polietileno; tips para micropipeta
Equipo analítico	Espectrofotómetro de absorción atómica Thermo Scientific iCE 3000 con horno de grafito	Espectrofotómetro de absorción atómica Thermo Scientific iCE 3000 con horno de grafito
Equipos auxiliares	Balanza analítica Axis (0.001 g); cabina extractora ESCO; mufla; estufa	Balanza analítica Axis (0.001 g); cabina extractora ESCO; mufla; estufa
Reactivos generales	Agua ultrapura; ácido nítrico 68–70% (JT Baker, lote E12W39); ácido clorhídrico 35–37% (JT Baker, lote E48W37)	Agua ultrapura; ácido nítrico 68–70% (JT Baker, lote E12W39); ácido clorhídrico 35–37% (JT Baker, lote E48W37)
Estándar analítico	Solución patrón de cadmio 1000 mg/L (Merck, lote HC28942277)	Solución patrón de plomo 1000 mg/L (Merck, lote T2-PB720574)
Modificador / diluyente de matriz	Modificador de matriz (volumen añadido: 5 μ L)	Modificador de matriz fosfato al 10% (4 mL) diluido a 100 mL con agua ultrapura (Sigma Aldrich, lote HC28961290)
Gas	Argón UHP, 99.9999% de pureza	Argón UHP, 99.9999% de pureza
Longitud de onda	228.8 nm	283.3 nm
Flujo de argón	0.2 L/min	0.3 L/min
Ranura (Slit)	0.5 nm	1.0 nm
Corrección de fondo	Zeeman	Zeeman
Corriente de lámpara	50%	90%
Fuente de luz	Lámpara de cátodo hueco de Cadmio	Lámpara de cátodo hueco de Plomo
Tubo de grafito	Normal	Normal
Tipo de señal	Área del pico	Área del pico
Volumen de muestra	15 μ L	20 μ L

Nota. Elaboración propia.

Tabla N° 7: Materiales de laboratorio

Materiales de laboratorio	Función	Unidad de medida
Papel filtro Whatman N° 0.40	Filtrar sólidos suspendidos en soluciones líquidas	No aplica
Pipetas de 5 mL y 10 mL	Medir y transferir volúmenes exactos de líquidos	Mililitros (mL)
Fiolas de 50 mL y 100 mL	Almacenar y contener muestras líquidas o soluciones	Mililitros (mL)
Matraz de 100 mL	Preparar soluciones químicas con volumen exacto	Mililitros (mL)
Vaso de precipitado 500 mL y 1000 mL	Calentar, mezclar o contener sustancias	Mililitros (mL)
Tubos de teflón	Digestión de muestras a alta temperatura y presión	No aplica
Matraz aforado de 100 mL	Preparar soluciones de concentración precisa	Mililitros (mL)
Soporte universal	Sostener diversos instrumentos de laboratorio (buretas, embudos, etc.)	No aplica
Baguetas	Mezclar soluciones manualmente	No aplica
Pizetas	Enjuagar o lavar material de laboratorio con agua destilada	Mililitros (mL) (aprox.)
Goteros	Añadir líquidos gota a gota	Gotas o mililitros (mL)

Nota. *Elaboración propia*

Muestra biológica

Músculo de ganado ovino seleccionado.

Hígado de ganado ovino seleccionado.

Otros

Mandil de laboratorio.

Guantes de látex.

Cofia.

Mascarilla.

Lentes de seguridad.

Plumón indeleble.

Papeles A4.

Cinta masking tape.

GPS.

Bolsas plásticas inertes y con cierre hermético.

3.1.1. Procedimiento operativo para determinar cadmio

3.1.1.1. Rampa de calentamiento del horno de grafito

Tabla N° 8: Calentamiento del horno de grafito

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

Nota. Datos del laboratorio.

Pretratamiento de la muestra

Se tomaron 40 g de muestra de músculo e hígado de cordero, los cuales se deshidrataron en una estufa a 130 °C durante cinco horas. Posteriormente, las muestras secas se pulverizaron en un mortero. Seguidamente se tomaron 2.5 g en un crisol por cada muestra, las cuales se llevaron a calcinación hasta obtener ceniza a 550 °C con ayuda de una mufla durante seis horas. Posteriormente se transfirió cuantitativamente el contenido a una fiola de 25 mL disolviendo previamente con ácido clorhídrico concentrado (5 mL) y pasando por un papel filtro.

Procesamiento de las muestras

Con una micropipeta se tomaron 900 µL de diluyente ácido nítrico en los cubiletes de polietileno. Posteriormente, se transfirió 100 µL de muestra a los cubiletes que contienen el diluyente y se agitó la solución con una micropipeta de 1 mL, succionando y expulsando la solución 25 veces. Las muestras preparadas se colocaron en el automuestreador del horno de grafito y se inició el análisis en el equipo.

Preparación de los estándares

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

- A partir de una solución stock de 1000 ppm de cadmio, se preparó una solución de 10 ppm de cadmio. Se tomó 1 mL de la solución de 1000 ppm y se transfirió a una fiola de 100 mL, la cual se enrasó con agua ultrapura.
- A partir de la solución de 10 ppm, se prepararon las siguientes concentraciones: 2.5, 5 y 10 ppb de estándar de cadmio, empleando agua ultrapura para el enrase.
- Para preparar el blanco, se diluyeron 5 mL de ácido clorhídrico en una fiola de 25 mL.

Lectura en el equipo de absorción atómica

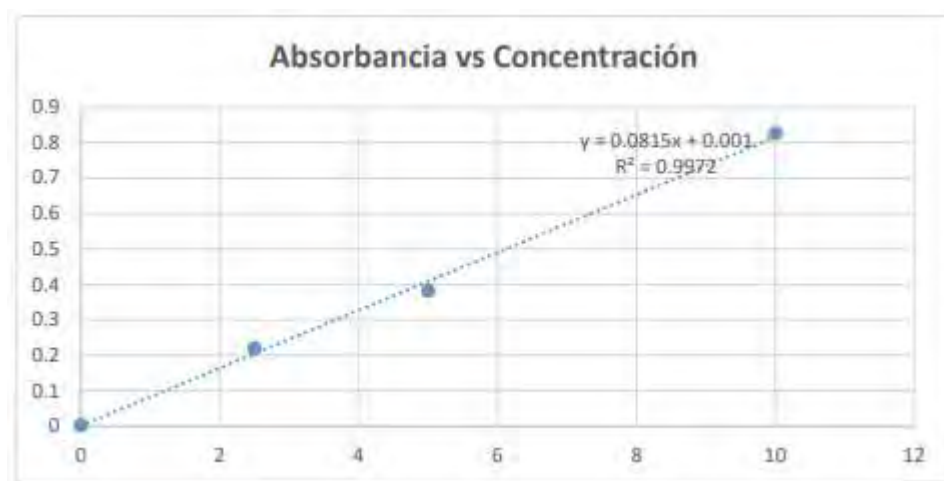
Se colocaron las muestras, el blanco y los estándares en los cubiletes de 1.5 mL en el carrusel del auto muestreador, siguiendo una secuencia de blanco, los tres estándares y las muestras por medio del auto muestreador, tal como se indica en la tabla 9. Se utilizó gas argón como arrastre y agua ultrapura como solución de lavado.

Informe interno de laboratorio

Tabla N° 9: *Concordancia y absorbancia de cadmio.*

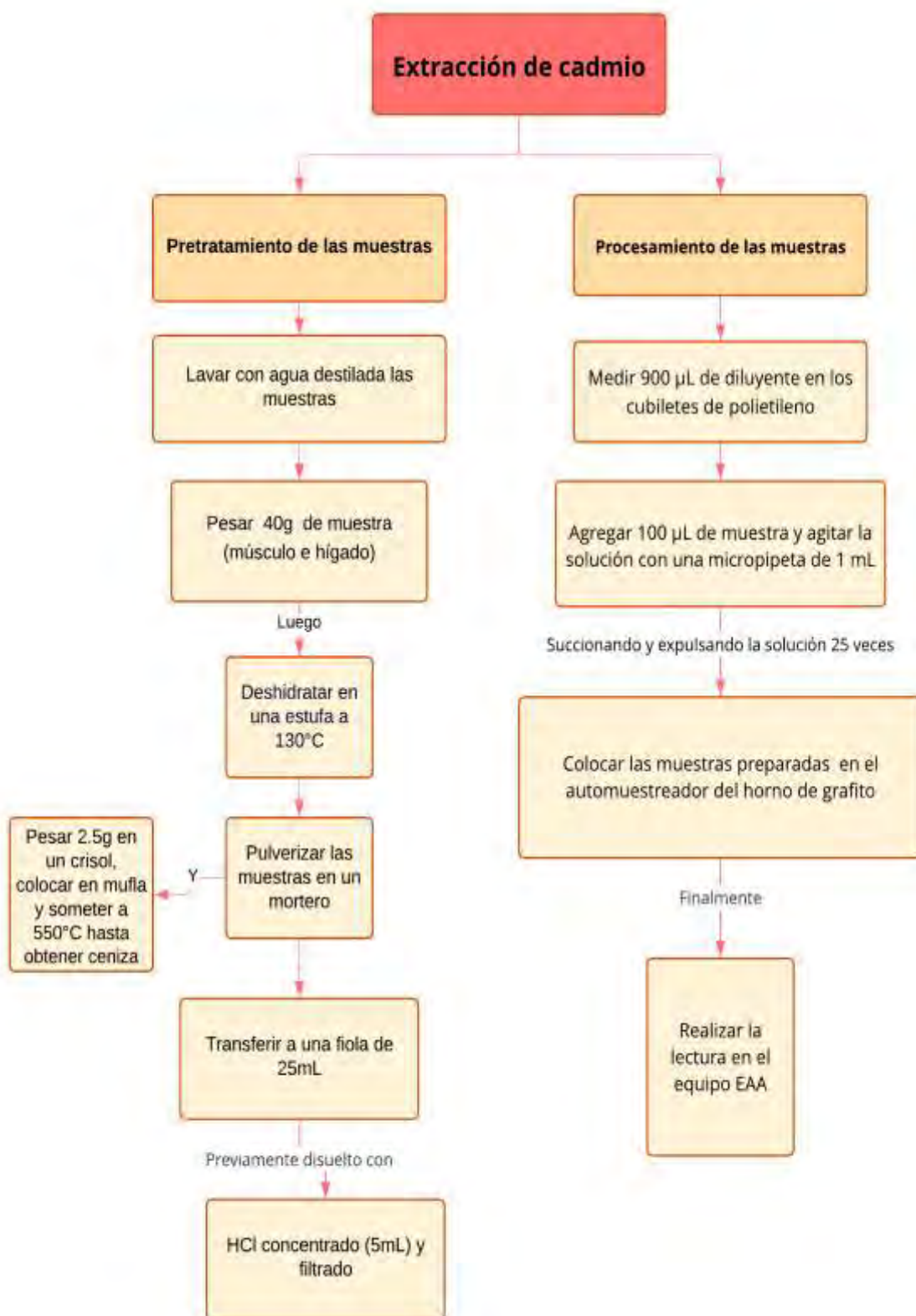
Nombre	Concentración $\mu\text{g/L}$ (ppb)	Absorbancia
Blanco	0	0
Estándar 1	2.5	0.83
Estándar 2	5	1.557
Estándar 3	10	3.09

Figura N° 7: *Concordancia y absorbancia de cadmio*



La tabla 9 y figura 7 presentan la relación entre concentración y absorbancia de cadmio, evidenciando una clara proporcionalidad directa entre ambas variables. Los valores muestran que al incrementar la concentración de 0 a 10 µg/L, la absorbancia aumenta de 0 a 0.82, lo que confirma un comportamiento lineal del sistema. Esta relación se respalda con la ecuación de la recta $y=0.0815x+0.001$ y un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9972$, indicando una alta precisión y confiabilidad del método analítico. En conjunto, los resultados validan la curva de calibración, demostrando que es adecuada para cuantificar cadmio en muestras, ya que permite una estimación exacta de la concentración a partir de la absorbancia medida.

Figura N° 8: *Extracción de cadmio*



Nota: *Elaboración propia.*

3.1.2. Procedimiento operativo para determinar plomo

Rampa de calentamiento del horno de grafito

Tabla N° 10: Rampa de calentamiento del horno de grafito.

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

Nota. Datos del laboratorio.

Pretratamiento de la muestra

Se tomaron 40 gramos de muestra de músculo e hígado de cordero, los cuales se deshidrataron en una estufa a 130 °C durante cinco horas. Posteriormente, las muestras secas se pulverizaron en un mortero. A continuación, se tomaron 2.5 gramos en un crisol, los cuales se llevaron a calcinación hasta obtener ceniza a 550 °C con ayuda de una mufla durante seis horas. Posteriormente, se transfirió cuantitativamente el contenido a una fiola de 25 mL, disolviendo previamente con 5 mL de ácido clorhídrico concentrado y filtrando a través de un papel filtro.

Procesamiento de las muestras

Se tomaron con ayuda de una micropipeta 600 µL de diluyente ácido nítrico en los cubiletes de polietileno. Se transfirió con ayuda de una micropipeta 50 µL de muestra a los cubiletes que contiene el diluyente y se agitó la solución con una micropipeta, succionando y expulsando la solución 25 veces.

Preparación de los estándares

Los estándares para la curva de calibración se prepararon como sigue a continuación: A partir de una solución stock de 1000 ppm de plomo, se preparó una solución patrón de 10 ppm y se tomaron alícuotas para preparar soluciones de 200, 400 y 800 ppb en fiolas de 100 mL. Para preparar el blanco, se diluyeron 5 mL de ácido clorhídrico en una fiola de 25 mL.

