

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA



TESIS

**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN PASTOS Y SUERO SANGUÍNEO DE
ALPACAS DE LA COMUNIDAD DE PATACOLLANA DEL DISTRITO DE
CONDOROMA**

Presentada por:

Bach. Rodrigo Vera Huarca

Bach. Erika Nuñonca Ppacco

**Para Optar el Título Profesional de Médico
Veterinario**

ASESOR:

M.V.Z. MSc Leoncio Mamani Machaca

CUSCO – PERÚ

2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, asesor del trabajo de investigación /tesis titulada: **DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN PASTOS Y SUERO SANGUÍNEO DE ALPACAS DE LA COMUNIDAD DE PATACOLLANA DEL DISTRITO DE CONDOROMA**. Presentado por: **RODRIGO VERA HUARCA** con Nro. de DNI: 77799174, presentado por: **ERIKA NUÑONCA PPACCO** para optar el título profesional/grado académico de **MÉDICO VETERINARIO**, Informé que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Anti plagio, conforme al Art.6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9 %.

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 se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31 %	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica 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 la primera hoja del reporte del sistema Antiplagio.



Espinar, 09 de mayo de 2024

M.Sc. LEONCIO MAMANI MACHACA

Firma

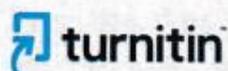
Nro. de DNI... 0124919...

ORCID del asesor: 0000-0002-1857-8295

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio turnitin.

2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:349797983



Identificación de reporte de similitud: oid:27259:349797983

NOMBRE DEL TRABAJO

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN PASTOS Y SUERO SANGUÍNEO DE ALPACAS DE LA COMUNIDAD DE PATAC COLL

AUTOR

Rodrigo Vera Huarca

RECUENTO DE PALABRAS

18571 Words

RECUENTO DE CARACTERES

98373 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

98 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.4MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 24, 2024 5:24 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 24, 2024 5:26 PM GMT-5

● **9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente

M. Sc. Leonardo Paniagua Machaca
Cespp 2398

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar por permitirme llegar a este punto de mi vida gozando de lo más preciado que tengo mis padres, hermanos, familia, salud y libertad.

A mi alma mater la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Escuela Profesional Medicina Veterinaria y a los distinguidos docentes por los conocimientos transmitidos durante mi formación profesional.

Lleno de regocijo, de amor y esperanza, dedico este proyecto, a las personas que han estado en esos momentos nostálgicos de mi vida

A mi padre Ing. Julio Z. Vera Caballero, quien, con su fuerza de voluntad, sus ganas de trabajar, esfuerzo, actitud, visión y cariño, han hecho que se forme en mi un criterio vasto de perspectivas de la vida, del trabajo y la responsabilidad que una persona de bien debe cumplir en la vida.

A mi madre Bernardita Huarca Morillo, quien ha perseverado en el papel de madre en todos los aspectos y han sabido ser ejemplo de altruismo y humildad en mi vida. Doy gracias por su atención que me ha brindado y por estar conmigo en las buenas y en las malas conservando en mi un sentimiento amable y armónico hacia la vida.

A mis hermanos Julio Cesar, Ferdinan, Diana y Alex, familiares y amigos quienes nos han dado su apoyo cuando lo he necesitado y solo esperan mi bienestar a cambio, porque ellos han deseado siempre lo mejor para mí y nunca han faltado en los momentos cruciales de mi vida.

RODRIGO VERA HUARCA

A Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta de lo que pones en frente mío para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras.

A mi padre, ya paso muchos años desde que nací, desde ese momento e incluso antes de eso, ya estabas buscando maneras de ofrecerme lo mejor. Has trabajado duro, y sin importar que llegabas cansado de tu trabajo siempre tenías una sonrisa que ofrecer a tu familia. Las ayudas que me has brindado han formado bases de gran importancia, muchas gracias papá Tomas.

A mi madre dedico con todo mi corazón y amor esta tesis, pues sin ella no lo hubiese logrado. Su bendición diaria a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien por eso te doy mi trabajo en ofrenda por tu paciencia y sacrificio mamá Martina.

A mis hermanos, en especial a mi hermana Luz Marina, pues ella fue el especial cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mí el deseo de superación, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me lleva a admirarla cada día más. Gracias Dios por concederme la mejor de las hermanas.

ERIKA NUÑONCA PPACCO

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por albergarnos durante los años de estudio y darnos la oportunidad de superarnos como personas y profesionales.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria, por sus conocimientos impartidos en mi formación profesional.

Nuestra gratitud al M.V.Z. MSc Leoncio Mamani Machaca director de tesis, por brindarnos su gran amistad, apoyo y por compartir la gran sapiencia que logro acumular en todos estos años como profesional, investigador y persecutor de la verdad científica.

Al Ph.D. Julio Málaga Apaza, asesor y patrocinador del presente trabajo, por su orientación, acertada dirección, consejos y enseñanzas.

Al Qco. Percy Yaque López Mariluz responsable del laboratorio de la Universidad Mayor de San Marcos de Lima por colaborarnos en el procesamiento de las muestras obtenidas.

A la Municipalidad distrital de Condoroma por facilitarnos el laboratorio de dicha institución para el procesamiento de muestras.

A Cristiano Ronaldo por enseñarnos a nunca rendirnos, siempre superar las adversidades y perseverar en nuestros objetivos.

Finalmente, a todas las personas y amigos, que de alguna u otra manera contribuyeron a la culminación del presente trabajo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xii
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	xiii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	2
1.1 Descripción del Problema.....	2
1.1.1 Formulación del Problema.....	3
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
1.3 Justificación	3
1.4 Hipótesis	4
1.4.1 Hipótesis General.....	4

1.4.2	Hipótesis Específicas	5
CAPITULO II		6
2.1	Marco Teórico.....	6
2.1.1	Antecedentes de la Investigación.....	6
2.1.1.1	Antecedentes a Nivel Internacional y Nacional	6
2.2	Bases Teóricas	12
2.2.1	Situación de la Actividad Minera en el Perú	12
2.2.2	Situación de la Minería en la Región de Cusco	13
2.2.3	Situación de la Sociedad Minera de Responsabilidad Limitada Antonio Raymondi.....	14
2.2.4	Metales Pesados	15
2.2.4.1	Técnicas en Determinación de Metales Pesados.....	17
2.2.4.2	Determinación de Metales por absorción atómica - Horno de Grafito	18
2.2.4.3	Nivel toxico y consumo permisivo/seguro de metales pesados .	19
2.2.5	Plomo	20
2.2.5.1	Toxicidad.....	22
2.2.5.2	Toxicocinética del Pb.....	24
2.2.5.3	Toxicodinámica del Pb.....	31
2.2.5.4	Efectos Sobre la Salud por Exposición a Pb	31
2.2.6	Mercurio.....	32
2.2.6.1	Toxicidad.....	33
2.2.6.2	Toxicodinámica del Mercurio	35

2.2.7	Niveles máximos de metales pesados en piensos completos.....	36
2.2.8	Mecanismo de Transferencia (Suelo, pasto y sangre)	37
2.2.9	Alpaca	38
2.2.9.1	Especies consumidas con mayor frecuencia por alpacas	38
2.2.9.2	Contenido nutricional de las principales especies que consumen las alpacas en el bofedal.....	39
CAPITULO III.....		41
3.1	Diseño de la Investigación	41
3.1.1	Tipo de Investigación.....	41
3.2	Lugar y Ubicación del Estudio	41
3.2.1	Ubicación Política.....	41
3.2.2	Ubicación Geográfica	43
3.2.3	Extensión, Altitud y Localización:	43
3.3	Materiales de Estudio.....	43
3.3.1	Tamaño de Muestra.....	43
3.4	Procedimiento del Muestreo	44
3.4.1	Muestreo de Alpacas.....	44
3.4.2	Muestreo de Pastos	45
3.4.3	Criterios de Selección	46
3.4.3.1	Criterios de Inclusión	46
3.4.3.2	Criterios de Exclusión	46
3.4.4	Materiales para la Toma de Muestra.....	46
3.4.5	Materiales para la obtención de suero sanguíneo	47