Lectura en el equipo de absorción atómica

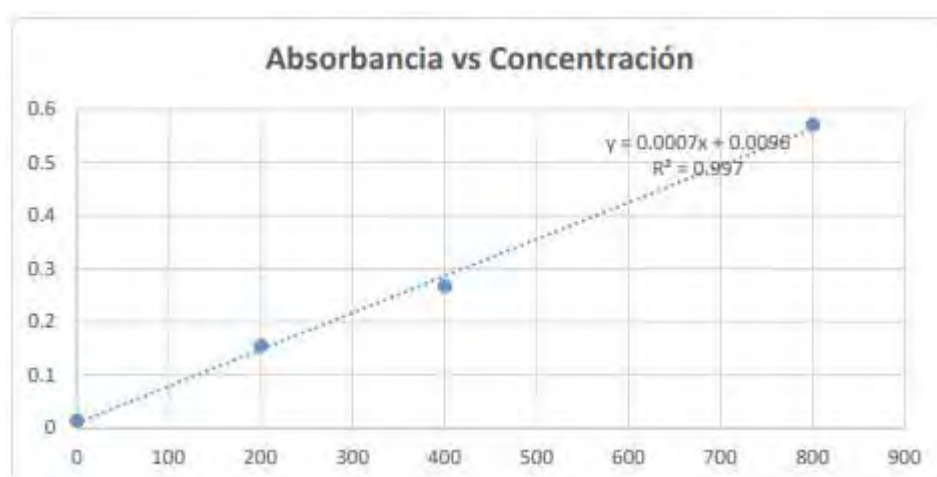
Se colocaron las muestras, el blanco y los estándares en los cubiletes de 1.5 mL en el carrusel del automuestreador, siguiendo una secuencia de blanco, los tres estándares y las muestras por medio del automuestreador. Se utilizó gas argón como arrastre y agua ultrapura como solución de lavado.

Informe interno de laboratorio

Tabla N° 11: Concordancia y absorbancia de plomo.

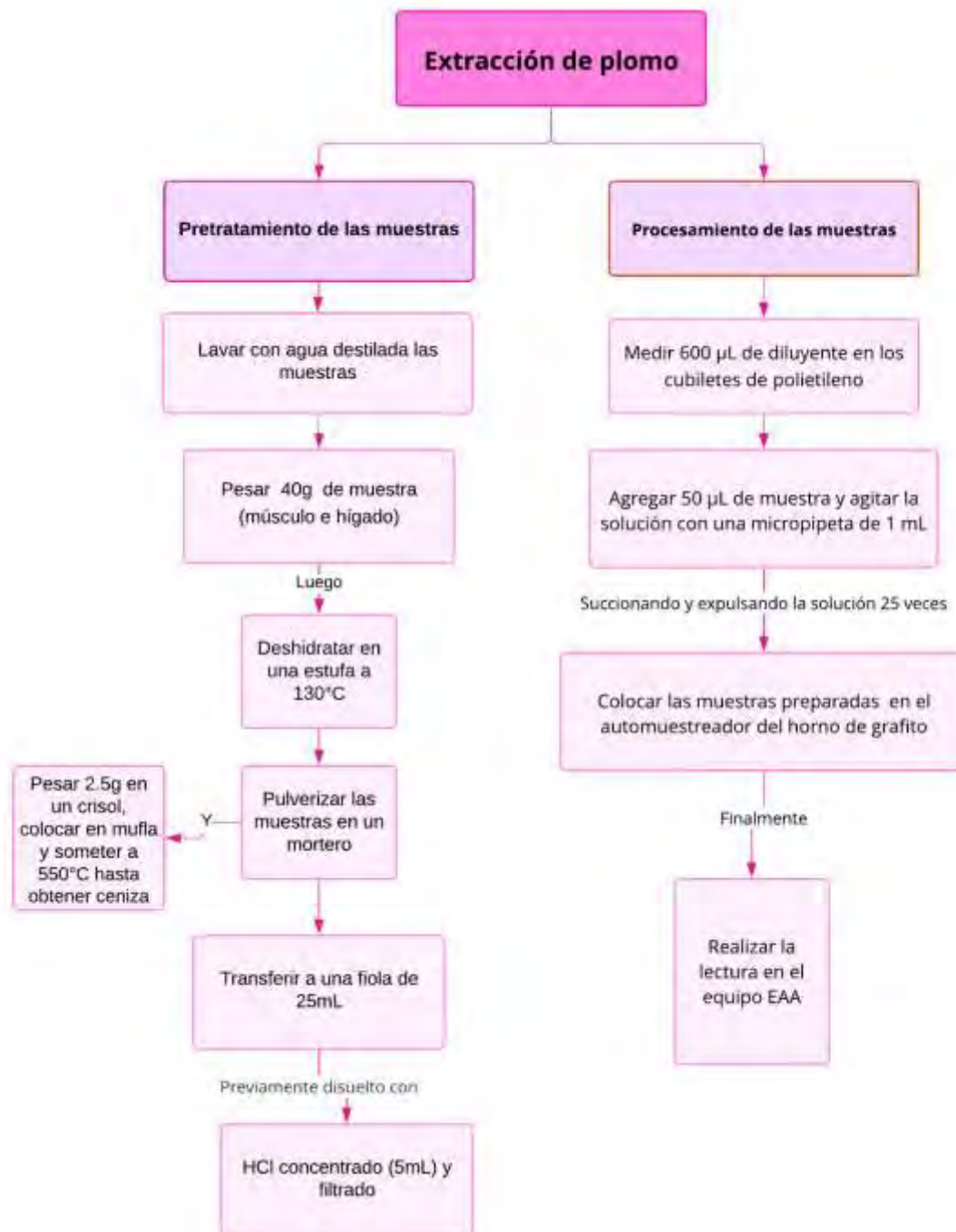
Nombre	Concentración µg/L (ppb)	Absorbancia
Blanco	0	0.014
Estándar 1	200	0.155
Estándar 2	400	0.267
Estándar 3	800	0.571

Figura N° 9: Concordancia y absorbancia de plomo



El informe de análisis cuantitativo presenta la determinación de plomo (Pb) en una muestra de hígado y músculo de cordero, procesada mediante digestión vía seca y analizada a una longitud de onda de 283.3 nm. Para la cuantificación se elaboró una curva de calibración con estándares de 0, 200, 400 y 800 µg/L, cuyos valores de absorbancia (0.014, 0.155, 0.267 y 0.571, respectivamente) evidencian una relación lineal positiva entre concentración y absorbancia, respaldada por la ecuación $y = 0.0007x + 0.0096$ y un coeficiente de determinación $R^2 = 0.997$, lo que indica alta precisión y confiabilidad del método.

Figura N° 10: *Extracción de plomo*



Nota: *Elaboración propia*

3.2. Lugar y Ubicación del estudio

Comunidades campesinas de Pamputa, Anchapillay y Huancuire que pertenecen al distrito de Coyllurqui, provincia Cotabambas, región Apurímac.

3.2.1. División política

El distrito de Coyllurqui, ubicado en la provincia de Cotabambas, en el departamento de Apurímac, fue establecido políticamente mediante la Ley N.º 9666, en fecha 19 de noviembre de 1942. Según estimaciones basadas en datos del INEI, registró una población aproximada de 8691 habitantes en el año 2021 y abarca una superficie de 418.96 km², con 19 comunidades (68).

3.2.2. División geográfica

El distrito de Coyllurqui se encuentra en la región de Apurímac, formando parte de la provincia de Cotabambas. Geográficamente, está situada a una latitud sur de 13°50'00' y una longitud oeste de 72°25'45'.

El distrito de Coyllurqui, ubicado en la provincia de Cotabambas, se encuentra delimitada de la siguiente manera:

- Al Este, colinda con los distritos de Tambobamba y Cotabambas, también pertenecientes a la Provincia Cotabambas.
- Mientras que, al Oeste, con los distritos de Huayllati y Mariscal Gamarra, que forman parte de la Provincia de Grau.
- Por el Norte; con el distrito de Mariscal Gamarra de la Provincia Grau.
- Por el Sur; con el distrito de Challhuahuacho de la Provincia Cotabambas y Distrito de Progreso de la Provincia Grau.

El clima presenta una notable variación según la altitud, oscilando desde cálido y seco en los valles interandinos hasta un frío intenso en las zonas montañosas. Esta diversidad climática se debe a la caprichosa y heterogénea orografía de la región. En las zonas bajas y cercanas a la ribera del río Vilcabamba, el clima es templado a frío, en la zona media por encima de los 3600 m s. n. m. (Coyllurqui, Acpitán, Chahuay) y se experimenta un clima sumamente frío, especialmente en localidades como Pamputa, Anchapillay y Huancuire. (69).

3.3. Diseño Metodológico

3.3.1. Tipo de investigación

“La investigación es básica cuando está orientada a lograr nuevos conocimientos donde se puedan detallar problemas prácticos” (70). El presente estudio se propuso examinar el nivel de cadmio y plomo en carnes. Mediante este estudio, se espera ampliar el conocimiento sobre ambos temas, apoyando así el progreso científico y facilitando la descripción.

Descriptivo: Este estudio permitió conocer las concentraciones de cadmio y plomo presentes en la carne (músculo) y víscera (hígado) de cordero criados en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay.

Transversal: Las variables de investigación en la cuantificación de cadmio y plomo se evaluaron en un momento y tiempo determinado, en ninguna circunstancia se llevaron periodos de seguimiento.

3.3.2. Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación fue no experimental, dado que no se manipuló, ni intervino sobre las variables de estudio, puesto que la investigación se limitó a observar y determinar la concentración de metales pesados en las muestras analizadas, tal como se presentaron en su contexto natural. (71).

Se basa principalmente en la observación de fenómenos tal como suceden en su contexto natural para luego analizar y estudiar los hechos y fenómenos de la realidad después de su ocurrencia (72).

La investigación se llevó a cabo bajo un diseño no experimental, desde la recolección de las muestras, técnica de acondicionamiento de las muestras, procesamiento de muestras en el laboratorio y finalmente la obtención de los resultados. Todo esto con el propósito de determinar la concentración de metales pesados (cadmio y plomo) en las muestras de músculo e hígado de carneros consideradas en la investigación.

3.3.3. Enfoque de la investigación

La metodología de la investigación cuantitativa está definida por el planteamiento de los objetivos, para interpretar desde la predicción, aplicación de técnicas, el control y los eventos sociales; el método hipotético deductivo requiere que el investigador tenga dos referencias: uno, teorías existentes y dos, la realidad tangible a intervenir para justificar, fundamentar y respaldar hipótesis. A Través del estudio matemático de los hallazgos instigan, a ser analizadas (73).

Esta indagación se realizó mediante el enfoque cuantitativo, desde la técnica de procesamiento, análisis y confrontación se hizo uso de valores numéricos con relación a los límites máximos permisibles de metales pesados (cadmio y plomo) en dichas muestras, las mismas que respondieron a los objetivos formulados.

3.4. Metodología

3.4.1. Muestra biológica

La muestra biológica del estudio estuvo compuesta por 24 muestras de hígado y músculo de corderos criados en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay. La selección de estas muestras se realizó en función a la disponibilidad de animales en las zonas de estudio, considerando criterios de representatividad de las tres comunidades evaluadas. En la presente investigación, la unidad de análisis estuvo constituida por el músculo e hígado de cordero, los cuales en conjunto fueron denominados muestra biológica.

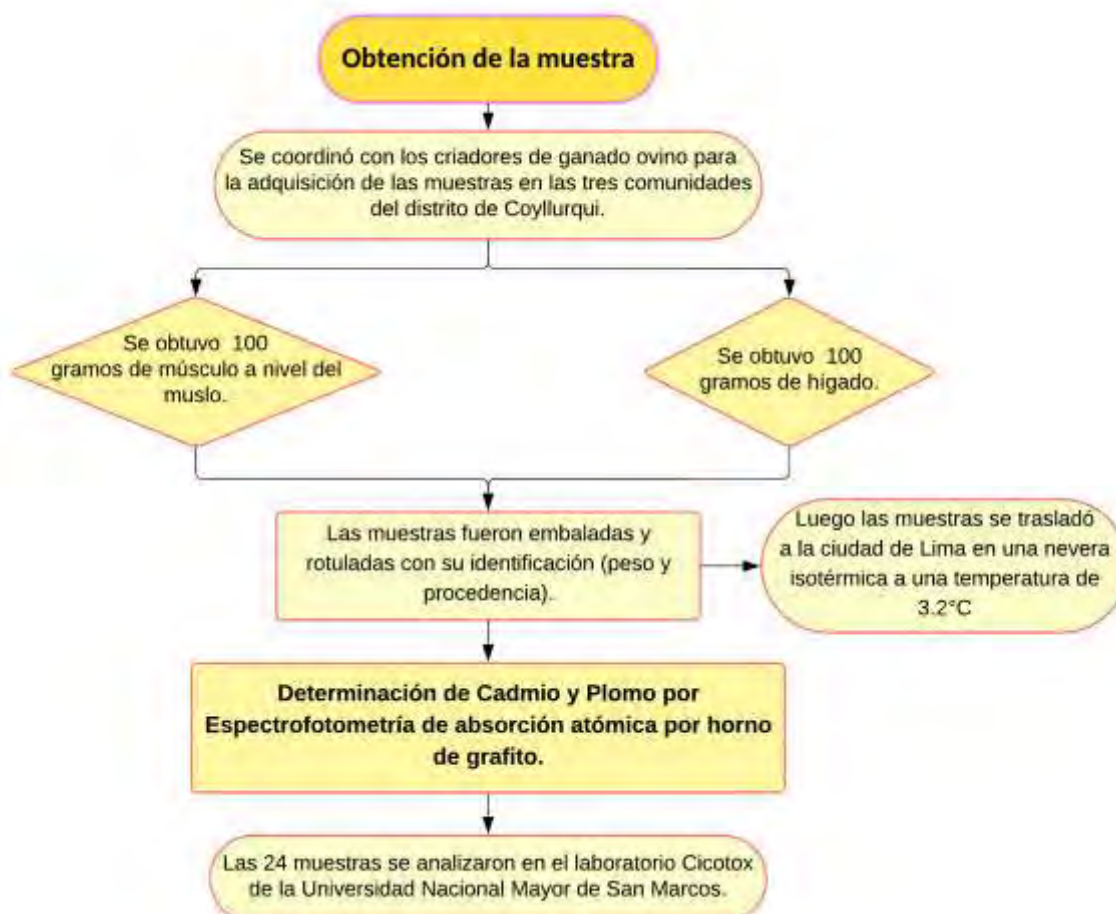
Criterios de inclusión

- Carneros criados en las comunidades: Huancuire, Pamputa y Anchapillay.
- Carneros destinados al consumo humano.
- Animales con edad entre 1 a 3 años.
- Carneros alimentados con pastos locales.
- Muestras tomadas inmediatamente después del sacrificio.
- Peso mayor a 11 kg.
- Ganado ovino en óptimas condiciones de consumo (sin enfermedades).

Criterios de exclusión

- Carneros con procedencia externa a las comunidades estudiadas.
- Animales enfermos o con tratamientos veterinarios recientes.
- Animales con alimentación controlada o suplementada.
- Muestras mal conservadas o contaminadas.
- Ganado ovino con enfermedades parasitarias.

Figura N° 11: *Flujograma de obtención de muestra*



Fuente: *Elaboración propia*

3.4.2. Técnicas de selección de muestras de músculo e hígado

La elección del grupo de muestras se estableció a través de la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia, basado en el peso (mayores a 11 kilos) y sexo (macho). Fueron obtenidos de manera directa de parte de los criadores entablando una comunicación fluida a favor de los intereses de consumidores y personas dedicadas a la crianza de ganado ovino en las tres comunidades del distrito de Coyllurqui.

3.4.3. Puntos de muestreo y cantidad de muestras

Se realizó el muestreo en tres comunidades del distrito de Coyllurqui: Huancuire, Pamputa y Anchapillay. De cada comunidad se recolectaron 4 muestras de músculo y 4 muestras de hígado conformando un total de 24 muestras para determinar la concentración de metales pesados como cadmio y plomo.

Tabla N° 12: *Puntos de muestreo y cantidad de muestra para determinar cadmio y plomo.*

Determinación de cadmio y plomo		
Centro Poblado	Muestra	Cantidad de muestra
Huancuire	Músculo	4
	Hígado	4
Pamputa	Músculo	4
	Hígado	4
Anchapillay	Músculo	4
	Hígado	4
Cantidad total muestreada		24

Fuente: *Elaboración propia*

3.4. Variable

Variables implicadas

Concentración de plomo y Cadmio

Indicadores

- Nivel de concentración de cadmio
- Nivel de concentración de plomo

Naturaleza

- Cuantitativa
- Cuantitativa

Medición

- Directa
- Directa

Instrumento

- Espectrofotometría
- Espectrofotometría

Escala

- Ordinal

Proceso de medición

Se cortó las muestras en trozos diminutos con un bisturí de alimentos y se pesaron, luego se deshidrató en una estufa a 130 °C durante 5 h seguidamente se pulverizó en un mortero. Posteriormente se tomó 2.5 g en un crisol, los cuales se llevaron a calcinación a una temperatura de 550 °C por 6 h en la mufla. Luego es llevado a una fiola de 25 mL disolviendo con 5 mL de HCl concentrado, con una micropipeta se tomó 900 µL para cadmio y 600 µL para plomo de diluyente en los cubiletes de polietileno. Finalmente se transfirieron 100 µL cadmio y 50 µL plomo de muestra a los cubiletes que contenían el diluyente y se agitó con una micropipeta succionando y expulsando la muestra 25 veces. Las muestras preparadas se colocaron en el automuestreador del horno de grafito y se inició el análisis.

Expresión final

Nivel máxima concentración de cadmio

- Músculo: 0.05 mg/kg
- Hígado: 0.50 mg/kg

Nivel máximo de concentración de plomo

- Músculo: 0.10 mg/kg
- Hígado: 0.50 mg/kg

3.4.1. Operacionalización de variables

Variable	Indicadores	Naturaleza	Medición	Instrumento	Proceso de medición	Expresión final
Variables implicadas Concentración de cadmio y plomo	1. Niveles de concentración de Cd	Cuantitativa	Directa	Espectroscopia de absorción atómica	Se pesó la muestra picada, se añadió ácido clorhídrico, ácido nítrico (diluyente) y se esperó los resultados por método GFAAS.	músculo 0.05 mg/kg
						hígado 0.50 mg/kg
	2. Niveles de concentración de Pb	Cuantitativa	Directa	Espectroscopia de absorción atómica		músculo 0.10 mg/kg
						hígado 0.50 mg/kg

Nota. Elaboración propia.

3.5.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- La cuantificación del cadmio y plomo en muestras de músculo e hígado de carnero, se realizó a través de la espectrometría de absorción atómica por horno de grafito.
- Los resultados obtenidos se compararon con los límites máximos permisibles por el Codex Alimentarius y MERCOSUR.
- Los resultados se procesaron mediante el software Excel y SPSS V.27.

3.5.3. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

De acuerdo con los análisis de laboratorio que fueron desarrolladas mediante la espectrometría de absorción atómica por horno de grafito (GFAAS) en las muestras: músculo e hígado de carneros procedentes de las tres comunidades del distrito de Coyllurqui, los datos obtenidos se llevaron a una hoja de cálculo de Microsoft Excel y posteriormente procesados en el software estadístico SPSS V.27.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de las concentraciones de cadmio en el músculo e hígado de carneros criados por pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay según Codex Alimentarius y MERCOSUR.

4.1.1. Resultados del análisis en muestras de músculo.

Tabla N° 13: Resultados de cadmio en músculos

N° análisis	Muestra	Tipo de análisis	Resultado	Promedio
99791	Pamputa (músculo-m1)	Cadmio	0.010 mg/Kg	0.006
99792	Pamputa (músculo-m2)	Cadmio	0.005 mg/Kg	
99793	Pamputa (músculo-m3)	Cadmio	0.002 mg/Kg	
99794	Pamputa (músculo-m4)	Cadmio	0.007 mg/Kg	
99795	Huancuire (músculo-m1)	Cadmio	0.001 mg/Kg	0.003
99796	Huancuire (músculo-m2)	Cadmio	0.002 mg/Kg	
99797	Huancuire (músculo-m3)	Cadmio	0.008 mg/Kg	
99798	Huancuire (músculo-m4)	Cadmio	0.002 mg/Kg	
99799	Anchapillay (músculo-m1)	Cadmio	0.003 mg/Kg	0.003
99800	Anchapillay (músculo-m2)	Cadmio	0.004 mg/Kg	
99801	Anchapillay (músculo-m3)	Cadmio	0.002 mg/Kg	
99802	Anchapillay (músculo-m4)	Cadmio	0.002 mg/Kg	

Fuente: Elaboración propia

Análisis e Interpretación

La tabla 13 muestra los resultados obtenidos en la comunidad de Pamputa. Las muestras de músculo analizadas presentaron niveles de cadmio entre 0,002 y 0,010 mg/kg, con un promedio de aproximadamente 0,006 mg/kg. Si bien los niveles no superan el límite máximo establecido por Codex Alimentarius y MERCOSUR (0.05 mg/kg), todas las muestras presentan este metal pesado.

La cantidad promedio de cadmio en el músculo en la comunidad de Huancuire es de 0,003 mg/kg, con niveles que oscilan entre 0,001 y 0,008 mg/kg; estas cifras son inferiores a las de Pamputa. La cantidad de cadmio en esta zona es baja en general, lo que significa que es menos probable que las personas entren en contacto con él en el entorno o que el ambiente está más controlado para evitar la contaminación por metales pesados.

Los niveles de cadmio en muestras de la población de Anchapillay oscilaron entre 0,002 y 0,004 mg/kg, con un promedio de 0,003 mg/kg. Estos son los valores más bajos de las tres

comunidades analizadas, lo que significa que el tejido muscular no presenta una alta contaminación con este metal.

Discusión

La investigación de Mohammed Abd-Elghany et al. (2020), indica que las concentraciones de cadmio en la carne y los órganos de ovino superan los límites permisibles, particularmente en los riñones, el hígado y en el músculo. Por otro lado, la investigación de Yaguana Díaz (2021) muestra que los niveles de cadmio en la carne de cerdo son indetectables o muy bajos, lo que representa riesgos mínimos para la salud humana. Fachete et al. (2024) demostraron que el cadmio se acumula con facilidad en productos lácteos de ovinos en las proximidades de la actividad industrial, lo que indica posibles riesgos para la salud que dependen de la exposición ambiental y de la especie examinada.

En la investigación de Pérez Sáenz (2019) indica que las concentraciones de cadmio superan los límites permisibles en músculos de alpaca. Patiño Condori (2019) indica de manera similar que los niveles de cadmio superan los límites permitidos en el hígado de trucha, aunque el músculo y otros tejidos presentan cantidades dentro de los rangos aceptables, lo que demuestra que la bioacumulación se ve influenciada tanto por el órgano como por la fuente de contaminación.

Por otro lado, las comunidades de Pamputa, Huancuire y Anchapillay presentan niveles bajos de cadmio en el músculo, entre 0,001 y 0,010 mg/kg. El promedio de 0,006 mg/kg en Pamputa indica que el cadmio está presente, pero dentro de los niveles seguros. Huancuire presenta lecturas más bajas, con un promedio de 0,003 mg/kg. Esto demuestra que el entorno está menos expuesto a la sustancia o que está mejor gestionado. Anchapillay presenta los niveles aún más bajos, entre 0,002 y 0,004 mg/kg, lo que demuestra que este metal presenta muy poca o ninguna contaminación. Estos resultados concuerdan con los antecedentes locales, que indica que los músculos generalmente acumulan menos cadmio que otros órganos, y que la concentración se ve significativamente influenciada por las condiciones ambientales y la proximidad a posibles fuentes de contaminación.

4.1.2. Resultados del análisis en muestras de hígado.

Tabla N° 14: Resultados de Cadmio en hígado

N° análisis	Muestra	Tipo de análisis	Resultado	Promedio
99803	Pamputa (hígado-m1)	Cadmio	0.029 mg/Kg	0.047
99804	Pamputa (hígado-m2)	Cadmio	0.050 mg/Kg	
99805	Pamputa (hígado-m3)	Cadmio	0.064 mg/Kg	
99806	Pamputa (hígado-m4)	Cadmio	0.046 mg/Kg	
99807	Huancuire (hígado-m1)	Cadmio	0.038 mg/Kg	0.033
99808	Huancuire (hígado-m2)	Cadmio	0.017 mg/Kg	
99809	Huancuire (hígado-m3)	Cadmio	0.047 mg/Kg	
99810	Huancuire (hígado-m4)	Cadmio	0.028 mg/Kg	
99811	Anchapillay (hígado-m1)	Cadmio	0.032 mg/Kg	0.043
99812	Anchapillay (hígado-m2)	Cadmio	0.060 mg/Kg	
99813	Anchapillay (hígado-m3)	Cadmio	0.054 mg/Kg	
99814	Anchapillay (hígado-m4)	Cadmio	0.027 mg/Kg	

Fuente: Elaboración propia

Análisis e Interpretación

En la tabla 14 se presentan las concentraciones de cadmio (Cd) determinadas en las muestras de hígado procedentes de las localidades de Pamputa, Anchapillay y Huancuire. Los valores registrados oscilaron entre 0,029 y 0,064 mg/kg, con promedios de 0,047 mg/kg, 0,043 mg/kg y 0,033 mg/kg, respectivamente, siendo Pamputa la localidad con la mayor concentración promedio y Huancuire la menor. Al comparar estos resultados con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 0.50 mg/kg, se observa que todas las muestras se encuentran muy por debajo del valor establecido. En consecuencia, los niveles de cadmio detectados en el tejido hepático cumplen con la normativa vigente y no evidencian concentraciones que representen un riesgo por exceder los límites establecidos.

En Anchapillay, las concentraciones de cadmio en hígado oscilaron entre 0,027 y 0,060 mg/kg, con un promedio de 0,043 mg/kg, valor cercano al registrado en Pamputa. Estos resultados evidencian una acumulación de cadmio ligeramente superior a la observada en Huancuire, lo que podría estar relacionado con una mayor exposición a fuentes ambientales del metal. No obstante, las concentraciones encontradas permanecen dentro de los niveles permitidos, lo que indica que la acumulación hepática de cadmio es baja. Aun así, la presencia constante del metal en las muestras resalta la importancia de mantener un monitoreo periódico

para evaluar posibles cambios en los niveles de exposición y prevenir incrementos que puedan comprometer la inocuidad de los productos de origen animal.

En la comunidad de Huancuire, las concentraciones de cadmio variaron entre 0,017 y 0,047 mg/kg, con un promedio de 0,033 mg/kg, el más bajo entre las localidades evaluadas. La detección de este metal en todas las muestras confirma la exposición de los animales a fuentes ambientales de cadmio, aunque en bajas concentraciones. La variabilidad observada entre las muestras puede atribuirse a diferencias en la alimentación, las condiciones de pastoreo, la edad de los animales o el tiempo de exposición, lo que sugiere una menor carga de exposición ambiental en comparación con Pamputa y Anchapillay.

Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidenciaron concentraciones de cadmio (Cd) en hígado que oscilaron entre 0,017 y 0,064 mg/kg, con promedios de 0,047 mg/kg en Pamputa, 0,043 mg/kg en Anchapillay y 0,033 mg/kg en Huancuire. Estos valores se encuentran muy por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 0.50 mg/kg establecido por Codex Alimentarius y MERCOSUR para hígado de bovinos, ovinos, porcinos, caprinos y aves de corral, lo que demuestra que las muestras analizadas cumplen con los estándares de inocuidad alimentaria. Estos resultados coinciden con lo reportado por Hernández Domínguez (2020), quien identificó la presencia de cadmio en peces, crustáceos y moluscos del Caribe colombiano, evidenciando procesos de bioacumulación del metal en los tejidos analizados. Aunque dicho estudio se desarrolló en organismos acuáticos y evaluó tejido muscular, mientras que la presente investigación analizó hígado de ovinos. Ambas investigaciones confirman que el cadmio puede incorporarse y acumularse en los organismos expuestos a fuentes ambientales de contaminación. No obstante, a diferencia del estudio de Hernández Domínguez, en el presente trabajo todas las concentraciones encontradas permanecen ampliamente dentro de los límites permitidos para el consumo.

La similitud entre ambos estudios radica en que la presencia de cadmio está asociada a la exposición ambiental y a la capacidad de bioacumulación de este metal en los tejidos animales. En el caso de los ovinos evaluados, esta exposición puede relacionarse con las condiciones propias del sistema de pastoreo extensivo, predominante en la sierra peruana, donde los animales consumen forrajes y agua provenientes del entorno, lo que favorece la incorporación de metales pesados presentes en el suelo y la vegetación. Sin embargo, las bajas concentraciones registradas sugieren que las fuentes de contaminación en las localidades estudiadas son de baja intensidad, permitiendo que los niveles de cadmio permanezcan muy por debajo del LMP de 0.50 mg/kg. En consecuencia, los resultados indican que el hígado de

los ovinos evaluados no representa un riesgo para el consumo humano, aunque la detección del metal hace recomendable mantener un monitoreo continuo para prevenir incrementos en su acumulación.

4.2. Resultados de las concentraciones de plomo en el músculo e hígado de carneros criados por pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay según Codex Alimentarius y MERCOSUR.

4.2.1. Resultados del análisis en muestras de músculo.

Tabla N° 15: Resultados de plomo en músculos

N° Análisis	Muestra	Tipo de análisis	Resultado	Promedios
99767	Pamputa (músculo-m1)	Plomo	0.099 mg/Kg	0.253
99768	Pamputa (músculo-m2)	Plomo	0.285 mg/Kg	
99769	Pamputa (músculo-m3)	Plomo	0.320 mg/Kg	
99770	Pamputa (músculo-m4)	Plomo	0.309 mg/Kg	
99771	Huancuire (músculo-m1)	Plomo	0.276 mg/Kg	0.503
99772	Huancuire (músculo-m2)	Plomo	0.750 mg/Kg	
99773	Huancuire (músculo-m3)	Plomo	0.721 mg/Kg	
99774	Huancuire (músculo-m4)	Plomo	0.263 mg/Kg	
99775	Anchapillay (músculo-m1)	Plomo	0.077 mg/Kg	0.079
99776	Anchapillay (músculo-m2)	Plomo	0.089 mg/Kg	
99777	Anchapillay (músculo-m3)	Plomo	0.121 mg/Kg	
99778	Anchapillay (músculo-m4)	Plomo	0.027 mg/Kg	

Fuente: Elaboración propia

Análisis e Interpretación

Los resultados en la tabla 15 se presentan los resultados de la concentración de plomo (Pb) en las muestras de músculo procedentes de las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay. Los promedios registrados oscilaron entre 0.503 mg/kg para Huancuire, 0.253 mg/kg para Pamputa y 0.079 mg/kg para Anchapillay. Al comparar estos resultados con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 0.10 mg/kg, establecidos por Codex Alimentarius y MERCOSUR, se observa que los promedios de Huancuire y Pamputa superan el valor establecido, siendo Huancuire la comunidad con la mayor concentración promedio, equivalente a más de cinco veces el límite permitido. En contraste, Anchapillay presentó un promedio

inferior al LMP, aunque una de sus muestras (0.121 mg/kg) excedió ligeramente el valor permitido. En conjunto, estos resultados evidencian la presencia de plomo en el tejido muscular de los animales evaluados, con niveles que representan un riesgo para la inocuidad alimentaria en las comunidades de Huancuire y Pamputa.

En la comunidad de Huancuire, las concentraciones de plomo oscilaron entre 0.263 y 0.750 mg/kg, registrándose los valores más elevados entre las localidades evaluadas. Todas las muestras excedieron el Límite Máximo Permisible de 0.10 mg/kg, alcanzando concentraciones de hasta 7.5 veces el valor establecido. Estos resultados indican una elevada acumulación de plomo en el tejido muscular de los animales, lo que sugiere una mayor exposición ambiental al metal y representa un potencial riesgo para la seguridad alimentaria, por lo que resulta necesario identificar las posibles fuentes de contaminación e implementar medidas de control y monitoreo.

En la comunidad de Pamputa, las concentraciones de plomo en músculo variaron entre 0.099 y 0.320 mg/kg. Al compararlas con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 0.10 mg/kg, se observa que tres de las cuatro muestras analizadas superan el valor permitido, mientras que una muestra (0.099 mg/kg) se encuentra ligeramente por debajo del límite. Estos resultados evidencian la presencia de plomo en el tejido muscular de los animales y sugieren una exposición frecuente a fuentes ambientales de este metal pesado, lo que podría comprometer la inocuidad de la carne destinada al consumo humano.

En la comunidad de Anchapillay, las concentraciones de plomo en músculo variaron entre 0.027 y 0.121 mg/kg. La mayoría de las muestras se encontraron por debajo del Límite Máximo Permisible de 0.10 mg/kg; sin embargo, una muestra registró 0.121 mg/kg, superando ligeramente el valor establecido. Estos resultados indican que, aunque la contaminación por plomo es menor en comparación con las demás comunidades evaluadas, existe evidencia de exposición al metal, por lo que se recomienda mantener una vigilancia periódica para prevenir un incremento de sus concentraciones en el tejido muscular.

Discusión

Los resultados de la presente investigación evidenciaron que las concentraciones de plomo (Pb) en el músculo de los ovinos variaron entre 0,027 y 0,750 mg/kg. Al comparar estos valores con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 0.10 mg/kg, se observó que las comunidades de Huancuire y Pamputa presentaron concentraciones superiores al valor permitido en la mayoría de las muestras, mientras que en Anchapillay solo una muestra excedió ligeramente dicho límite. Estos hallazgos indican que existe acumulación de plomo en el tejido

muscular de los animales evaluados, especialmente en Huancuire, lo que representa un riesgo para la inocuidad de la carne destinada al consumo humano.

Los resultados obtenidos guardan similitud con el estudio realizado por Sinche Ramírez (2020), quien determinó la presencia de plomo en carne de pollo comercializada en el mercado de Caquetá, encontrando concentraciones entre 0,3047 y 1,1953 mg/kg, concluyendo que el 100 % de las muestras excedieron el límite máximo aceptable establecido por Codex Alimentarius y MERCOSUR. Aunque las concentraciones máximas encontradas en la presente investigación (0,750 mg/kg) fueron inferiores a las reportadas por dicho autor, ambas investigaciones coinciden en evidenciar que el plomo se acumula en el tejido muscular de animales destinados al consumo humano y superan los límites permitidos. Esta coincidencia refuerza la necesidad de implementar programas de vigilancia sanitaria y ambiental para reducir la exposición de los animales a este metal pesado.

En contraste, los resultados difieren de los reportados por Pérez Sáenz (2019), quien encontró una concentración media de plomo de $0,0029 \pm 0,0025$ ppm en músculo de alpaca, valor que no excedió los límites permitidos y que fue considerablemente inferior a las concentraciones registradas en las comunidades de Huancuire y Pamputa. Esta diferencia podría explicarse por las características ambientales de las zonas de estudio, el grado de contaminación del suelo y de los pastizales, los sistemas de crianza y las fuentes de exposición a metales pesados. No obstante, ambos estudios coinciden en reconocer que la presencia de plomo en los tejidos animales constituye un riesgo relevante para la salud pública debido a su capacidad de incorporarse a la cadena alimentaria.

Estos resultados pueden analizarse desde la perspectiva teórica sobre la contaminación por metales pesados, la cual señala que actividades como la minería, la agricultura y otros procesos antrópicos favorecen la contaminación del suelo, el agua y la vegetación, permitiendo que metales como el plomo ingresen a la cadena alimentaria. Asimismo, la literatura indica que los ovinos criados bajo sistemas de pastoreo pueden actuar como biomonitores de la contaminación ambiental, debido a que incorporan estos elementos mediante el consumo de pastos y agua contaminados. En este contexto, las concentraciones de plomo encontradas en las comunidades evaluadas, especialmente en Huancuire y Pamputa, evidencian la existencia de fuentes de contaminación ambiental que estarían favoreciendo la bioacumulación de este metal pesado en el tejido muscular de los animales. Por ello, resulta indispensable fortalecer el monitoreo ambiental, identificar las fuentes de contaminación y promover buenas prácticas ganaderas que contribuyan a disminuir la exposición de los ovinos y garantizar la inocuidad de la carne destinada al consumo humano (42).

4.2.2. Resultados de análisis en muestras de hígado.

Tabla N° 16: Resultados de plomo en hígado

N° Análisis	Muestra	Tipo de análisis	Resultado	Promedios
99779	Pamputa (hígado-m1)	Plomo	0.064 mg/Kg	0.033
99780	Pamputa (hígado-m2)	Plomo	0.015 mg/Kg	
99781	Pamputa (hígado-m3)	Plomo	0.020 mg/Kg	
99782	Pamputa (hígado-m4)	Plomo	0.034 mg/Kg	
99783	Huancuire (hígado-m1)	Plomo	0.039 mg/Kg	0.031
99784	Huancuire (hígado-m2)	Plomo	0.032 mg/Kg	
99785	Huancuire (hígado-m3)	Plomo	0.026 mg/Kg	
99786	Huancuire (hígado-m4)	Plomo	0.028 mg/Kg	
99787	Anchapillay (hígado-m1)	Plomo	0.010 mg/Kg	0.010
99788	Anchapillay (hígado-m2)	Plomo	0.015 mg/Kg	
99789	Anchapillay (hígado-m3)	Plomo	0.008 mg/Kg	
99790	Anchapillay (hígado-m4)	Plomo	0.008 mg/Kg	

Fuente: Elaboración propia

Análisis e Interpretación

En la tabla 16 se presentan los resultados de la concentración de plomo (Pb) en las muestras de hígado procedentes de las comunidades de Pamputa, Huancuire y Anchapillay. Las concentraciones registradas oscilaron entre 0.008 y 0.064 mg/kg, con promedios de 0.033 mg/kg para Pamputa, 0.031 mg/kg para Huancuire y 0.010 mg/kg para Anchapillay. Al compararlos con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 0.50 mg/kg para hígado, se observa que todas las muestras se encuentran ampliamente por debajo del valor establecido. En consecuencia, los niveles de plomo detectados cumplen con la normativa vigente y no evidencian concentraciones que representen un riesgo para la inocuidad del hígado destinado al consumo humano.

En la comunidad de Pamputa, las concentraciones de plomo en hígado variaron entre 0.015 y 0.064 mg/kg, con un promedio de 0.033 mg/kg. Estos valores se encuentran muy por debajo del Límite Máximo Permisible (0.50 mg/kg), por lo que todas las muestras se encuentran dentro de los niveles permitidos. La presencia de plomo en el tejido hepático evidencia la exposición de los animales a este metal pesado; sin embargo, las concentraciones registradas indican una acumulación baja y compatible con los estándares establecidos para este órgano.

En la comunidad de Huancuire, las concentraciones de plomo en hígado oscilaron entre 0.026 y 0.039 mg/kg, con un promedio de 0.031 mg/kg. Al compararse con el Límite Máximo Permisible de 0.50 mg/kg, se verifica que todas las muestras permanecen muy por debajo del valor permisible, lo que indica que la acumulación de plomo en el hígado es baja. Aunque el metal fue detectado en todas las muestras analizadas, las concentraciones observadas no representan un riesgo para el consumo, lo que sugiere una exposición ambiental limitada en esta comunidad.

En la comunidad de Anchapillay, las concentraciones de plomo en hígado variaron entre 0.008 y 0.015 mg/kg, con un promedio de 0.010 mg/kg, siendo el más bajo de las tres comunidades evaluadas. Todos los valores obtenidos se encuentran ampliamente por debajo del Límite Máximo Permisible de 0.50 mg/kg, lo que evidencia una baja acumulación de plomo en el tejido hepático. Estos resultados sugieren una menor exposición de los animales a fuentes ambientales de este metal pesado en comparación con Pamputa y Huancuire, manteniéndose dentro de los parámetros aceptables para el consumo humano.

Discusión

Estos hallazgos difieren de los reportados por Mohammed Abd-Elghany et al. (2020), quienes encontraron que los niveles de plomo y cadmio en hígado de ovejas de Kuwait superaban los límites máximos permisibles, evidenciando un riesgo para la salud pública. En la presente investigación, las concentraciones máximas de plomo alcanzaron únicamente 0,064 mg/kg, valor que se encuentra debajo del LMP de 0.50 mg/kg, lo que demuestra una bioacumulación menor.

Asimismo, los resultados obtenidos son notablemente inferiores a los descritos por Fachete et al. (2024), quienes reportaron concentraciones muy elevadas de plomo en áreas industriales de Rumania, asociadas con una importante bioacumulación en el sistema alimentario del ovino. Aunque Pamputa presentó las concentraciones relativamente altas dentro del estudio, estas permanecen muy por debajo de las observadas en ambientes industrializados (mineros), lo que sugiere que la exposición en la zona evaluada podría estar relacionada con fuentes naturales o actividades antrópicas de menor intensidad.