3.4.6	Materiales, Reactivos, Equipos de Laboratorio (Equipos e Instrumentos)	47
3.4.6.1	Materiales	47
3.4.6.2	Reactivos	48
3.4.6.3	Equipos	48
3.4.6.4	Límites de detección y métodos	49
3.5	Identificación de Variables	49
3.6	Diseño Estadístico	49
3.7	Procesamiento de la información	50
CAPITULO IV		51
4.1	Resultados y Discusión	51
4.1.1	Niveles de plomo en suero sanguíneo en alpacas jóvenes, adultas, primíparas y multíparas	51
4.1.2	Niveles de Mercurio en suero sanguíneo en alpacas jóvenes, adultos, primíparas y multíparas	53
4.1.3	Niveles de plomo en zonas de pastizales	54
4.1.4	Niveles de mercurio en zonas de pastizales	57
CONCLUSIONES		59
RECOMENDACIONES		60
BIBLIOGRAFÍA		61
ANEXOS		70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Niveles tóxicos permitidos para consumo humano de metales pesados.	20
Tabla 2 Contenido de plomo en productos de consumo.	22
Tabla 3 Niveles máximos de metales pesados en materia prima.	37
Tabla 4 Principales especies de plantas consumidas por las alpacas.	39
Tabla 5 Contenido nutricional de especies de pastos de mayor consumo por alpacas en época seca del año.	40
Tabla 6 Distribución de las muestras para análisis de plomo y mercurio en pastos y suero sanguíneo de alpacas.	44
Tabla 7 Operacionalización de variables.	49
Tabla 8 Niveles de concentración de plomo (mg/L) en suero sanguíneo en alpacas.	51
Tabla 9 Niveles de mercurio en suero sanguíneo de alpacas Condoroma Espinar.	53
Tabla 10 Niveles de plomo (mg/kg) en zona de pastizales.	55
Tabla 11 Niveles de mercurio (mg/kg) en zona de pastizales.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución del Plomo, Modelo de los Tres Compartimentos en el Organismo.	25
Figura 2 Mapa de Perú y Espinar.	42
Figura 3 Mapa de Condoroma.	42
Figura 4 Niveles de plomo en suero sanguíneo de alpacas.	84
Figura 5 Niveles de mercurio en suero sanguíneo de alpacas.	84
Figura 6 Niveles de plomo en pastizales.	84
Figura 7 Niveles de mercurio en zona de pastizales.	85

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Codificación de Muestras y Resultados de Niveles de Metales Pesados.</i>	70
Anexo 2 <i>Resultados de laboratorio.</i>	74
Anexo 3 <i>Concentraciones de plomo y mercurio en suero sanguíneo de alpacas y pastos.</i>	84
Anexo 4 <i>Panel fotográfico.</i>	86

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 <i>Animales y materiales de muestreo.</i>	86
Imagen 2 <i>Muestreo de alpacas jóvenes.</i>	86
Imagen 3 <i>Muestreo de alpacas Primíparas.</i>	87
Imagen 4 <i>muestreo de alpacas adultas</i>	87
Imagen 5 <i>Muestreo de alpacas múltiparas</i>	88
Imagen 6 <i>Traslado de muestras.</i>	88
Imagen 7 <i>Centrifuga</i>	89
Imagen 8 <i>Centrifugación de las muestras.</i>	89
Imagen 9 <i>Muestra de sangre y suero sanguíneo.</i>	90
Imagen 10 <i>Rotulación de las muestras.</i>	90
Imagen 11 <i>Recolección de pastos de zonas bofedales.</i>	91
Imagen 12 <i>Recolección de pastos de zonas secanos.</i>	91
Imagen 13 <i>Envío de muestras</i>	92

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ATP	: Adenosina Trifosfato.
ANOVA	: Análisis de Varianza.
As	: Arsénico.
ATSDR	: Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades
a.c	: Antes de Cristo.
BSA	: Bocamina San Antonio.
BT	: Bocamina Tangana.
CaNa ₂ Edta	: Edetato de calcio disódico.
Co	: Cobalto.
Cr	: Cromo.
Cu	: Cobre.
Cd	: Cadmio.
CENAGRO	: Censo Nacional Agropecuario
CdCl ₂	: Cloruro de Cadmio.
COT	: Comité de Toxicología.
DS	: Dispersión.
dl	: Decilitro.
Ejs	: Ejemplos.

EAA	: Espectrofotometría de Absorción Atómica.
ECA	: Estándares de Calidad Ambiental.
EDTA	: Acido Etilendiaminotetraacético.
FAO	: La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
g	: Gramo.
HgCl ₂	: Cloruro de Mercurio.
Hg	: Mercurio.
HNO ₃	: Acido Oxonítrico.
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
IUPAC	: Unión Internacional de Química Pura y Aplicada.
Kg	: Kilogramo.
Km	: Kilometro.
L	: Litro.
MINSA	: Ministerio de Salud.
Mo	: Molibdeno.
Mn	: Manganeso.
ME	: Método.
mg	: Miligramo.
Min	: Mínimo.
Max	: Máximo.
ml	: mililitro.
mol	: Moles.

N°	: Numero.
NE	: Noreste.
Ni	: Níquel.
OMS	: Organización Mundial de la Salud.
Pb	: Plomo.
Ppm	: Partes por millón.
SNC	: Sistema Nervioso Central.
SH	: Sulhídrico.
SO	: Suroeste.
Sn	: Estaño.
Se	: Selenio.
Sem	: Semanas.
SAIS	: Sociedad Agrícola de Interés Social.
UE	: Unión Europea.
USAQ	: Unidad de Servicios de Análisis Químicos.
UTM	: Universal Transversal de Mercator.
µm	: Micrómetro.
µg	: Microgramo.
µ	: Microgramos.
Vit	: Vitamina.
WGS 84	: Sistema Geodésico Mundial.
Zn	: Zinc.

RESUMEN

La presente investigación fue realizada en la Comunidad de Patacollana Distrito de Condoroma, con el objetivo de determinar los niveles de plomo y mercurio en suero sanguíneo de alpacas y en los pastos de los bofedales y secano de la comunidad de Patacollana, las muestras fueron analizadas mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. La información fue analizada mediante ANOVA y comparación de medias con t-student. Los resultados de niveles promedios de concentración de plomo en suero sanguíneo fueron 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, el nivel de concentración media de mercurio en suero sanguíneo fueron 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, 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, los niveles de mercurio en zona de pastizales fueron 0.34 ± 0.29 y 0.46 ± 0.36 mg/Kg, para zonas bofedales y secano respectivamente. En conclusión, la concentración de plomo en suero sanguíneo de alpacas jóvenes, adultas y primíparas superan los límites establecidos por la OMS (0.05 mg/L) y la concentración de mercurio en suero sanguíneo de alpacas jóvenes, adultas, primíparas y multíparas superan los límites establecidos según OMS (0.01 mg/L). En pastos secanos y bofedales la concentración de plomo superan los limite establecidos por UE (0.1 mg/kg) y en pastos secanos y bofedales la concentración de mercurio superan los limite establecidos por UE (0.1 mg/kg). Por ello es que el consumo de pastos por las alpacas podría generar problemas de salud e intoxicación que por medio de la cadena trófica pone en riesgo la salud de las personas que, al consumir sangre, carne y viseras.

Palabras clave: Alpacas, metales pesados, suero sanguíneo, pastos, mercurio, plomo.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Community of Patacollana District of Condoroma, with the objective of determining the levels of lead and mercury in the blood serum of alpacas and in the pastures of the wetlands and drylands of the community of Patacollana, the samples were analyzed using the technique of atomic absorption spectrophotometry with a graphite furnace. The information was analyzed using ANOVA and comparison of means with tstudent. The results of mean blood serum lead concentration levels were 0.05 ± 0.03 , 0.06 ± 0.03 , 0.05 ± 0.03 and 0.04 ± 0.02 mg/L for young, adult, primiparous and multiparous alpacas respectively, the mean mercury concentration level in blood serum were 0.098 ± 0.06 , 0.148 ± 0.04 , 0.073 ± 0.06 and 0.101 ± 0.05 mg/L, for young, adult, primiparous and multiparous alpacas respectively, the average lead concentration levels in grassland areas were 0.70 ± 0.19 and 0.57 ± 0.27 mg/Kg, for wetlands and dryland areas respectively, the mercury levels in grassland areas were 0.34 ± 0.29 and 0.46 ± 0.36 mg/Kg, for wetlands and dryland areas respectively. In conclusion, the concentration of lead in blood serum of young, adult and primiparous alpacas exceeds the limits established by the WHO (0.05 mg/L) and the concentration of mercury in blood serum of young, adult, primiparous and multiparous alpacas exceeds the limits. established according to WHO (0.01 mg/L). In dry pastures and wetlands, the concentration of lead exceeds the limits established by the EU (0.1 mg/kg) and in dry pastures and wetlands the concentration of mercury exceeds the limits established by the EU (0.1 mg/kg). Therefore, it can be concluded that the consumption of grass by alpacas could generate health problems and poisoning that, through the food chain, puts the health of people at risk by consuming blood, meat and visors.

Key words: Alpacas, heavy metals, blood serum, grasses, mercury, lead.

INTRODUCCIÓN

En momentos actuales, se observa la expansión de la minería en el ámbito donde se desarrolla el sector agropecuario, el cual viene siendo contaminado por metales pesados a través de los ríos y a través de la polución contaminando los pastos, que son utilizados en el pastoreo de camélidos sudamericanos, y así mediante cadena trófica la salud humana se encuentra en riesgo. La actividad fundamental de las familias del distrito de Condorama es la crianza de alpacas; mientras las llamas y ovinos como crianza complementaria. El ingreso económico es por venta de carne y fibra, por estas particularidades de altura determinantes de la zona. Donde la fibra constituye la mayor potencialidad económica en la comercialización a la industria textil.

Los metales tóxicos como el plomo y mercurio, además de ejercer efectos tóxicos, pueden transferirse mediante la cadena trófica y ser un factor de riesgo en la salud pública; causando efectos negativos sobre la salud humana, tales como daños a nivel del sistema nervioso central, en la función hepática y renal, en el sistema músculo-esquelético, en la función reproductiva, alteraciones mutagénicas, efectos carcinogénicos e inmunológicos, específicamente en los infantes y adultos mayores a 60 años, que representan las poblaciones más sensibles a dichos efectos. El Pb una vez ingerido, se distribuye en el organismo acumulándose en diversos tejidos: cerebro, hígado, riñones y huesos, generando 143.000 muertes al año y 600.000 casos de discapacidad intelectual en personas (OMS, 2014).