Salvador Vázquez y Velásquez (2022) reportaron concentraciones de plomo inferiores a los valores de referencia en alimento e hígado de pollo de Ventanilla. Reflejando que no hay bioacumulación en el hígado de pollo, siendo seguros para el consumo de la población. En similitud, los resultados obtenidos en Pamputa, Huancuire y Anchapillay muestran una contaminación de menor magnitud, siendo Anchapillay la comunidad con menor exposición a este metal, seguida de Huancuire y Pamputa, lo que evidencia que, aunque existe presencia de

plomo en el ambiente, esta no alcanza niveles críticos según el límite máximo permisible vigente.

4.3. Resultados de la comparación de la concentración de cadmio en músculo e hígado de los carneros criados por pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay respectivamente.

Tabla N° 17: Comparación de la concentración de cadmio en músculo e hígado de carneros criados por pastoreo según comunidad.

Comunidad	Músculo (mg/kg) Promedio	Hígado (mg/kg) Promedio	Diferencia (Hígado – Músculo) (mg/kg)
Pamputa	0.006	0.047	0.041
Huancuire	0.003	0.033	0.03
Anchapillay	0.003	0.043	0.04

Fuente: Elaboración propia

Análisis e Interpretación

Los resultados muestran que, en las tres comunidades evaluadas, la concentración promedio de cadmio fue considerablemente mayor en el hígado que en el músculo. Pamputa presentó la mayor concentración promedio tanto en músculo (0.006 mg/kg) como en hígado (0.047 mg/kg). Por su parte, Anchapillay registró una concentración promedio de 0.003 mg/kg en músculo y 0.043 mg/kg en hígado, mientras que Huancuire presentó los valores promedio más bajos en ambos tejidos (0.033 mg/kg y 0.003 mg/kg, respectivamente). En todos los casos se evidencia una mayor acumulación de cadmio en el hígado, lo que confirma la tendencia de este órgano a concentrar metales pesados en comparación con el tejido muscular.

Discusión

Los resultados de la presente investigación evidencian que, en las tres comunidades evaluadas, la concentración promedio de cadmio fue mayor en el hígado que en el músculo de los carneros criados por pastoreo. Pamputa presentó la mayor concentración promedio de cadmio en hígado (0.047 mg/kg), seguida de Anchapillay (0.043 mg/kg) y Huancuire (0.033 mg/kg), mientras que en el músculo las concentraciones fueron considerablemente menores, oscilando entre 0.006 y 0.003 mg/kg. Estos hallazgos concuerdan con la teoría sobre bioacumulación de metales pesados, la cual establece que el cadmio tiende a concentrarse preferentemente en órganos metabólicamente activos, como el hígado y el riñón, debido a su afinidad por proteínas intracelulares que favorecen su retención, mientras que el tejido muscular presenta una menor capacidad de acumulación (40).

Al comparar estos hallazgos con el estudio de Patiño Condori (2019), quien evaluó la concentración de plomo y cadmio en diferentes partes anatómicas de la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) del río Chalhuanca, se observa que las concentraciones de plomo tanto en músculo como en hígado permanecieron por debajo de los límites máximos permitidos, mientras que el cadmio presentó una mayor acumulación en el hígado.

Asimismo, la mayor acumulación de cadmio en el hígado observada en esta investigación respalda lo descrito por la literatura sobre contaminación por metales pesados. Diversos autores señalan que estos elementos poseen una elevada persistencia ambiental y capacidad de bioacumulación, incorporándose progresivamente a la cadena alimentaria mediante el consumo de agua y pastos contaminados. En este contexto, el ganado ovino actúa como un biomonitor de la contaminación ambiental, reflejando en sus tejidos la exposición crónica a metales presentes en el entorno. Por ello, la mayor concentración encontrada en el hígado constituye un comportamiento esperado desde el punto de vista fisiológico, al ser este órgano uno de los principales responsables del metabolismo, detoxificación y almacenamiento de sustancias tóxicas (40).

Aunque las concentraciones de cadmio encontradas fueron superiores en el hígado respecto al músculo en las tres comunidades, los valores registrados continúan siendo bajos, lo que indicaría que la exposición ambiental al cadmio en las zonas de estudio no alcanza niveles elevados de contaminación. Sin embargo, la presencia del metal en ambos tejidos confirma que existe una exposición ambiental continua, probablemente asociada a actividades mineras y a las características geológicas propias de la zona de pastoreo. En consecuencia, resulta importante mantener programas de vigilancia ambiental y monitoreo periódico de metales pesados en animales destinados al consumo humano, con la finalidad de prevenir riesgos para la salud pública y garantizar la inocuidad de los productos pecuarios.

4.4. Resultados de la comparación de la concentración de plomo en músculo e hígado de los carneros criados por pastoreo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay respectivamente.

Tabla N° 18: Comparación de la concentración de plomo en músculo e hígado de carneros criados por pastoreo según comunidad.

Comunidad	Músculo (mg/kg) Promedio	Hígado (mg/kg) Promedio	Diferencia (Músculo – Hígado) (mg/kg)
Pamputa	0.253	0.033	0.22
Huancuire	0.503	0.031	0.472
Anchapillay	0.079	0.01	0.069

Fuente: Elaboración propia

Análisis e Interpretación

Al comparar las concentraciones promedio de plomo en músculo e hígado de carneros criados por pastoreo según comunidad, se observa que el tejido muscular presentó valores considerablemente superiores a los del hígado en todas las localidades evaluadas. En la comunidad de Huancuire se registró la mayor concentración promedio de plomo en músculo (0.503 mg/kg), seguida de Pamputa (0.253 mg/kg) y Anchapillay (0.079 mg/kg). En contraste, las concentraciones promedio en hígado fueron mucho menores, alcanzando 0.033 mg/kg en Pamputa, 0.031 mg/kg en Huancuire y 0.010 mg/kg en Anchapillay. Al comparar estos resultados con los límites máximos permitidos, se evidencia que el músculo de los carneros de Huancuire y Pamputa superan el límite de 0.10 mg/kg, mientras que Anchapillay se mantiene por debajo de dicho valor. Por otro lado, las concentraciones promedio de plomo en hígado en las tres comunidades se encuentran muy por debajo del límite máximo permitido de 0.50 mg/kg, lo que indica que este órgano no representa un excedente respecto a la normativa. Asimismo, la mayor diferencia entre ambos tejidos se observó en Huancuire (0.472 mg/kg), seguida de Pamputa (0.220 mg/kg) y Anchapillay (0.069 mg/kg), evidenciando una mayor acumulación de plomo en el tejido muscular que en el tejido hepático.

Al comparar estos resultados con el estudio de Vera Huarca y Nuñonca (2023), se observa que los autores encontraron concentraciones elevadas de plomo y mercurio en el suero sanguíneo de alpacas, superando los límites establecidos por la OMS, además de identificar concentraciones importantes de plomo en los pastos de la comunidad de Patacollana. Aunque dicho estudio no evaluó cadmio en tejidos, sus resultados demuestran que la contaminación

ambiental derivada de actividades mineras favorece la incorporación de metales pesados a los animales mediante el consumo de pastos contaminados. En comparación, los niveles de cadmio encontrados en los hígados de los carneros de Pamputa, Huancuire y Anchapillay fueron relativamente bajos, lo que sugiere una menor exposición ambiental al cadmio en las zonas estudiadas respecto a las condiciones descritas en Patacollana (19).

En la presente investigación se detectó presencia de plomo en músculo e hígado de carneros criados por pastoreo; sin embargo, el tejido muscular presentó concentraciones promedio superiores al tejido hepático en las tres comunidades evaluadas. Al comparar los resultados con los límites máximos permitidos, se encontró que las concentraciones promedio de plomo en el músculo de los carneros de Huancuire (0.503 mg/kg) y Pamputa (0.253 mg/kg) superaron el límite permitido de 0.10 mg/kg, mientras que Anchapillay (0.079 mg/kg) se mantuvo por debajo de este valor.

En contraste, las concentraciones promedio de plomo en hígado (0.033-0.010 mg/kg) estuvieron muy por debajo del límite máximo permitido de 0.50 mg/kg en las tres comunidades. Estas diferencias pueden atribuirse a las particularidades fisiológicas entre especies, ya que los mecanismos de absorción, distribución y acumulación de metales pesados difieren entre organismos acuáticos y mamíferos terrestres, así como a las distintas fuentes y vías de exposición ambiental (25).

Desde el punto de vista teórico, estos resultados pueden explicarse por la persistencia del plomo en el ambiente y por la influencia de las actividades antropogénicas, especialmente la minería, la agricultura y la ganadería desarrolladas en las zonas de estudio. Diversas investigaciones señalan que estas actividades favorecen la liberación de plomo al suelo, al agua y a la vegetación, facilitando su incorporación a la cadena alimentaria mediante el consumo de pastos y agua contaminados. Una vez absorbido, el plomo se distribuye en el organismo y puede acumularse en diferentes tejidos dependiendo de la intensidad y duración de la exposición, la edad del animal, su estado fisiológico y las características propias de la especie. En este estudio, estas condiciones podrían explicar las diferencias observadas entre las comunidades, especialmente la mayor concentración de plomo en el tejido muscular de los animales procedentes de Huancuire y Pamputa, donde se registraron valores superiores al límite máximo permisible (46).

La mayor concentración promedio de plomo encontrada en el músculo de los carneros de Huancuire (0.503 mg/kg), seguida de Pamputa (0.253 mg/kg), representa un hallazgo relevante desde el punto de vista sanitario, debido a que ambos valores exceden el límite máximo permitido de 0.10 mg/kg, lo que evidencia un potencial riesgo para la inocuidad de la

carne destinada al consumo humano. En cambio, la comunidad de Anchapillay (0.079 mg/kg) presentó concentraciones dentro del límite establecido, sugiriendo una menor exposición ambiental al metal. Respecto al hígado, aunque se detectó la presencia de plomo en las tres comunidades, las concentraciones fueron considerablemente inferiores al límite máximo permitido de 0.50 mg/kg, indicando que este órgano no supera los niveles establecidos por la normativa vigente. No obstante, la detección de plomo en ambos tejidos confirma una exposición continua de los animales a fuentes ambientales de contaminación. Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de implementar programas permanentes de vigilancia y monitoreo de metales pesados en zonas ganaderas influenciadas por actividades mineras y agrícolas, con el fin de identificar oportunamente focos de contaminación, garantizar la inocuidad de los productos de origen animal y reducir los riesgos potenciales para la salud pública.

Conclusiones

- Primera:** Los niveles de concentración de cadmio y plomo en carneros criados por pastoreo y destinados al consumo en las comunidades de Huancuire, Pamputa y Anchapillay evidenciaron diferencias según el metal y el tejido analizado. El cadmio presentó concentraciones inferiores a los límites máximos permitidos tanto en músculo como en hígado. En cambio, el plomo registró concentraciones promedio superiores al límite máximo permitido de 0.10 mg/kg en el tejido muscular de los carneros procedentes de Huancuire (0.503 mg/kg) y Pamputa (0.253 mg/kg), mientras que en Anchapillay (0.079 mg/kg) permaneció dentro del límite establecido. En el hígado, las concentraciones de plomo fueron considerablemente inferiores al límite máximo permitido de 0.50 mg/kg en las tres comunidades.
- Segunda:** Las concentraciones de cadmio en músculo e hígado, todos los valores se encontraron por debajo de los límites máximos permitidos por la normativa Codex Alimentarius y MERCOSUR (0.05 mg/Kg para músculo y 0.50 mg/kg para hígado).
- Tercera:** Las concentraciones de plomo en el músculo evaluados Huancuire, Pamputa y Anchapillay superan ampliamente el límite máximo permitido (0.10 mg/Kg), alcanzando niveles de hasta 0.750 mg/kg; por el contrario, los niveles de este metal en el hígado se mantuvieron por debajo de límite permitido (0.50 mg/Kg) según la normativa del Codex Alimentarius y MERCOSUR.
- Cuarta:** El cadmio presentó una mayor concentración en el hígado que en el músculo, registrándose el mayor promedio en Pamputa (0.047 mg/Kg), seguida por Anchapillay y Huancuire, siendo inferiores al límite máximo permitido 0.50 mg/Kg. Todas las concentraciones en tejido muscular fueron inferiores a 0.10 mg/Kg.
- Quinta:** El plomo mostró diferencias marcadas entre comunidades estudiadas. En el tejido muscular, Huancuire y Pamputa superaron el límite máximo permitido de 0.10 mg/kg, mientras que Anchapillay se mantuvo por debajo del límite máximo permisible (salvo una muestra superó ligeramente). Por el contrario, las concentraciones de plomo en hígado permanecieron por debajo del límite máximo permitido de 0.50 mg/kg en las tres comunidades.

Recomendaciones

- Primera:** A la GERESA (Gerencia Regional de Salud Apurímac) se recomienda implementar un programa de monitoreo permanente de metales pesados en alimentos de origen animal en el distrito de Coyllurqui, incluyendo campañas de sensibilización sobre los riesgos del consumo de órganos contaminados y análisis periódicos de carnes en venta.
- Segunda:** Al SIAR (Servicio de Información Ambiental Regional) que fomenten estudios toxicológicos más amplios en músculo animal e informar a la población acerca de normas específicas para el consumo o restricción del músculo en comunidades afectadas, considerando su papel como indicador de bioacumulación crónica.
- Tercera:** A la DRA Apurímac (Dirección Regional Agraria Apurímac) establecer puntos de control zoonosanitario en las zonas más afectadas, especialmente en Huancuire, para evitar la comercialización de carnes con altos niveles de plomo y proteger la salud de los consumidores.
- Cuarta:** A la OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental) de la sede Apurímac, realizar evaluaciones ambientales específicas del suelo, agua y forraje en Huancuire, para determinar fuentes puntuales de contaminación y aplicar medidas de remediación ambiental en coordinación con la empresa minera responsable.
- Quinta:** A la Municipalidad distrital de Coyllurqui fomentar prácticas de pastoreo en zonas alejadas de focos de contaminación minera y promover el consumo responsable de órganos internos mediante talleres y asesoría técnica con apoyo de agrónomos o veterinarios especializados.

Bibliografía

1. Arrieta A, Corredor W, Vera J. Valoración y cuantificación de metales pesados en carne de cerdo, pescado, pollo y res comercializados en Pamplona Norte de Santander. *Limentech Ciencia Y Tecnología Alimentaria*. 2015 Octubre; 13(2).
2. Betancourt S, Logroño M, Fonseca J. Relación del consumo de carne y derivados con el estado nutricional de mujeres universitarias de la época riobamba 2020. *Polo del Conocimiento*. 2021 Septiembre; 6(9).
3. Ramírez A. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de la Facultad de Medicina*. 2002; 63(1).
4. Organización Mundial de la Salud. Intoxicación por plomo. [Online].; 2024 [cited 2026 Enero 12. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.
5. Organización Mundial de la Salud. Intoxicación por plomo y cadmio. [Online].; 2024 [cited 2025 Mayo 27. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.
6. González J. Metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea (UE). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2009 Septiembre; 22(3).
7. Organización Mundial de la Salud. Cadmio. [Online].; 2024 [cited 2025 Mayo 27. Available from: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/chemical-safety-and-health/health-impacts/chemicals/cadmium>.
8. Mireya S, Téllez E, Marien R, María D, Varona M. Evaluación de la exposición a plomo en trabajadores informales colombianos que reciclan baterías. *Rev. salud ambient*. 2022 Junio; 22(1).
9. Organización Panamericana de Salud. Plomo. [Online].; 2024 [cited 2025 Mayo 27. Available from: <https://www.paho.org/es/temas/plomo>.
10. Ministerio de Salud. Vigilancia epidemiológica de factores de riesgo por exposición a metales pesados y metaloides. Lima: Ministerio de Salud, Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades; 2025.
11. Mercedes G, Curimozon R. Evaluación de plomo y cadmio en papas fritas y su riesgo toxicológico en los consumidores de diez pollerías conocidas del Cercado de Lima.

- Setiembre - noviembre 2019. Tesis de pregrado. Lima: Universidad Norbert Wiener, Farmacia y Bioquímica; 2020.
12. Ferrer A. Intoxicación por metales. *Anales Sis San Navarra*. 2003; 26(1).
 13. Astete J, Gastañaga MdC, Pérez D. Niveles de metales pesados en el ambiente y su exposición en la población luego de cinco años de exploración minera en las Bambas, Perú 2010. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2014 Julio; 31(4).
 14. Fechete F, Popescu M, Mârza S, Olar L, Papuc I, Beteg F, et al. Acumulación espacial y bioacumulación de metales pesados en un sistema alimentario basado en ovejas: implicaciones para la salud humana. *Tóxicos*. 2024 Octubre; 12(10).
 15. Yaguana E. Determinación de cadmio y plomo en carne de ganado porcino comercializados en dos mercados municipales de la ciudad de Guayaquil. Universidad de Guayaquil; 2021.
 16. Núñez H. Detección de la concentración de plomo en bovinos sacrificados en rastros municipales de Puebla, Mexico. Tesis de pregrado. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Medicina Veterinaria y Zootecnia; 2021.
 17. Hernández C. Evaluación del arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) en peces, crustáceos y moluscos de mayor consumo en Isla Fuerte (Caribe Colombiano): Estimación del riesgo por ingesta a la salud humana. Tesis de pregrado. Montería: Universidad de Córdoba, Ciencias Ambientales; 2020.
 18. Abd S, Ahmed M, Abdelkhalek A, Saud F, Ibrahim K. Evaluación del riesgo para la salud de la exposición a metales pesados presentes en la carne y los despojos de ovino en Kuwait. *Journal of Food Protection*. 2020 Febrero; 83(3).
 19. Vera R, Nuñonca E. Determinación de metales pesados en pastos y suero sanguíneo de alpacas de la comunidad de Patacollana del distrito de Condoroma. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco; 2023.
 20. Sinche L. Determinación de plomo, cadmio y arsénico en carne de pollo expandida en el mercado de Caquetá - San Martín de Porres. Lima - Perú. Noviembre del 2020. Tesis de pregrado. Lima: Universidad Norbert Wiener, Farmacia Y Bioquímica; 2022.
 21. Pérez L. Concentración de plomo, cadmio y zinc en musculo de alpaca (Vicugna pacos) beneficiados en el camal de Huancavelica. Tesis de posgrado. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, Ciencias Forestales y del Ambiente; 2020.

22. Masco , Callo , Loaiza , Cantero , Surco. Evaluación de la concentración de metales pesados (Pb, Hg, Cd) y as en pescados expendidos en los mercados de la ciudad del Cusco, Perú. Q'euña. 2021 Junio; 12(2).
23. Salvador M, Velasquez F. Determinación de arsénico, cadmio y plomo en alimento y agua y su bioacumulación en hígado de pollos de corral procedente de la Asociación Parque Porcino – distrito de Ventanilla, octubre 2022. Tesis de pregrado. Lima: Universidad María Auxiliadora, Farmacia y Bioquímica; 2023.
24. Correa O, Fuentes F, Coral R. Contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray - Perú. Rev Soc Quím Perú. 2021 Mayo; 87(1).
25. Patiño M. Determinación de cadmio y plomo en las partes anatómicas de la trucha (*oncorhynchus mykiss*) del río de Chalhuanca. Tesis de pregrado. Abancay: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Ingeniería; 2018.
26. Zevallos S. Calidad de agua, bioacumulación de metales pesados y niveles de estrés en la trucha arcoíris (*oncorhynchus mykiss*) en Challhuahuacho, Apurímac. Tesis de pregrado. Lima: Universidad Peruana Calletano Heredia; 2018.
27. Merino J, Pillaca L. Fluvalinato y metales pesados (cobre y plomo) en miel de los sectores de Pachachaca, Atumpata y Quitasol-Abancay 2018. Tesis de pregrado. Abancay: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Ingeniería; 2019.
28. Organizacion Mundial de Salud. Inocuidad de los alimentos. [Online].; 2024 [cited 2026 Enero 13. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>.
29. Organizacion Mundial de la Salud. Mycotoxins. [Online].; Oarganizacion Mundial de la Salud [cited 2023. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>.
30. Organización Mundial de la Salud. Inocuidad de los alimentos. [Online].; 2024 [cited 2025 Mayo 27. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>.
31. Phytocontrol laboratorio de análisis. Nuevos limites de plomo y cadmio en UE. Phytocontrol laboratorio de análisis. 2021 Septiembre; 34(2): p. 23.
32. Salud y Sanidad. La hoja de ruta de la palta peruana para no repetir los casos de rechazos por LMR en la Unión Europea. Salud y Sanidad. 2025; 2(2): p. 20.

33. García R, Bravo L, Pérez J. Determinación de metales pesados en pulpa de fruta de capsicum annum l. cultivado en la comuna Joá, Cantón Jipijapa. Centro Azúcar. 2022 Junio; 49(2).
34. Ministerio del Ambiente. Resolución Ministerial N° 145-2021. [Online].; 2021 [cited 2025 Mayo 27. Available from: <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1977294-2>.
35. Pereira M, Ballón E, Castro M, Constantin A, De Miguel , García R, et al. Minería y desarrollo sostenible seguimiento de la evaluación del desempeño ambiental del Perú Santiago: CEPAL; 2022.
36. Torres E. Informe sobre las minas de Cochasayhuas. Lima: La Cotabambas Aurakia; 1918.
37. Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud. Línea de base en salud de las comunidades aledañas al proyecto minero las bambas 2005. Informe Técnico. Apurímac: Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud; 2006.
38. Municipalidad Distrital de Coyllurqui. Plan de desarrollo local concertado, Coyllurqui Al 2030. Cotabambas: Municipalidad Distrital De Coyllurqui; 2022.
39. Grupo Propuesta Ciudadana. Minería artesanal y de pequeña escala en Cusco y Apurímac Impactos en las dinámicas locales. Lima: Grupo Propuesta Ciudadana; 2023.
40. Lopez C. Metales pesados: El daño invisible a la salud humana y ecosistémica. [Online].; 2024 [cited 2025 Mayo 27. Available from: <https://endemico.org/metales-pesados-el-dano-invisible-a-la-salud-humana-y-ecosistemica/>.
41. Soto M, Rodriguez L, Olivera M, Arostegui V, Colina C, 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 Febrero; 11(1).
42. Insitutto Nacional de Salud. Evaluación de riesgos en inocuidad de alimentos (ERIA) y plaguicidas. [Online].; 2024 [cited 2025 Mayo 27. Available from: [https://www.ins.gov.co/Direcciones/Vigilancia/Paginas/Evaluaci%C3%B3n-de-Riesgos-en-Inocuidad-de-Alimentos-\(ERIA\).aspx](https://www.ins.gov.co/Direcciones/Vigilancia/Paginas/Evaluaci%C3%B3n-de-Riesgos-en-Inocuidad-de-Alimentos-(ERIA).aspx).
43. Paredes O, Jiménez L, Dávila J, Apaza J. Contaminación y pérdida de biodiversidad por actividades mineras y agropecuarias: estado del arte. Revista de Investigaciones Altoandinas. 2024 Marzo; 26(1).

44. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Metales pesados. [Online].; 2024 [cited 2025 Mayo 27. Available from: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/emisiones-a-la-atmosfera/emisiones-problematica-ambiental/metales_pesados.html.
45. Gisbert M, Castellano M, Luna A. Medicina Legal y Toxicología. Octava ed. Elviesier , editor. Barvcelona: Gea Consultoría Editorial S.L; 2024.
46. Tchounwou P. Heavy metal toxicity and the environment. EXS. 2012 Marzo; CI.
47. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Perfil toxicológico del cadmio. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. 2012 Octubre; 11.
48. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. [Online].; 2024 [cited 2025 Mayo 27. Available from: <https://www.atsdr.cdc.gov/es/>.
49. Ñaccha J, Aguilar W. Determinación cuantitativa de plomo, cadmio y arsénico en hígado de ganado bovino expendido en el mercado ciudad de Dios – San Juan de Miraflores, Durante el Periodo Mayo – Agosto 2015. Tesis de pregrado. Lima: Universidad Inca Garcilazo de la Vega, Farmaceutica y Bioquímica; 2015.
50. Nordberg G. Metales: Propiedades quimicas y toxicidad productos quimicos. , Química; 2000.
51. Salud. Síntomas de la acumulación e intoxicación por metales pesados: ¿En qué afecta esta enfermedad? [Online].; 2020 [cited 2025 Mayo 16. Available from: <https://www.20minutos.es/noticia/4469763/0/sintomas-acumulacion-intoxicacion-metales-pesados-enfermedad/>.
52. La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Perfil toxicológico del plomo. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2020 Febrero; 2.
53. Ministerio de Salud del Perú. Informe técnico sobre metales pesados en zonas de influencia minera. Ministerio de Salud del Perú. 2019 Abril;3.
54. Valdivia M. Intoxicación por plomo. Rev. Soc. Per. Med. Inter. 2005; 13(1).
55. Gallegos K. Niveles de plomo en sangre en los trabajadores del grupo Klaus Junio-Septiembre 2014. Tesis de pregrado. Lima: Universidad Alas Peruanas, Farmacia y Bioquímica; 2014.

56. Raraz E. Determinación química toxicológica de plomo y cadmio en agua para consumo humano proveniente de los reservorios de la zona de San Juan Pampa – distrito de Yanacancha – Pasco. Tesis de pregrado. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Farmacia Y Bioquímica; 2015.
57. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Prefacio. [Online].; 2024 [cited 2025 Mayo 26. Available from: <https://www.fao.org/4/w8612s/w8612s.htm>.
58. Reyes Y, Vergara I, Torres O, Díaz M, Gonzalez E. Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. 2016;(16).
59. Mercosur. Reglamento técnico mercosur sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos derogación de las res. GMC N° 102194 Y N° 35/96). Mercosur; 2013.
60. Machaca V, Cano V, Paucara V, Bustinza A, Machaca A. Caracterización del ovino criollo en las comunidades del distrito de Lambra (Apurímac, Perú). Rev Inv Vet Perú. 2024; 35(2).
61. Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú. Apurímac: Senasa atiende a 925 ovinos en zonas altoandinas. [Online].; 2017 [cited 2025 Mayo 26. Available from: <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/apurimac-senasa-atiende-925-ovinos-en-zonas-altoandinas/>.
62. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Beneficios de consumir carnes rojas. [Online].; 2019 [cited 2025 Mayo 26. Available from: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/beneficios-de-consumir-carnes-rojas>.
63. Valero T, del Pozo S, Ruiz E, Ávila J, Varela G. Guía nutricional de la carne. Guía. Chile: Federación Nacional de Productores de Ganado Bovino, Nutrición; 2010.
64. Martínez M. Análisis Instrumental. Espectrometría de Absorción Atómica (EAA). Universitat Politècnica de València. 2020 Abril; 2(5).
65. Londoño L, Londoño P, Muños. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. 2016 Julio; 14(2).
66. Real Academia Española. Musculo. [Online].; 2019 [cited 2025 Mayo 26. Available from: <https://www.rae.es/diccionario-estudiante/m%C3%BAsculo>.