Existen varios estudios sobre acumulación de metales pesados en músculo de vacas, ovejas, cerdos, búfalos, cabras, venados, pollos, pescado, tiburones; sin embargo, son muy escasos los estudios relacionados a la absorción de elementos tóxicos en la sangre de animales como la alpaca.

CAPITULO I

1.1 Descripción del Problema

La contaminación de las praderas nativas por metales pesados mediante el uso de aguas de los ríos y por el arrastre de precipitaciones pluviales entra en la cadena trófica alimentaria por ende afectando la salud pública. La zona de estudio que es la Comunidad de Patacollana, en la cual existen plantas procesadoras de minerales de diferentes empresas, donde las áreas de pastizales de alpacas se encuentran afectada por vertiente de agua de origen de los nevados de Machullacta Condoroma continuando hacia Machukoya, Antonio Raymondi y áreas de bofedales de la zona de estudio y posteriormente confluye a la represa Condoroma y que está dentro de la cuenca hidrográfica Camaná (Autoridad Autónoma de Majes, 2017). De esta manera los pastos contaminados son consumidos por las alpacas causando en estas muertes embrionarias, abortos y crías débiles. Por otro lado, la zona se encuentra en el corredor económico minero desde las Bambas, Hudbay y Antapacay (Abancay-Espinar), lo cual se atribuye que existe emisión de metales producidos por los vehículos que circulan durante las 24 horas; lo cual es un factor de riesgo para los consumidores de carne, como fresca y/o charqui, que en tiempo se bioacumula en el organismo. En la presente investigación se comprobará si los niveles de metales pesados superan los límites máximos permisibles en el suero sanguíneo, que según la OMS es de 0.05mg/L para plomo y 0.01 mg/L para mercurio; si estos niveles de concentración superan los límites máximos permisibles será un riesgo en la cadena alimenticia, ya que en el transcurrir del tiempo podría ser un problema en la salud pública.

1.1.1 Formulación del Problema

¿Cuánto será la concentración de plomo y mercurio en pastos y suero sanguíneo de alpacas de la comunidad de Patacollana del distrito de Condoroma – 2022?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Determinar la concentración de metales pesados en pastos y suero sanguíneo de alpacas de la comunidad de Patacollana del Distrito de Condoroma.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar los niveles de plomo y mercurio (mg/kg) en los pastos bofedales y seco de la comunidad de Patacollana del distrito de Condoroma.
- Determinar los niveles de plomo y mercurio (mg/L) en el suero sanguíneo de alpacas jóvenes y adultas de la comunidad de Patacollana del distrito de Condoroma.
- Determinar los niveles de plomo y mercurio (mg/L) en el suero sanguíneo de alpacas primíparas y multíparas de la comunidad de Patacollana del distrito de Condoroma.

1.3 Justificación

¿Para qué investigar los niveles de concentración de metales pesados?

El presente trabajo pretende contribuir al conocimiento científico de las intoxicaciones por metales pesados y sentar las bases sobre la situación real de algunos contaminantes, en especial de metales tóxicos presentes en la sangre y bioacumulación en los órganos dispuestos para el consumo humano en los mercados de abasto. Hasta donde es conocido, no se han realizado investigaciones en relación con el contenido de metales pesados en suero sanguíneo y en diferentes alimentos procedentes de la comunidad de

Patacollana, especialmente en la carne de alpaca para consumo humano y a los procesos industriales para su transformación.

Por esta razón y tratándose de un problema de salud pública, puesto que no existen datos, que nos permite cuantificar los niveles de metales tóxicos en suero sanguíneo y por ende en la carne de consumo público en comunidades del distrito de Condoroma, provincia de Espinar de la región Cusco, la cual ha inducido a realizar el presente trabajo, el mismo que contribuirá en acciones preventivas y poder llegar a posibles soluciones de bienestar social.

La presencia de plomo en suero sanguíneo y por ende la carne representa un peligro, ya que es un indicador que el animal está acumulando en su organismo metales pesados que, al consumir esta carne de alpacas, los consumidores están expuestos a la toxicidad. Si es que sobrepasan los límites máximos permisibles en el suero sanguíneo, que según la OMS es de 0.05mg/L para plomo y 0.01 mg/L para mercurio. Ya que en estudios realizados en la carne de vacunos se han encontrado niveles mayores a los límites permisibles según la legislación nacional e internacional (Nava, 2011).

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis General

La concentración de metales pesados en el pasto y suero sanguíneo de alpacas de la comunidad de Patacollana del distrito de Condoroma, superan los límites máximos permisibles establecidas según la Organización Mundial de la Salud (OMS).

1.4.2 Hipótesis Específicas

- Los niveles de plomo y mercurio en los pastos de los bofedales y secano de la comunidad de Patacollana del distrito de Condoroma, sobrepasan los límites máximos permisibles establecidas por la Unión Europea.
- Los niveles de plomo y mercurio en el suero sanguíneo de alpacas jóvenes y adultas de la comunidad de Patacollana del distrito de Condoroma, sobrepasan los límites máximos permisibles establecidas por la Organización Mundial de la Salud.
- Los niveles de plomo y mercurio en el suero sanguíneo de alpacas primíparas y multíparas de la comunidad de Patacollana del distrito de Condoroma sobrepasan los límites máximos permisibles establecidas por la Organización Mundial de la Salud.

CAPITULO II

2.1 Marco Teórico

2.1.1 *Antecedentes de la Investigación*

2.1.1.1 **Antecedentes a Nivel Internacional y Nacional**

Con el propósito de evaluar los niveles de acumulación y transmisión de plomo desde el suelo hacia el pasto y la leche de vacas en la estación experimental "El Mantaro", se presentan los siguientes promedios de concentración de plomo encontrados: 83.979 mg/kg en suelo, 5.5265 mg/kg en pasto y 0.01571 mg/kg en leche. Además, se observaron niveles promedio de transmisión de plomo del suelo al pasto de 0.194 y niveles de acumulación promedio del suelo al pasto de 0.0913. Estos resultados indican que el nivel medio de plomo en el pasto podría representar riesgos para la salud y causar intoxicación en el ganado que lo consuma (Quijada, 2021).

En un estudio dirigido a determinar la presencia de metales pesados y la caracterización de suelos, así como la percepción de los productores de irrigación en el Canal N - Cupi, sobre la contaminación de los recursos naturales en la cuenca Llallímayo, se encontraron niveles de mercurio de 259 y 249 mg/kg en ambas zonas, los cuales exceden los estándares de calidad ambiental establecidos en 6.6 mg/kg según el ECA. Se concluye que el mercurio supera los estándares ambientales, lo que afecta los suelos de fertilidad media. Los productores identifican las actividades mineras como la principal fuente de contaminación de los recursos hídricos y del suelo (Cano, 2021).

Al analizar los niveles de plomo en suelos agrícolas y en pastos cultivados mediante irrigación con agua proveniente de ríos contaminados por la actividad minera, se encontró

que en los suelos con *L. x hybridum* y *M. sativa*, el contenido promedio de plomo fue de 57.17 mg/kg y

57.19 mg/kg respectivamente. En los tejidos vegetales sobre el suelo, los niveles promedio fueron de 1.17 mg/kg y 1.62 mg/kg, respectivamente. Además, no se observaron diferencias significativas en los niveles de plomo entre el suelo y los tejidos vegetales. Por lo tanto, se concluyó que el riego a largo plazo con agua contaminada no representa una preocupación para los agricultores en el Valle del Mantaro (Orellana *et al.*, 2019).

Los estudios realizados sobre la concentración de cadmio y plomo en agua y suelo en pastos naturales de las bocaminas San Antonio (BSA) y Tangana (BT) en la comunidad de Huachocolpa, Huancavelica en 2018, revelan lo siguiente en los pastos naturales de la BSA: para el pasto estrella, se encontraron concentraciones de Cd de 0.4274 mg/kg y de Pb de 0.3101 mg/kg; mientras que para el crespillo, las concentraciones fueron de Cd de 5.3495 mg/kg y de Pb de 7.7008 mg/kg. En la BT, se registraron concentraciones de Cd de 0.2287 mg/kg y de Pb de 0.2274 mg/kg para la mullaca, y de Cd de 0.1578 mg/kg y de Pb de 0.0565 mg/kg para el huacchor. Se concluye que el plomo supera los niveles permisibles en los pastos naturales (Acharte, 2018).

En Colombia, se detectaron 28 terneros mestizos (Cebú Holstein) de entre 1 y 1 ½ años de edad, que estaban intoxicados y que pastaban en las cercanías de una fábrica de baterías. Los niveles de plomo encontrados en las vísceras, la sangre y el agua son indicativos si se consideran como niveles tóxicos aquellos que exceden los siguientes valores: 10 ppm en las vísceras, 0.35 ppm en la sangre y 0.50 ug/ml en el agua. Es importante destacar que los niveles encontrados en las vísceras de los bovinos fueron elevados, y, además, en la

sangre superaron los límites máximos permisibles establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Martinez *et al.*, 2018).

En el distrito de Ananea, se llevó a cabo un estudio con el propósito de determinar las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en pastos, fibra, carne y vísceras de alpacas criadas en áreas con actividad minera. Se tomaron muestras de pasto en áreas de pastoreo, fibra del costillar medio, carne y vísceras de animales beneficiados. Los niveles de metales pesados encontrados en el pasto fueron los siguientes: Hg, Cd y As con 0.001996, 0.001623 y 0.001606 mg/kg respectivamente; mientras que el plomo fue de 0.000884 mg/kg. En cuanto a la concentración de mercurio en el hueso, hígado, muslo, pulmón y riñón, se registraron valores de 2.092, 2.061, 1.979, 1.925 y 1.919 $\mu\text{g}/\text{kg}$ respectivamente. En conclusión, se confirmó la presencia de todos los metales estudiados en la fibra de alpaca. No se detectó la presencia de plomo en los pastos, mientras que en la carne y vísceras de alpaca solo se encontraron cadmio y mercurio (Huanqui, 2018).

En un estudio experimental realizado en el Laboratorio de Genotoxicidad Ambiental de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo, se buscó medir los niveles de acumulación de cadmio y plomo en el tallo de *Cortaderia rudiusscula* Stapf, también conocida como "cortadera". Se encontró que el tallo de *C. rudiusscula* presenta una capacidad acumulativa de plomo de 0.4780 ppm, lo que sugiere que podría ser empleado en planes de fitorremediación ambiental. Sin embargo, para el cadmio se registró un valor de 0.0462 ppm (Anticona y Arteaga, 2018).

Se realizaron evaluaciones de los niveles de mercurio en sangre de vicuñas en cinco localidades de Apolobamba, La Paz, Bolivia. Los resultados mostraron similitudes entre las localidades en las serranías con actividad minera (0.12 a 0.15 $\mu\text{g}/\text{l}$) y aquellas en las pampas

sin actividad minera (0.12 a 0.14 $\mu\text{g/l}$), posiblemente debido a que las pampas son naturalmente irrigadas por aguas provenientes de las serranías mencionadas. En la comunidad de Cañuhuma en la serranía, donde no hay actividad minera, los niveles de mercurio en sangre de vicuñas fueron entre los más bajos (0.10 y 0.12 $\mu\text{g/l}$), aunque no mostraron diferencias significativas en comparación con los niveles de mercurio (0.12 a 0.15 $\mu\text{g/l}$) en otras localidades cercanas con actividad minera. En conclusión, no se observaron diferencias significativas en las variables estudiadas (Saavedra, 2018).

El objetivo del estudio fue evaluar la concentración de Cd, Cu, Pb, Mo y Zn en diferentes tejidos de ganado bovino, así como en suelos, pastos y aguas utilizadas para su consumo en zonas altamente contaminadas del municipio de Tibú, Colombia. Los resultados mostraron que el 82% de las muestras de hígado, el 52% de músculo, el 49% de piel, el 60% de riñón y el 55% de sangre

(0.680 mg/kg) superaron las concentraciones máximas de plomo establecidas por las normativas. Respecto a las concentraciones de plomo en suelo, pasto y agua, estas fueron (mínimo 0.010, máximo 0.010); (mínimo 0.32, máximo 0.42); (mínimo 0.010, máximo 0.010) respectivamente. Por lo tanto, el ganado consumido en las áreas investigadas representa un grave peligro para la salud de la población que lo consume (Arrieta, 2017).

En el estudio llevado a cabo en "Túpac Amaru", Casaracra, que abarca territorios de las provincias de Junín y Yauli en la región Junín, se tuvo como objetivo determinar el nivel de plomo en sangre y su efecto en el peso y la alzada al nacer en ovinos de la S.A.I.S. durante las épocas de parto. Los resultados obtenidos mostraron que la concentración promedio de plomo en sangre fue de 0.054 mg/l, lo que representa aproximadamente la mitad del nivel recomendado para niños (10 $\mu\text{g/dl}$), establecido como el límite máximo permitido por la

Organización Mundial de la Salud (OMS). En cuanto al peso y la alzada promedio al nacer, estos fueron de 3.45 ± 0.23 kg y 35.13 ± 0.81 cm respectivamente (Villalva, 2016).

En India, se diagnosticó intoxicación por plomo relacionada con residuos del reciclaje de baterías en un pequeño rebaño de ganado Holstein. En este brote, 10 animales mostraron signos clínicos de envenenamiento por plomo, de los cuales 5 murieron y los otros fueron salvados mediante terapia quelante con CaNa_2EDTA . El nivel medio de plomo en sangre de los bovinos clínicamente intoxicados fue de 0.624 mg/kg, con niveles que variaron entre 0.320 y 1.300 mg/kg. Los niveles de plomo en sangre y leche de 9 bovinos expuestos pero no afectados oscilaron entre 0.250 y 0.590 mg/kg, y de 0.060 a 0.290 mg/kg respectivamente. Por tanto, los productos de todo el ganado expuesto al plomo pueden no ser seguros para el consumo humano durante varias semanas, y se deben realizar análisis para garantizar su seguridad (Aslani *et al.*, 2012).

En un estudio sobre el efecto del mercurio en la función tiroidea en ovejas, se administró cloruro mercúrico a una dosis de 5 mg/kg/día durante ocho semanas. Se observó que en el día catorce se alcanzó la concentración más alta de mercurio en la sangre, que fue de 0.062 mg/L. Este hallazgo sugiere que el nivel de mercurio en la sangre de las ovejas excede el límite permisible. Como conclusión, se plantea que la ingesta de mercurio en ovejas podría ser perjudicial para la salud del animal, pudiendo desarrollar hipotiroidismo como resultado (Badiei *et al.*, 2010).

En Colombia, se llevaron a cabo estudios en condiciones de invernadero. Se mezcló el suelo agrícola hasta homogeneizarlo con soluciones de Cd (como CdCl_2 , Aldrich) y Hg (como HgCl_2 , Merck) para obtener concentraciones de 1, 5, 25 y 125 mg/kg. Estos estudios evaluaron el efecto del Cd y el Hg sobre la capacidad de bioacumulación y toxicidad de B.

dictyoneura. Para determinar el contenido de Hg, se utilizó el método de absorción atómica con vapor frío. Los resultados mostraron que la longitud de la plántula tratada con Hg fue de 43 y 46 mg/kg de Hg, lo que demuestra que *B. dictyoneura* es tolerante a estas concentraciones (Arroyave *et al.*, 2009).

Se realizaron estimaciones de los niveles de plomo en la sangre y la leche recolectadas de ganado vacuno y búfalo en tres áreas urbanas de la India. Se observó que las concentraciones medias de plomo en sangre estaban por encima de los niveles normales. La media más alta de plomo en sangre se encontró en Delhi/Ghaziabad (0.43 mg/kg), donde el 11.11% de las muestras contenían 0.80 mg/kg de plomo. Respecto a las concentraciones medias de plomo en la leche, fueron de 0.28 mg/kg en Ahmedabad, 0.28 mg/kg en Calcuta y 0.27 mg/kg en Delhi. Más del 50% de las muestras de leche de estas áreas tenían concentraciones de plomo más altas que los niveles de fondo sugeridos para la leche. Esto sugiere que los productos de estos vacunos no son adecuados para el consumo humano (Dwidevi y Swarup, 1995).

En la investigación sobre la presencia de mercurio en muestras ambientales y biológicas de una zona minera de oro en la región amazónica de Brasil, se midieron las concentraciones de mercurio total e inorgánico en agua, tejidos de peces y animales, así como en sangre, orina y cabello de miembros de las poblaciones locales. Se encontró que las concentraciones de mercurio en el agua de los ríos, los sedimentos y los peces eran elevadas en comparación con las zonas no contaminadas. El ganado vacuno y porcino criados en la zona y con acceso a los ríos contaminados mostraron concentraciones de mercurio de 0.1 a 1.28 µg/g y de 0.0117 a 0.0157 mg/l en cabello y sangre, respectivamente. Estos resultados fueron aproximadamente el doble de los medidos en muestras de animales de control. En

conclusión, los resultados indican una contaminación generalizada del medio ambiente por mercurio, con transferencia del metal a peces y animales utilizados como alimento, así como a los habitantes de la región, lo que afecta la salud pública

(Palheta y Taylor, 1995).

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 *Situación de la Actividad Minera en el Perú*

La minería es una actividad extractiva crucial que respalda gran parte de la industria manufacturera y joyera a nivel mundial. Además de su importancia económica, está intrínsecamente relacionada con las finanzas y el medio ambiente. La fluctuación en los precios de los minerales ha influido en la evolución de las bolsas mundiales en los últimos años. El Perú es un actor significativo en la industria minera, tanto en América Latina como a nivel global, debido a su producción y potencial minero. En la región, Latinoamérica ocupa el primer lugar en la producción de zinc, plomo, estaño, plata y oro, y el segundo lugar en la producción de cobre. A nivel mundial, el país destaca en la producción de plata (16.48%), ocupando el primer lugar, y se sitúa en el tercer lugar en zinc (12.15%), cobre (6.86%) y estaño. Además, se encuentra en el cuarto lugar en la producción de plomo (9.52%) y en el quinto lugar en oro (8.01%). Si bien la minería ha sido un motor importante para el crecimiento económico del Perú y ha generado ingresos fiscales significativos en su historia económica, también ha sido objeto de conflictos y ha tenido impactos ambientales preocupantes. Estos problemas han suscitado preocupación tanto en las comunidades campesinas como en la sociedad en general (Molinelli, 2007).