67. Diccionario de la Lengua Española. Higado. [Online].; 2024 [cited 2025 Mayo 26. Available from: <https://dle.rae.es/h%C3%ADgado>.
68. Municipalidad distrital de Coyllurqui. Plan de desarrollo concertado del distrito de Coyllurqui Coyllurqui: Municipalidad distrital de Coyllurqui; 2021.
69. DePerú. Ubicación del CC. PP. «Huancuire». [Online].; 2020 [cited 2026. Available from: <https://www.deperu.com/centros-poblados/huancuire-15897>.
70. Alvarez A. Clasificación de las investigaciones. Universidad de Lima. 2020.
71. Bernal CA. Metodología de la Investigación. Tercera edición ed. Colombia: Pearson Educación; 2010.
72. Carrasco S. Metodología de la investigación. Segunda ed. Marcos S, editor. Lima: San Marcos; 2006.
73. Hernández R. Metodología de la investigación. Quinta ed. McGraw-Hil , editor. Mexico: McGraw-Hil; 2010.

Anexos

Anexo 1. Evidencias fotográficas

Figura N° 12: *Materiales para la obtención de muestras*

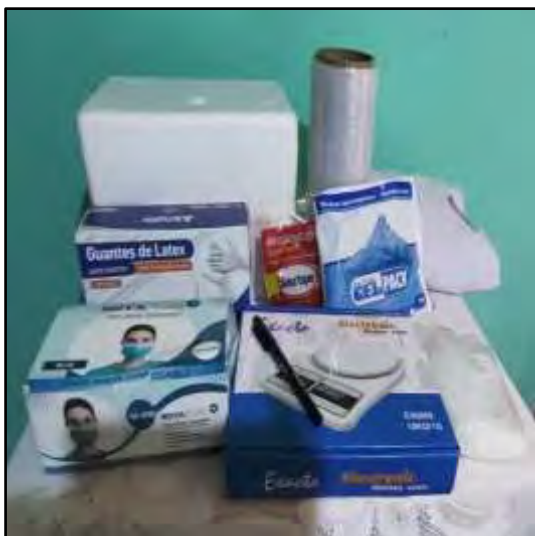


Figura N° 13: *Selección de animales en la comunidad Pamputa*



Figura N° 14: *Obtención de muestras de la comunidad de Pamputa*



Figura N° 15: *Rotulado, embalado y traslado de muestras*



Figura N° 16: *Huancuire comunidad aledaña a la minería las Bambas*



Figura N° 17: *Comunidad Huancuire*



Figura N° 18: *Obtención de muestras de la comunidad de Huancuire*



Rotulado, embalado y traslado de muestras

Figura N° 19: *Rotulado, embalado y traslado de muestras*



Figura N° 20: *Selección de animales de la comunidad de Anchapillay*



Figura N° 21: *Obtención y pesado de muestras de la comunidad de Anchapillay*



Figura N° 22: *Rotulado, embalado y traslado de muestras*



Figura N° 23: *Universidad Nacional Mayor de San Marcos, laboratorio CICOTOX*



Anexo 2. Procesamiento de muestras en el laboratorio CICOTOX

Figura N° 24: *Muestras de músculo e hígado antes del secado*

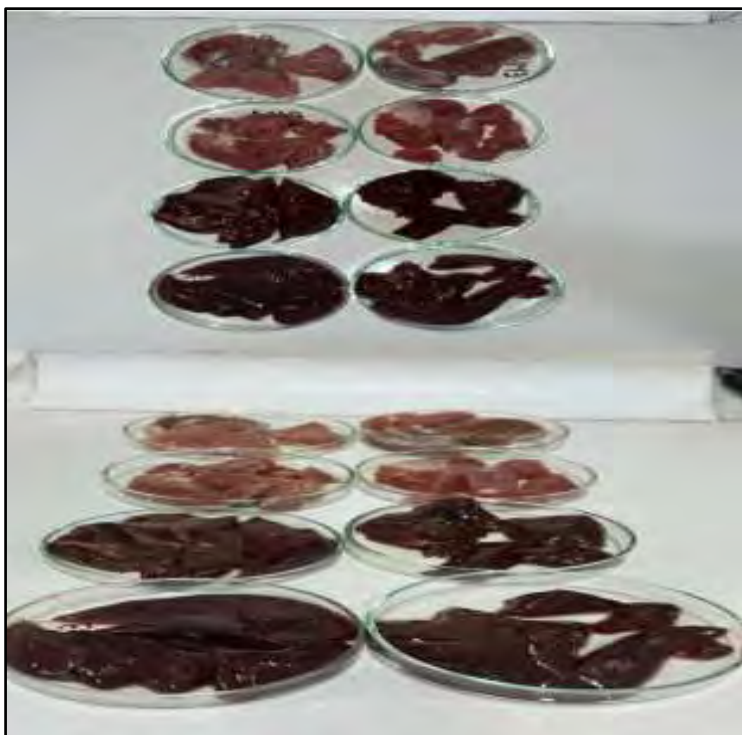


Figura N° 25: *Muestras de músculo e hígado después de secado*



Figura N° 26: *Muestra seca triturada*



Figura N° 27: *Medición de peso de muestras trituradas*



Figura N° 28: *Muestras en la mufla*



Figura N° 29: *Muestras precalcinadas*



Figura N° 30: *Muestras calcinadas (llevadas a cenizas blancas)*



Figura N° 31: *Filtración de las muestras*



Figura N° 32: Muestras filtradas

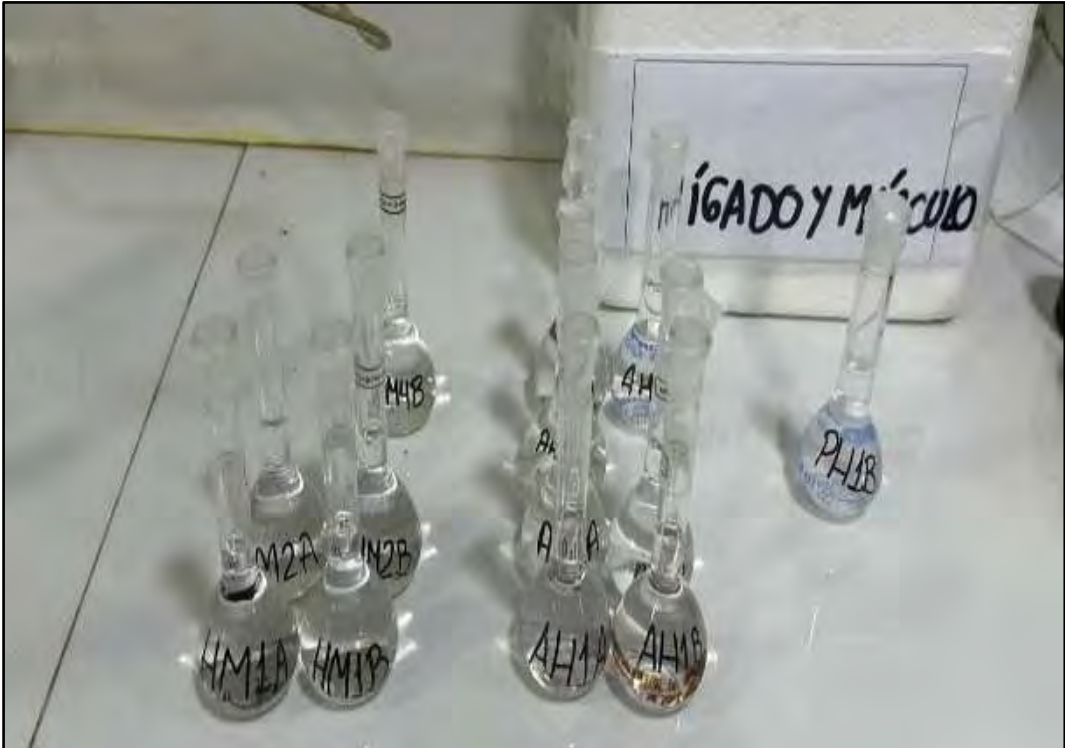


Figura N° 33: Total de muestras para la lectura



Figura N° 34: *Lectura de muestras*



Anexo 3. Resultados del informe de ensayo

Figura N° 35: Informe de resultados de cadmio en músculo



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





INFORME DE ENSAYO
N. Puno N° 1002 Jardín Botánico, Facultad de Farmacia y Bioquímica - UNMSM - Lima, Perú

PCB-014F001-V001
Fecha: 18/04/23

LABORATORIO:	Química instrumental / Área de instrumentación II	N°	021-2845
---------------------	---	-----------	----------

I. IDENTIFICACIÓN DEL SOLICITANTE	
1.1. Solicitante:	CIUNTO TTACCA HILDA
1.2. DNE:	74450049

II. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA (POR EL SOLICITANTE)	
2.1. Descripción de la muestra:	Hígado y músculo de codorno
2.2. Cantidad enviada:	100 gramos apesca.

III. DATOS DE CONTROL	
3.1. Fecha de recepción:	4/08/2023
3.2. Fecha de inicio del ensayo:	4/08/2023
3.3. Fecha de término del ensayo:	17/09/2023
3.4. Fecha de emisión del informe:	17/09/2023
3.5. Período de custodia de conservación:	03 meses

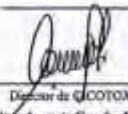
IV. RESULTADOS DEL INFORME DE ENSAYO																																																							
4.1. Metodología:	Espectrofotometría de absorción atómica- Hornos de grafito																																																						
4.2. Resultados:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>N° ANALISIS</th> <th>MUESTRA</th> <th>TIPO DE ANALISIS</th> <th>RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>99791</td><td>PAMPUTA (MUSCULO-M1)</td><td>Cadmio</td><td>0.010 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99792</td><td>PAMPUTA (MUSCULO-M2)</td><td>Cadmio</td><td>0.005 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99793</td><td>PAMPUTA (MUSCULO-M3)</td><td>Cadmio</td><td>0.002 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99794</td><td>PAMPUTA (MUSCULO-M4)</td><td>Cadmio</td><td>0.007 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99795</td><td>HUANCURE (MUSCULO-M1)</td><td>Cadmio</td><td>0.001 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99796</td><td>HUANCURE (MUSCULO-M2)</td><td>Cadmio</td><td>0.002 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99797</td><td>HUANCURE (MUSCULO-M3)</td><td>Cadmio</td><td>0.006 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99798</td><td>HUANCURE (MUSCULO-M4)</td><td>Cadmio</td><td>0.002 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99799</td><td>ANCHAPILLAY (MUSCULO-M1)</td><td>Cadmio</td><td>0.003 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99800</td><td>ANCHAPILLAY (MUSCULO-M2)</td><td>Cadmio</td><td>0.004 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99801</td><td>ANCHAPILLAY (MUSCULO-M3)</td><td>Cadmio</td><td>0.002 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99802</td><td>ANCHAPILLAY (MUSCULO-M4)</td><td>Cadmio</td><td>0.002 mg/Kg</td></tr> </tbody> </table>			N° ANALISIS	MUESTRA	TIPO DE ANALISIS	RESULTADO	99791	PAMPUTA (MUSCULO-M1)	Cadmio	0.010 mg/Kg	99792	PAMPUTA (MUSCULO-M2)	Cadmio	0.005 mg/Kg	99793	PAMPUTA (MUSCULO-M3)	Cadmio	0.002 mg/Kg	99794	PAMPUTA (MUSCULO-M4)	Cadmio	0.007 mg/Kg	99795	HUANCURE (MUSCULO-M1)	Cadmio	0.001 mg/Kg	99796	HUANCURE (MUSCULO-M2)	Cadmio	0.002 mg/Kg	99797	HUANCURE (MUSCULO-M3)	Cadmio	0.006 mg/Kg	99798	HUANCURE (MUSCULO-M4)	Cadmio	0.002 mg/Kg	99799	ANCHAPILLAY (MUSCULO-M1)	Cadmio	0.003 mg/Kg	99800	ANCHAPILLAY (MUSCULO-M2)	Cadmio	0.004 mg/Kg	99801	ANCHAPILLAY (MUSCULO-M3)	Cadmio	0.002 mg/Kg	99802	ANCHAPILLAY (MUSCULO-M4)	Cadmio	0.002 mg/Kg
N° ANALISIS	MUESTRA	TIPO DE ANALISIS	RESULTADO																																																				
99791	PAMPUTA (MUSCULO-M1)	Cadmio	0.010 mg/Kg																																																				
99792	PAMPUTA (MUSCULO-M2)	Cadmio	0.005 mg/Kg																																																				
99793	PAMPUTA (MUSCULO-M3)	Cadmio	0.002 mg/Kg																																																				
99794	PAMPUTA (MUSCULO-M4)	Cadmio	0.007 mg/Kg																																																				
99795	HUANCURE (MUSCULO-M1)	Cadmio	0.001 mg/Kg																																																				
99796	HUANCURE (MUSCULO-M2)	Cadmio	0.002 mg/Kg																																																				
99797	HUANCURE (MUSCULO-M3)	Cadmio	0.006 mg/Kg																																																				
99798	HUANCURE (MUSCULO-M4)	Cadmio	0.002 mg/Kg																																																				
99799	ANCHAPILLAY (MUSCULO-M1)	Cadmio	0.003 mg/Kg																																																				
99800	ANCHAPILLAY (MUSCULO-M2)	Cadmio	0.004 mg/Kg																																																				
99801	ANCHAPILLAY (MUSCULO-M3)	Cadmio	0.002 mg/Kg																																																				
99802	ANCHAPILLAY (MUSCULO-M4)	Cadmio	0.002 mg/Kg																																																				

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD	
El material evaluado fue proporcionado directamente por el cliente. El laboratorio no participó en su selección, recolección ni conservación previa, por lo que la validez de los resultados se encuentra condicionada a la adecuada identificación, empaque y transporte del producto hasta su recepción en el laboratorio. Resultado no válido para procesos legales.	

OBSERVACIONES	
No se debe reproducir el informe de ensayo, sin la aprobación de CICOTOX. Este documento es válido solo para las muestras descritas. Los resultados de este informe no deben ser considerados como una declaración de inspección o una certificación de producto. Se recepcionará quejas hasta 90 días después de entregado los resultados.	