El Perú es el principal productor mundial de alpacas, con una población total de 3,685,516 animales. El departamento de Cusco, específicamente, alberga una considerable

cantidad de alpacas, con un total de 346,228 ejemplares. Esto destaca la importancia de la crianza de alpacas en la región cusqueña, tanto en términos de economía local como en la preservación de esta especie icónica (INEI-CENAGRO, 2012).

La crianza de alpacas es una actividad de suma importancia para los habitantes de las zonas altoandinas. No solo les proporciona beneficios económicos directos, sino que también les brinda acceso a alimentos de origen animal, como la carne de alpaca, la cual es una fuente de proteína de alta calidad nutricional. La producción de esta carne se basa en pastos naturales que se encuentran a altitudes entre los 3,500 y 5,400 metros sobre el nivel del mar, con precipitaciones pluviales de aproximadamente 707 mm y temperaturas promedio de 1.2 °C. Los camélidos sudamericanos, incluidas las alpacas, se han adaptado de manera eficiente a estas condiciones ambientales extremas en comparación con otras especies. Esto implica un gran potencial para la crianza de alpacas y, por ende, la exportación de su carne y sus derivados. La carne de alpaca se destaca por su alto contenido de proteínas, bajo porcentaje de colesterol y menor infiltración de grasa en comparación con la carne de ovino y vacuno. Esto la hace atractiva tanto para el consumo local como para el mercado internacional (Leguía, 1989).

2.2.2 Situación de la Minería en la Región de Cusco

La actividad minera en el Cusco ha experimentado un cambio significativo desde mediados de la década de 1980, cuando comenzó a operar la primera mina a cielo abierto y a gran escala en la región: la mina de Tintaya en la provincia de Espinar. Esta mina tuvo un impacto considerable en el entorno social y económico de la zona. En la actualidad, los procesos mineros en curso en el Cusco son de una magnitud sin precedentes en comparación con décadas pasadas. Se observa una gran ocupación del territorio, el desarrollo de mega

yacimientos, operaciones productivas interconectadas, infraestructuras que abarcan más allá de los límites regionales y la presencia de grandes consorcios mineros de talla mundial que planean operar en la región durante las próximas décadas. Estos cambios transformarán drásticamente el panorama económico, social y ambiental del Cusco. En este contexto, la preocupación por la problemática ambiental en todo el país ha aumentado, y la reflexión sobre temas territoriales ha cobrado mayor relevancia. Esto se refleja en el aumento de conflictos sociales en las regiones, especialmente aquellos relacionados con temas ambientales. De hecho, los conflictos socioambientales representaron el 70.6% del total en el año 2013 (Defensoría del pueblo, 2013).

Del gran universo de conflictos socio ambientales, una mayoría están vinculados a las actividades mineras, tanto formal como informal, que vienen creciendo en varias zonas cusqueñas. Entre las principales causas destacan los temas vinculados al acceso y afectación de fuentes hídricas, el incumplimiento de compromisos asumidos por las empresas y autoridades nacionales, y el uso de tierras sin autorización, entre otros (Mendoza *et al.*, 2014).

2.2.3 Situación de la Sociedad Minera de Responsabilidad Limitada Antonio Raymondi

La Sociedad Minera de Responsabilidad Limitada Antonio Raymondi, ubicada en Condorama, Cusco, se encuentra a 7.5 km al noreste del distrito de Condorama. Este yacimiento minero cuenta con estructuras mineralizadas de rumbo predominante NE-SO y está dedicado a la explotación de recursos minerales finitos no renovables. Esta actividad minera es de suma importancia para la economía local y regional, pero también plantea desafíos y preocupaciones en términos de impacto ambiental y social, los cuales deben ser abordados de manera responsable y sostenible (Yagua, 1993).

En el área minera, se identifican dos zonas con estructuras mineralizadas: el sector de Mesa Orqo y Otorunco Pata. La actividad principal de la minera se centra en la extracción de mineral de cobre en estas zonas. El Área de Mantenimiento General en Mina tiene la responsabilidad principal de garantizar la disponibilidad operativa de los equipos e instalaciones que son esenciales para mantener un proceso de apoyo constante y auto sostenido durante las 24 horas dentro de las operaciones mineras. Esta área está compuesta por las secciones de Aire Comprimido y Generación de Energía, las cuales desempeñan un papel crucial en el funcionamiento continuo y eficiente de la mina (Quiroga, 2021).

2.2.4 Metales Pesados

El término "metales pesados" se refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una densidad al menos cinco veces mayor que la del agua y que sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas. A menudo, se utilizan criterios basados en la densidad, el número atómico o peso atómico, así como en las propiedades químicas o de toxicidad de estos elementos para definirlos. Es importante señalar que el término "metal pesado" ha sido objeto de críticas y debate en la comunidad científica. Algunos informes técnicos, como el de la UIQPA, sugieren que es una denominación problemática debido a su definición contradictoria y la falta de bases científicas coherentes. De hecho, no existe consenso sobre una definición exacta del término "metal tóxico" como alternativa. A pesar de estas controversias, hay una serie de elementos que, en alguna de sus formas, pueden representar un grave problema ambiental debido a su toxicidad, y es común referirse a ellos con el término genérico de "metales pesados" (Oyarzun, 2009).

Como metales pesados tenemos: Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Arsénico (As), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Cadmio (Cd), Estaño (Sn) y Zinc (Zn) (Arce,

2000). Los metales pesados se encuentran en forma aislada o combinados formando minerales (Vega, 1990). Dentro de la clasificación de los metales pesados hay dos grupos:

Oligoelementos o micronutrientes; Los elementos mencionados, como arsénico (As), boro (B), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), molibdeno (Mo), manganeso (Mn), níquel (Ni), selenio (Se) y zinc (Zn), son oligoelementos o micronutrientes que se requieren en pequeñas cantidades o cantidades traza por plantas y animales para completar su ciclo vital. Estos elementos son esenciales para diversas funciones biológicas, como el metabolismo, la síntesis de enzimas y la protección contra el estrés oxidativo. A pesar de que estos elementos son necesarios para la vida, su presencia en el suelo y el agua generalmente se encuentra en concentraciones muy bajas. Sin embargo, cuando su nivel excede ciertos umbrales biológicos, pueden volverse tóxicos y causar daños a los organismos y al medio ambiente. La ausencia de estos micronutrientes puede conducir a deficiencias y enfermedades en las plantas y animales, mientras que su exceso puede provocar intoxicaciones y problemas de salud. Por lo tanto, es importante mantener un equilibrio adecuado de estos elementos en los ecosistemas para garantizar la salud y el bienestar de las especies involucradas (Arce, 2000).

Metales pesados sin función biológica conocida; Los metales pesados mencionados, como cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), cobre (Cu), níquel (Ni), antimonio (Sb) y bismuto (Bi), pertenecen al grupo de elementos que, en determinadas cantidades en los seres vivos, pueden causar disfunciones en el funcionamiento de sus organismos. Estos metales son altamente tóxicos y tienen la capacidad de acumularse en los tejidos biológicos. La toxicidad de estos metales se debe a su capacidad para combinar con una amplia variedad de moléculas orgánicas en el cuerpo humano y otros organismos. Esta

capacidad de unión puede interferir con las funciones celulares normales e inhibir las actividades enzimáticas, lo que puede provocar una serie de efectos adversos para la salud, como daño celular, disfunción orgánica y enfermedades. Es importante destacar que la reactividad y la acción tóxica de cada metal pesado pueden variar según su estructura química y las condiciones ambientales. Por lo tanto, es crucial monitorear y controlar la presencia de estos metales en el medio ambiente y en los alimentos para proteger la salud pública y el ecosistema

(López, 2003).

2.2.4.1 Técnicas en Determinación de Metales Pesados.

La espectrofotometría de absorción atómica (EAA) es un método analítico altamente sensible y selectivo utilizado para la determinación de trazas de metales pesados y metaloides en una variedad de matrices, que incluyen fluidos biológicos, alimentos, filtros de captación ambiental, entre otros. Esta técnica se basa en la absorción de radiación electromagnética por parte de los átomos de los elementos presentes en la muestra. Los átomos en la muestra absorben la energía de la radiación en una longitud de onda específica, que es característica de cada elemento químico. Midiendo la cantidad de radiación absorbida, se puede determinar la concentración del elemento de interés en la muestra. La espectrofotometría de absorción atómica permite una alta precisión y sensibilidad en la detección de metales pesados y metaloides, lo que la convierte en el método analítico de elección para evaluar el grado de contaminación ambiental, la exposición ocupacional a sustancias tóxicas, el contenido de metales en alimentos y muchas otras aplicaciones. Gracias a su versatilidad y capacidad para detectar trazas de elementos, la espectrofotometría de absorción atómica desempeña un papel fundamental en la monitorización y el control de la calidad ambiental y de alimentos, así

como en la evaluación del riesgo para la salud pública asociado a la exposición a metales pesados y metaloides (Martinez, 2018).

Para el análisis concreto de cada uno de los contaminantes se emplean diferentes técnicas analíticas:

- EAA con Llama (Ejs.: Cu, Zn)
- EAA con Horno de Grafito (Ejs.: Pb, Cd)
- AA con Generador de Hidruros

2.2.4.1.1 Límites de detección y método

Para determinar plomo se utiliza el límite de detección de 0.003 ppm con el método USAQME-04 AAS y para determinar mercurio se utiliza el límite de detección de 0.002 ppm con el método USAQ-ME-04 AAS (Lopez, 2022).

2.2.4.2 Determinación de Metales por absorción atómica - Horno de Grafito

La espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito (HGAAS) es una de las técnicas más sensibles dentro de la espectrofotometría de absorción atómica (EAA), ya que puede detectar concentraciones hasta 1000 veces inferiores a las que son detectables con la llama. Esto la hace extremadamente útil para el análisis de ultra-trazas de metales pesados y metaloides en muestras. Una de las principales ventajas de la HGAAS es que requiere muy pequeñas cantidades de muestra, generalmente unos pocos microlitros. La atomización de la muestra se lleva a cabo en un horno de grafito, donde se aplica una diferencia de potencial eléctrico para generar la energía necesaria. El tubo de grafito, donde se coloca la muestra, está alineado con la luz proveniente de la lámpara espectral. Cuando se enciende el horno, la muestra se vaporiza y se forman átomos en estado gaseoso. Estos

átomos absorben la luz de la lámpara del elemento que se está determinando, generando una señal de absorción. Esta señal es transitoria y se presenta en forma de pico a medida que la concentración de átomos aumenta y luego disminuye a medida que estos difunden fuera del horno. La espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito es una técnica altamente precisa y sensible que se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, como el análisis de metales en muestras ambientales, alimentos, productos farmacéuticos y biomédicos, entre otros. Su capacidad para detectar trazas de metales la convierte en una herramienta invaluable para la investigación y el control de la calidad (Martinez, 2018).

El proceso de atomización existe 4 etapas esenciales:

- **Secado:** Permite eliminar el disolvente o diluyente.
- **Mineralización o Calcinación:** Destruye la matriz orgánica.
- **Atomización:** Consigue llevar los átomos al estado fundamental.
- **Barrido o limpieza:** Elimina los restos que puedan quedar en el tubo.

2.2.4.3 Nivel toxico y consumo permisivo/seguro de metales pesados

Niveles permisibles de metales pesados. Según Codex Alimentarium (CODEX STAN 193-1995) ($\mu\text{g}/\text{días}$).

Tabla 1

Niveles Tóxicos Permitidos para Consumo Humano de Metales Pesados.

Metal pesado	Límite Tóxico	Ingesta recomendada /ingesta segura
Arsénico	3 mg/día durante 2-3 sem	15-25µg/días adultos
Cadmio	200 µg/kg de peso fresco	15-50 µg/días adultos
		2-25 µg/día niños
Plomo	>500 µg/L(sangre)	20-280 µg/días adultos
		10-275 µg/día niños
Mercurio	>80 µg/día	43 µg/día
Zinc	150 µg/día	15 µg/día
Cromo		50-200 µg/día

Fuente: (Oliver, 1997).

2.2.5 Plomo

El plomo es un metal que ha estado presente en la historia de la humanidad durante milenios. Se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza y ha sido utilizado por diversas civilizaciones desde hace aproximadamente 6 000 años. Por ejemplo, los antiguos egipcios empleaban compuestos de plomo como pigmentos para la pintura, en cosméticos y para la fabricación de pequeñas estatuillas. Sin embargo, fue en la antigua Roma donde se utilizó el plomo a gran escala y de manera significativa. Los romanos lo emplearon en la fabricación de tuberías para el acueducto, lo que les permitió construir una red de suministro

de agua sin precedentes en su época. Además, lo utilizaron en aleaciones con estaño para producir vajillas y utensilios de cocina, y como pigmento blanco en la pintura. A lo largo de la historia, el plomo ha tenido una amplia gama de aplicaciones debido a sus propiedades físicas y químicas. Sin embargo, también se ha descubierto que la exposición prolongada al plomo puede tener efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente, lo que ha llevado a la regulación de su uso en muchas partes del mundo (Moreno, 2003).

La absorción de plomo representa un grave riesgo para la salud pública, ya que puede tener efectos adversos significativos. Por ejemplo, la exposición al plomo puede provocar retrasos en el desarrollo mental e intelectual en los niños, así como hipertensión y enfermedades cardiovasculares en los adultos. En los últimos diez años, se ha observado una reducción significativa en los niveles de plomo en los productos alimenticios. Esto se debe en parte a un aumento en la conciencia sobre los riesgos para la salud asociados con el plomo, así como a los esfuerzos realizados para reducir las emisiones de plomo en su origen, como en la industria y el medio ambiente. En un dictamen emitido el 19 de junio de 1992, el Comité Científico de la Alimentación Humana (SCF) estableció que si bien los niveles medios de plomo en los productos alimenticios no representaban una causa de alarma en ese momento, era necesario continuar con la monitorización a largo plazo. El objetivo era seguir reduciendo los niveles medios de plomo en los productos alimenticios para garantizar la protección de la salud pública (EEC, 2006)

Tabla 2*Contenido de Plomo en Productos de Consumo.*

Productos alimenticios	Contenido máximo (mg/kg peso fresco)
Leche cruda, leche tratada térmicamente y leche para la fabricación de productos lácteos	0.020
Preparados para lactantes y preparados de continuación	0.020
Carne (excluidos los despojos) de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral	0.10
Despojos de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral	0.50
Carne de pescado	0.30
Crustáceos, carne de los apéndices y del abdomen. En el caso de los cangrejos y crustáceos similares.	0.50
Hortalizas, excluidas las del género Brassica, las hortalizas de hoja, las hierbas frescas y las setas.	0.10
Hortalizas del género Brassica, hortalizas de hoja y setas cultivadas.	0.30

Fuente: (Diario Oficial de la Union europea, 2006).

2.2.5.1 Toxicidad

El plomo puede ingresar al cuerpo humano a través de diversas vías, como la digestiva, respiratoria e incluso la piel. En el caso de la vía gastrointestinal, solo un porcentaje del plomo ingerido es absorbido, siendo alrededor del 10-15% en adultos y hasta el 50% en niños. La absorción de plomo puede aumentar cuando la dieta es deficiente en

minerales y proteínas, por lo que aquellos con deficiencias de hierro, calcio o zinc tienen un mayor riesgo de toxicidad. Se ha observado que el calcio presente en la dieta puede inhibir completamente el transporte activo de plomo en el intestino. La neuropatía por plomo se produce debido a la toxicidad del plomo sobre las neuronas motoras en la médula espinal o por la degeneración de las terminaciones axónicas y la mielina. El plomo actúa como un neurotóxico tanto en el sistema nervioso periférico como en el central, interfiriendo con la liberación de acetilcolina, la síntesis de acetilcolina consecuente, la adenil-ciclasa del sistema nervioso central y la inhibición de la enzima delta aminolevulinico deshidratasa en los glóbulos rojos. La vida media del plomo en la sangre es de aproximadamente 30 días, y se distribuye en todos los tejidos del cuerpo, con una afinidad especial por el sistema nervioso central, especialmente en desarrollo. El plomo tiende a acumularse principalmente en los huesos, donde puede permanecer durante períodos prolongados, incluso hasta 20 años. Sin embargo, el plomo almacenado en los huesos puede ser liberado durante períodos como la lactancia, lo que puede dar lugar a niveles de plomo en la leche materna (Moreno, 2003).

2.2.5.1.1 Intoxicación Aguda

Exacto, una exposición aguda a altas concentraciones de plomo durante un período corto puede causar una intoxicación aguda con síntomas como vómitos, dolor abdominal, anorexia, estreñimiento y anemia hemolítica. Es crucial identificar las fuentes de exposición al plomo y tomar medidas adecuadas para reducir y detener la exposición tan pronto como sea posible. La Directriz de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el tratamiento clínico de la exposición al plomo establece que cuando la concentración de plomo en la sangre es igual o mayor a 0.05 mg/L (50 µg/dL), se deben implementar acciones para identificar las fuentes de exposición al plomo y tomar medidas para reducir y eliminar la

exposición. Estas medidas pueden incluir cambios en el ambiente de trabajo, en el hogar o en la comunidad para minimizar la exposición al plomo (OMS, 2021)

2.2.5.1.2 Intoxicación crónica

La exposición crónica al plomo, que ocurre durante meses o años, puede tener efectos polimorfos en prácticamente todos los órganos y sistemas del cuerpo humano. Entre los sistemas más afectados se encuentran el sistema nervioso central y periférico, el sistema hematopoyético y el sistema renal. El plomo tiene la capacidad de atravesar la barrera placentaria, lo que puede afectar la viabilidad y el desarrollo del feto durante el embarazo. Esto puede resultar en abortos espontáneos, niños con bajo peso al nacer y partos prematuros. Además, las manifestaciones neurológicas en la infancia pueden ser permanentes e irreversibles, con impactos significativos en el desarrollo psicomotor, incluyendo áreas cognitivas, motoras, del lenguaje y sociales. La exposición al plomo también puede causar disminución en la agudeza auditiva, lo que contribuye a problemas de aprendizaje y alteraciones conductuales. En los adultos, los efectos del plomo en el sistema nervioso central pueden manifestarse como cambios conductuales sutiles, fatiga y dificultades de concentración. Es importante destacar que la exposición crónica al plomo puede tener consecuencias graves para la salud a largo plazo, por lo que es fundamental tomar medidas para prevenir y reducir la exposición a este metal tóxico (Moreno, 2003).