D.F. AMERICA FIGUEROA VARGAS
C.Q.F.P. 18579



Director de CICOTOX
Dr. César Augusto Canales Martínez
 Exp. Toxicología y Química Legal
 C.Q.F.P. N° 01374
 R.N.E. N° 984
 N° DNI 96269678



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

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

Figura N° 36: Informe de resultados de cadmio en hígado



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





INFORME DE ENSAYO

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico, Facultad de Farmacia y Bioquímica - UNMSM - Lima, Perú

PCR-0149301 V001
Fecha: 10/04/21

LABORATORIO:	Química instrumental / Área de instrumentación II	N°	811-2025
--------------	---	----	----------

I. IDENTIFICACIÓN DEL SOLICITANTE	
I.1. Solicitante:	CUJUNTO TITACCA, HILDA
I.2. DNE:	74450048

II. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA (POR EL SOLICITANTE)	
2.1. Descripción de la muestra:	Hígado y músculo de conejo
2.2. Cantidad enviada:	100 gramos aptos.

III. DATOS DE CONTROL	
3.1. Fecha de recepción:	4/03/2021
3.2. Fecha de inicio del ensayo:	4/03/2021
3.3. Fecha de término del ensayo:	17/03/2021
3.4. Fecha de emisión del informe:	17/03/2021
3.5. Período de custodia de contaminantes:	03 meses

IV. RESULTADOS DEL INFORME DE ENSAYO																																																					
4.1. Metodología:	Espectrofotometría de absorción atómica - Horno de grafito																																																				
4.2. Resultados:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>REF. ANALISIS</th> <th>MUESTRA</th> <th>TIPO DE ANALISIS</th> <th>RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>99801</td><td>PAMPUTA (HIGADO-M1)</td><td>Cadmio</td><td>0.039 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99804</td><td>PAMPUTA (HIGADO-M2)</td><td>Cadmio</td><td>0.050 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99805</td><td>PAMPUTA (HIGADO-M3)</td><td>Cadmio</td><td>0.066 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99806</td><td>PAMPUTA (HIGADO-M4)</td><td>Cadmio</td><td>0.046 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99807</td><td>SIJANCURSE (HIGADO-M1)</td><td>Cadmio</td><td>0.038 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99808</td><td>SIJANCURSE (HIGADO-M2)</td><td>Cadmio</td><td>0.017 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99809</td><td>SIJANCURSE (HIGADO-M3)</td><td>Cadmio</td><td>0.047 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99810</td><td>SIJANCURSE (HIGADO-M4)</td><td>Cadmio</td><td>0.028 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99811</td><td>ANCHAPILLAY (HIGADO-M1)</td><td>Cadmio</td><td>0.032 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99812</td><td>ANCHAPILLAY (HIGADO-M2)</td><td>Cadmio</td><td>0.060 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99813</td><td>ANCHAPILLAY (HIGADO-M3)</td><td>Cadmio</td><td>0.054 mg/Kg</td></tr> <tr><td>99814</td><td>ANCHAPILLAY (HIGADO-M4)</td><td>Cadmio</td><td>0.027 mg/Kg</td></tr> </tbody> </table>	REF. ANALISIS	MUESTRA	TIPO DE ANALISIS	RESULTADO	99801	PAMPUTA (HIGADO-M1)	Cadmio	0.039 mg/Kg	99804	PAMPUTA (HIGADO-M2)	Cadmio	0.050 mg/Kg	99805	PAMPUTA (HIGADO-M3)	Cadmio	0.066 mg/Kg	99806	PAMPUTA (HIGADO-M4)	Cadmio	0.046 mg/Kg	99807	SIJANCURSE (HIGADO-M1)	Cadmio	0.038 mg/Kg	99808	SIJANCURSE (HIGADO-M2)	Cadmio	0.017 mg/Kg	99809	SIJANCURSE (HIGADO-M3)	Cadmio	0.047 mg/Kg	99810	SIJANCURSE (HIGADO-M4)	Cadmio	0.028 mg/Kg	99811	ANCHAPILLAY (HIGADO-M1)	Cadmio	0.032 mg/Kg	99812	ANCHAPILLAY (HIGADO-M2)	Cadmio	0.060 mg/Kg	99813	ANCHAPILLAY (HIGADO-M3)	Cadmio	0.054 mg/Kg	99814	ANCHAPILLAY (HIGADO-M4)	Cadmio	0.027 mg/Kg
REF. ANALISIS	MUESTRA	TIPO DE ANALISIS	RESULTADO																																																		
99801	PAMPUTA (HIGADO-M1)	Cadmio	0.039 mg/Kg																																																		
99804	PAMPUTA (HIGADO-M2)	Cadmio	0.050 mg/Kg																																																		
99805	PAMPUTA (HIGADO-M3)	Cadmio	0.066 mg/Kg																																																		
99806	PAMPUTA (HIGADO-M4)	Cadmio	0.046 mg/Kg																																																		
99807	SIJANCURSE (HIGADO-M1)	Cadmio	0.038 mg/Kg																																																		
99808	SIJANCURSE (HIGADO-M2)	Cadmio	0.017 mg/Kg																																																		
99809	SIJANCURSE (HIGADO-M3)	Cadmio	0.047 mg/Kg																																																		
99810	SIJANCURSE (HIGADO-M4)	Cadmio	0.028 mg/Kg																																																		
99811	ANCHAPILLAY (HIGADO-M1)	Cadmio	0.032 mg/Kg																																																		
99812	ANCHAPILLAY (HIGADO-M2)	Cadmio	0.060 mg/Kg																																																		
99813	ANCHAPILLAY (HIGADO-M3)	Cadmio	0.054 mg/Kg																																																		
99814	ANCHAPILLAY (HIGADO-M4)	Cadmio	0.027 mg/Kg																																																		

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

El material evaluado fue proporcionado directamente por el cliente. El laboratorio no participó en su selección, recolección ni conservación previa, por lo que la validez de los resultados se encuentra condicionada a la adecuada identificación, empaque y transporte del producto hasta su recepción en el laboratorio. Resultado no válido para procesos legales.

OBSERVACIONES

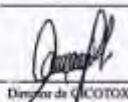
No se debe reproducir el informe de ensayo, sin la aprobación de CICOTOX.
 Este documento es válido solo para las muestras descritas.
 Los resultados de este informe no deben ser considerados como una declaración de inspección o una certificación de producto.
 Se recepcionará quejras hasta 90 días después de emitido los resultados.

FINAL DEL DOCUMENTO



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

Pág. 4 de 4



Director de CICOTOX
 Dr. César Augusto Canales Martínez
 Exp. Toxicología y Química Legal
 C.Q.F.P. N° 81374
 R.N.E. N° 884
 N° DNI 86269678



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

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

Figura N° 37: Informe de resultados de plomo en músculo



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





INFORME DE ENSAYO

Jr. Puro N° 1002 Jardín Botánico, Facultad de Farmacia y Bioquímica - UNMSM - Lima, Perú

FOE-001903 Vali
Fecha: 30/04/23

LABORATORIO:	Química instrumental / Área de instrumentación II	N°	021-2025
---------------------	---	-----------	----------

I. IDENTIFICACIÓN DEL SOLICITANTE

I.1. Solicitante: CUJUNTO TTACCA JILDA

I.2. DNI: 74430449

II. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA (POR EL SOLICITANTE)

II.1. Descripción de la muestra: Hígado y músculo de conejo

II.2. Cantidad enviada: 100 gramos aprox.

III. DATOS DE CONTROL

III.1. Fecha de recepción: 4/08/2023

III.2. Fecha de inicio del ensayo: 4/08/2023

III.3. Fecha de término del ensayo: 17/09/2023

III.4. Fecha de emisión del informe: 17/09/2023

III.5. Período de custodia de contramuestra: 03 meses

IV. RESULTADOS DEL INFORME DE ENSAYO

4.1. Metodología: Espectrofotometría de absorción atómica - Horno de grafito

4.2. Resultados:

N° ANALISIS	MUESTRA	TIPO DE ANALISIS	RESULTADO
99767	PAMPUTA (MUSCULO-MI)	Plomo	0.099 mg/Kg
99768	PAMPUTA (MUSCULO-MI)	Plomo	0.283 mg/Kg
99769	PAMPUTA (MUSCULO-MI)	Plomo	0.320 mg/Kg
99770	PAMPUTA (MUSCULO-MI)	Plomo	0.309 mg/Kg
99771	HUANCUBI (MUSCULO-MI)	Plomo	0.276 mg/Kg
99772	HUANCUBI (MUSCULO-MI)	Plomo	0.750 mg/Kg
99773	HUANCUBI (MUSCULO-MI)	Plomo	0.721 mg/Kg
99774	HUANCUBI (MUSCULO-MI)	Plomo	0.263 mg/Kg
99775	ANCHAPILAY (MUSCULO-MI)	Plomo	0.077 mg/Kg
99776	ANCHAPILAY (MUSCULO-MI)	Plomo	0.089 mg/Kg
99777	ANCHAPILAY (MUSCULO-MI)	Plomo	0.121 mg/Kg
99778	ANCHAPILAY (MUSCULO-MI)	Plomo	0.027 mg/Kg

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

El material evaluado fue proporcionado directamente por el cliente. El laboratorio no participó en su selección, recolección ni conservación previa, por lo que la validez de los resultados se encuentra condicionada a la adecuada identificación, manejo y transporte del producto hasta su recepción en el laboratorio. Resultado no válido para procesos legales.

OBSERVACIONES

No se debe reproducir el informe de ensayo, sin la aprobación de CICOTOX.

Este documento es válido solo para las muestras descritas.

Los resultados de este informe no deben ser considerados como una declaración de inspección o una certificación de producto.

Se recepcionará quejas hasta 90 días después de entregado los resultados.

FINAL DEL DOCUMENTO



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

Pág. 1 de 4



Director de CICOTOX
Dr. Gerardo A. Figueroa Vargas
Exp. Toxicología y Química Legal
C.Q.F.P. N° 81374
R.N.E. N° 684
N° DNI 06269679



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

Jr. Puro N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú
 Teléfono: (511) 328-7200 / Ap. Postal 4559 - Lima 1
 E-mail: cicotox.farmac@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe

Figura N° 38: Informe de resultados de plomo en hígado



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





INFORME DE ENSAYO

Jr. Puno N° 1002 Jardín Botánico, Facultad de Farmacia y Bioquímica - UNMSM - Lima, Perú

POE-0147801 (vii)
 Fecha: 30/04/25

LABORATORIO: Química Instrumental / Área de Instrumentación II

N° 021-2025

I. IDENTIFICACIÓN DEL SOLICITANTE

1.1. Solicitante: CUJUNTO TIACCA HILDA

1.2. DNI: 74450349

II. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA (POR EL SOLICITANTE)

2.1. Descripción de la muestra: Hígado y muestra de control

2.2. Cantidad enviada: 100 gramos apor.

III. DATOS DE CONTROL

3.1. Fecha de recepción: 4/06/2025

3.2. Fecha de inicio del ensayo: 4/06/2025

3.3. Fecha de término del ensayo: 17/06/2025

3.4. Fecha de emisión del informe: 17/06/2025

3.5. Período de control de contaminación: 01 semana

IV. RESULTADOS DEL INFORME DE ENSAYO

4.1. Metodología: Espectrofotometría de absorción atómica- Boro de grafita

4.2. Resultados:

N° ANALISIS	MUESTRA	TIPO DE ANALISIS	RESULTADO
99779	PAMPITA (HIGADO-MI)	Plomo	0.064 mg/Kg
99780	PAMPITA (HIGADO-MI)	Plomo	0.015 mg/Kg
99781	PAMPITA (HIGADO-MI)	Plomo	0.020 mg/Kg
99782	PAMPITA (HIGADO-MI)	Plomo	0.034 mg/Kg
99783	HELANCURE (HIGADO-MI)	Plomo	0.039 mg/Kg
99784	HELANCURE (HIGADO-MI)	Plomo	0.032 mg/Kg
99785	HELANCURE (HIGADO-MI)	Plomo	0.026 mg/Kg
99786	HELANCURE (HIGADO-MI)	Plomo	0.028 mg/Kg
99787	ANCHAPILAY (HIGADO-MI)	Plomo	0.010 mg/Kg
99788	ANCHAPILAY (HIGADO-MI)	Plomo	0.015 mg/Kg
99789	ANCHAPILAY (HIGADO-MI)	Plomo	0.008 mg/Kg
99790	ANCHAPILAY (HIGADO-MI)	Plomo	0.008 mg/Kg

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

El material evaluado fue proporcionado directamente por el cliente. El laboratorio no participó en su selección, recolección ni conservación previa, por lo que la validez de los resultados se encuentra condicionada a la adecuada identificación, manejo y transporte del producto hasta su recepción en el laboratorio. Resultado no válido para procesos legales.

OBSERVACIONES

No se debe reproducir el informe de ensayo, sin la aprobación de CICOTOX.

Este documento es válido solo para las muestras descritas.

Los resultados de este informe no deben ser considerados como una declaración de inspección o una certificación de producto.

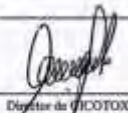
Se recomendará quejas hasta 90 días después de entregado los resultados.

FINAL DEL DOCUMENTO



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

Pág. 2 de 4



Dr. César Augusto Canales Martínez
 Exp. Toxicología y Química Legal
 C.Q.F.P. N° 81374
 R.N.E. N° 004
 N° DNI 06269670



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

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico - Lima 1 - Perú
 Teléfono: (51 1) 328-7700 / Ap. Postal 4559 - Lima 1
 E-mail: cicotox.farmacia@unmsm.edu.pe http://farmacia.unmsm.edu.pe