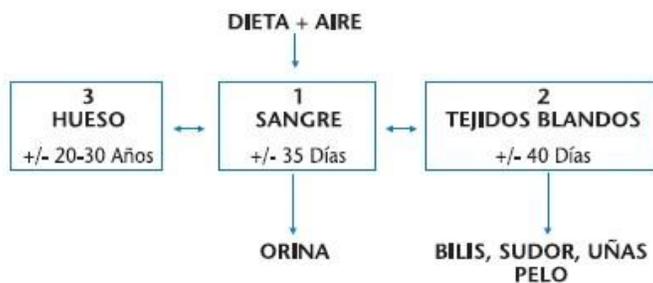
2.2.5.2 Toxicocinética del Pb

La absorción de plomo (Pb) en el tracto gastrointestinal está influenciada por diversos factores. Uno de estos factores es la forma química en la que se encuentra el plomo. Por ejemplo, los compuestos orgánicos como el tetraetilo de plomo se absorben fácilmente en el tracto gastrointestinal, con una tasa de absorción superior al 90%. Estos compuestos tienden

a acumularse principalmente en el hueso, aunque también pueden encontrarse en menor medida en el riñón, músculo, sistema nervioso central y el hígado. El plomo absorbido se excreta principalmente a través de la orina, representando aproximadamente el 75% de la excreción total, y en menor medida a través de las heces, alrededor del 16%. La deficiencia de hierro (Fe) también puede afectar la absorción de plomo en el tracto gastrointestinal. Cuando hay una deficiencia de hierro, se observa un aumento en la absorción de plomo, lo que puede aumentar los niveles de plomo en el organismo y aumentar la toxicidad asociada. Asimismo, la disminución de la ingesta de zinc (Zn) puede provocar un aumento en la absorción gastrointestinal de plomo y, como resultado, aumentar la toxicidad del plomo en el cuerpo. Por lo tanto, mantener niveles adecuados de hierro y zinc en la dieta puede ayudar a reducir la absorción y los efectos adversos del plomo en el organismo. (Shibamoto, 1993).

Figura 1

Distribución del Plomo, Modelo de los Tres Compartimentos en el Organismo.



Fuente: (Shibamoto, 1993).

Después de ser absorbido, el plomo se distribuye en varios compartimentos dentro del cuerpo. Inicialmente, circula en la sangre, principalmente unido a los glóbulos rojos. Se estima que alrededor del 95% del plomo en la sangre está unido a los eritrocitos. Desde la sangre, el plomo se distribuye a los tejidos blandos del cuerpo, incluyendo el hígado, los riñones, la médula ósea y el sistema nervioso central. Estos órganos son los principales

blancos de la toxicidad del plomo. Después de un período de tiempo, aproximadamente de 1 a 2 meses, parte del plomo presente en los tejidos blandos se difunde hacia los huesos. Una vez en los huesos, el plomo tiende a ser inerte y no tóxico, al menos en el corto plazo. Sin embargo, el plomo almacenado en los huesos puede liberarse nuevamente al torrente sanguíneo en el futuro, por ejemplo, durante el embarazo, la lactancia o en situaciones de descalcificación ósea. Esta liberación puede representar un riesgo adicional de toxicidad por plomo a largo plazo (Valdivia, 2005).

2.2.5.2.1 Absorción

Correcto, la absorción y distribución del plomo pueden variar dependiendo del tipo de compuesto de plomo y la vía de exposición. Por ejemplo, los compuestos orgánicos de plomo, como el tetraetilo de plomo utilizado en la gasolina, pueden ser absorbidos de manera más eficiente que otros compuestos inorgánicos de plomo. La vía de ingreso del plomo también puede influir en su absorción y toxicidad. La exposición por vía aérea, como la inhalación de vapores de plomo o polvo, puede resultar en una absorción rápida y significativa, especialmente en entornos industriales o donde se manipulan productos que contienen plomo. Por otro lado, la exposición oral, como la ingestión de alimentos o agua contaminados con plomo, también puede conducir a la absorción del metal en el tracto gastrointestinal. Es importante tener en cuenta que los compuestos orgánicos de plomo, como el tetraetilo de plomo, pueden ser extremadamente tóxicos incluso en dosis relativamente pequeñas. La absorción dérmica de estos compuestos también puede ocurrir, aunque generalmente es menos eficiente en comparación con la absorción a través de las vías aérea y oral (Ramirez, 2005).

2.2.5.2.2 *Por Inhalación*

La inhalación de plomo en forma de aerosol es una vía importante de exposición en entornos industriales y otras situaciones donde hay presencia de partículas suspendidas en el aire. El tamaño de las partículas de plomo inhaladas juega un papel crucial en su deposición en el tracto respiratorio y su posterior absorción en el cuerpo. Las partículas de plomo con un diámetro mayor a 5 μm tienden a depositarse principalmente en las vías respiratorias superiores y medias. Sin embargo, las partículas más pequeñas, con un diámetro en el rango de 0.01 a 5 μm , pueden llegar a las regiones más profundas de los pulmones, incluyendo los alvéolos, donde pueden ser absorbidas en mayor medida. Cuando estas partículas son inhaladas por la boca, pueden ser también absorbidas desde el tracto gastrointestinal. Es importante destacar que la solubilidad de las especies químicas de plomo presentes en las partículas inhaladas también influye en su tasa de absorción. Las formas más solubles del plomo pueden ser absorbidas más fácilmente en comparación con las formas menos solubles. Esta compleja interacción entre el tamaño de las partículas, la ruta de exposición y la solubilidad del plomo determina la cantidad de plomo que finalmente se absorbe en el cuerpo. (Valdivia, 2005). El grado de absorción por vía respiratoria es directamente afectado por el tamaño de la partícula tóxica (menor a 5 μ) así como por el volumen y la frecuencia respiratoria (Ramirez, 2005).

2.2.5.2.3 *Por ingestión:*

La absorción de plomo en el tracto gastrointestinal es un proceso complejo que puede variar dependiendo de varios factores. Aproximadamente, se estima que hasta un 60% del plomo presente en el tracto gastrointestinal puede ser absorbido. Sin embargo, esta tasa de absorción puede variar según diferentes circunstancias. La forma en que el plomo se presenta

en los alimentos y en las comidas puede influir en su absorción. Por ejemplo, las sales de plomo solubles pueden ser absorbidas en aproximadamente un 8%. Además, la absorción de plomo puede ser más efectiva en niños que en adultos, con tasas de absorción que pueden alcanzar entre el 30% y el 50% en los niños, mientras que en los adultos suele ser alrededor del 10%. Varios factores pueden influir en la absorción del plomo, incluyendo el tamaño de las partículas de plomo ingeridas, el estado nutricional del individuo, y la presencia de otros nutrientes en la dieta. Por ejemplo, la deficiencia de hierro y calcio puede aumentar la absorción de plomo, mientras que una dieta baja en calorías o alta en grasas puede tener un efecto similar. Además, se ha observado que la vitamina D puede aumentar la absorción de plomo (Valdivia, 2005).

2.2.5.2.4 Distribución

Correcto, después de ser absorbido, el plomo se distribuye en varios compartimentos del cuerpo. Inicialmente, una parte significativa circula en la sangre, donde se une principalmente a los glóbulos rojos, especialmente a la hemoglobina. Se estima que alrededor del 95% del plomo en la sangre está unido a los eritrocitos. Posteriormente, el plomo se distribuye a diferentes tejidos blandos del cuerpo, como el hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central. Estos tejidos son los principales sitios de acumulación de plomo y pueden ser afectados por la toxicidad del metal. Después de aproximadamente uno a dos meses, parte del plomo se difunde hacia los huesos, donde se deposita. En este estado, el plomo permanece inerte y no tóxico. Sin embargo, el plomo almacenado en los huesos puede liberarse nuevamente en la circulación sanguínea durante ciertas condiciones, como el embarazo o la lactancia, o en situaciones en las que hay una reabsorción ósea activa, lo que puede aumentar el riesgo de toxicidad por plomo a largo plazo (Valdivia, 2005).

En sangre: Después de ser absorbido, el plomo es transportado por la sangre y distribuido principalmente en dos compartimentos: los huesos y los tejidos blandos. Aproximadamente el 90% del plomo absorbido se deposita en los huesos, mientras que el resto se distribuye en tejidos blandos como el hígado y el riñón. El plomo puede atravesar fácilmente la barrera placentaria durante el embarazo, lo que puede tener efectos adversos en el feto en desarrollo. La vida media del plomo en el organismo varía según el lugar donde se encuentra depositado. En la sangre, tiene una vida media de alrededor de 3 a 4 semanas. En los tejidos blandos, su vida media es similar, alrededor de 4 semanas. Sin embargo, cuando el plomo se deposita en los huesos, su eliminación es mucho más lenta, con una vida media que puede oscilar entre 20 y 27 años. Esto significa que el plomo almacenado en los huesos puede representar un riesgo para la salud a largo plazo, ya que puede liberarse gradualmente en la circulación sanguínea con el tiempo (Arroyave, 2008).

Dentro de la sangre está presente en los eritrocitos, dejando sólo una fracción de menos de 1 al 5 % libre en el plasma (Ramirez, 2005). A altas concentraciones de Pb en sangre de la fracción de Pb en plasma aumenta. La razón de la unión de Pb en los eritrocitos parece ser la alta afinidad del Pb por la deshidratasa ácido δ -aminolevulínico, una enzima presente en todas las células, incluyendo los eritrocitos. Es la segunda enzima en la vía hemo; es una enzima de 250-kDa, que contiene cuatro sitios activos, cisteínas reactivas, y dos tipos diferentes de sitios de unión a Zn.

El Pb puede reemplazar algo de Zn, y tiene aproximadamente 20 veces mayor afinidad por la proteína que el Zn. Tal unión causa inhibición de la actividad de la enzima (Nordberg, 2007).

2.2.5.2.5 Eliminación

Correcto, la eliminación del plomo del cuerpo humano ocurre principalmente a través de la orina y las heces. Aproximadamente, un 76% del plomo absorbido se excreta a través de la orina, mientras que alrededor del 16% se elimina a través de las heces. Esto significa que la vía urinaria es la principal vía de excreción del plomo del organismo. La eliminación del plomo a través de la orina implica procesos de filtración glomerular en los riñones, seguidos de cierta reabsorción tubular. En los niños, la vía de eliminación gastrointestinal también es significativa, y puede ser tan relevante como la vía urinaria. En exposiciones a niveles bajos de plomo, la excreción a través de las heces suele ser aproximadamente la mitad de la excreción a través de la orina. Sin embargo, en exposiciones a niveles más altos de plomo, es probable que la excreción a través de las heces sea aún menor en proporción a la excreción urinaria (Nordberg, 2007).

Riñones: la excreción del plomo en la orina ocurre principalmente a través de la filtración glomerular en los riñones, aunque parte de este plomo filtrado puede ser reabsorbido parcialmente en los túbulos renales. Se ha observado que la tasa de excreción urinaria de plomo puede variar a lo largo del día, con una disminución durante la noche, lo que sugiere un ritmo circadiano en la eliminación del plomo. Además de la orina, el plomo también puede excretarse a través de la bilis y el jugo pancreático. Se cree que la excreción biliar puede ocurrir en forma de un complejo de plomo con glutatión. Además, se ha observado que el plomo puede excretarse en cantidades mínimas a través de la saliva y el sudor. También se pueden encontrar trazas de plomo en las uñas y el cabello, aunque en cantidades muy pequeñas. Es importante destacar que el plomo también puede ser transferido a través de la placenta de una madre embarazada al feto en desarrollo, así como a través de

la leche materna a los lactantes. Esto significa que la exposición al plomo durante el embarazo y la lactancia puede tener efectos adversos en el feto y el lactante (Ramirez, 2005).

2.2.5.3 Toxicodinámica del Pb

Debido a que el Pb no tiene una función biológica en ningún organismo vivo, los niveles de este metal en cualquiera de los sistemas mencionados anteriormente causan daños y efectos negativos en la salud (González *et al.*, 2008).

La afinidad del Pb por los grupos sulfhídrico, principalmente por las enzimas dependientes de zinc, explica el mecanismo de acción. Al principio, el Pb interfiere con el metabolismo del calcio cuando se encuentra en concentraciones bajas. El Pb actúa como un segundo mensajero intracelular y cambia la distribución de Ca en los compartimientos dentro de la célula. Activando la proteinquinasa C, uniéndose a la calmodulina e inhibiendo la bomba de Na-K-ATPasa, aumenta el Ca intracelular (Valdivia, 2005).

2.2.5.4 Efectos Sobre la Salud por Exposición a Pb

Los síntomas de la intoxicación aguda por Pb incluyen dolor de cabeza, irritabilidad, dolor abdominal y una variedad de síntomas relacionados con el sistema nervioso. La encefalopatía, que se caracteriza por la falta de sueño e inquietud, también puede presentarse. Alteraciones del comportamiento, dificultades de aprendizaje y dificultades de concentración pueden afectar a los niños. En encefalopatías graves, la persona afectada puede experimentar psicosis aguda, confusión y disminución de la consciencia. Los expuestos a Pb durante un largo período de tiempo pueden experimentar deterioro de la memoria, tiempo de reacción prolongado y disminución de la capacidad de entender. Las personas que tienen niveles promedio de Pb en sangre de menos de 3 mol/L pueden presentar síntomas nerviosos periféricos con una menor velocidad de (Valdivia, 2005).

2.2.6 Mercurio

El mercurio es uno de los metales pesados que se ha utilizado desde hace mucho tiempo. La muestra más antigua de mercurio líquido que se ha encontrado se encontró en una tumba egipcia en Kurna y data del año 1 600 a. En la misma época, el mercurio era conocido también en China e India (Moreno, 2003).

El mercurio elemental es el único metal líquido con múltiples efectos tóxicos que dependen de su forma química. La relación entre los niveles de mercurio y su toxicidad es variable; sin embargo, las concentraciones sanguíneas menores a 0.01 mg/L y las concentraciones urinarias menores a 0.05 mg/L se consideran dentro de los valores referenciales según la declaración COT 2003/06. Se requiere generalmente terapia para niveles sanguíneos superiores a 35 ug/L o niveles urinarios superiores a 100 ug/L (OMS, 2003).

Tiene tres estados de oxidación: mercurio elemental, compuestos de mercurio y compuestos de mercurio. Por otro lado, estas tres sales de mercurio se encuentran a menudo en el agua de los ríos. Además de estas formas inorgánicas, el mercurio también está presente en compuestos orgánicos, entre los que destaca el metilmercurio por sus efectos toxicológicos y ambientales, este último puede provocar cambios en el desarrollo normal del cerebro del lactante, incluso en altas concentraciones (Mendez, 2002).

La erosión y la resistencia de la escorrentía superficial contribuyen al transporte de mercurio y muestran una clara tendencia hacia la bioacumulación y mejora tanto en formas orgánicas como inorgánicas, como los derivados de metilo y fenilmercurio. Esta tendencia se encuentra en muchas especies marinas y de agua dulce. Por ejemplo, los factores de bioconcentración del mercurio inorgánico y el metilmercurio en la trucha arco iris

(Salmogairdneri) fueron de 1.800 mg/kg y 11.000 mg/kg, respectivamente, durante un período de exposición de 60 días. y 40.000 mg/kg, también expuestos durante 60 días. Además, se ha demostrado la bioconcentración de mercurio en hongos comestibles (Pleurotus, Lepistanuda y Lepistarhacodes) y macrófitos acuáticos (Moreno, 2003).

Es interesante observar que, en varios estudios realizados en diferentes especies vegetales, se ha encontrado que hay una baja translocación del mercurio hacia la parte aérea de la planta. Esto significa que el mercurio tiende a permanecer en las raíces o en la zona cercana a la superficie del suelo en lugar de moverse hacia las partes superiores de la planta, como tallos, hojas o frutos. Incluso en casos en los que las plantas han sido expuestas a suelos contaminados con altas concentraciones de mercurio durante largos períodos de tiempo, como 20 a 24 años, se ha observado que la mayor parte del mercurio aplicado con el suelo o fango se ha mantenido en los primeros 15 cm de la superficie del suelo. Esto sugiere que el mercurio tiene una tendencia a permanecer en las capas superficiales del suelo y no se transfiere fácilmente a las partes aéreas de las plantas. Estos hallazgos son importantes para comprender cómo se comporta el mercurio en el medio ambiente y cómo puede afectar a los organismos que dependen de las plantas, como los animales herbívoros y los seres humanos que consumen productos vegetales (ATSDR, 1999).

2.2.6.1 Toxicidad

El mercurio puede ingresar al organismo a través de diferentes vías: inhalación, ingestión oral y absorción dérmica. Sin embargo, la vía oral es la principal forma de exposición, ya que se absorbe entre un 90% y un 95% en el tracto gastrointestinal. La toxicidad del mercurio está estrechamente relacionada con su capacidad para unirse covalentemente a los grupos sulfhidrilo (SH) presentes en diversas moléculas, así como a

grupos carboxilos, amidas y aminas. Esta unión afecta directamente a la membrana citoplasmática, donde los grupos sulfhidrilo son esenciales para las propiedades normales de permeabilidad y transporte. El mercurio también inhibe enzimas esenciales, como las catalasas plasmáticas, y afecta la homeostasis del ion calcio. Incluso en exposiciones a corto plazo, de menos de 24 horas, puede provocar la muerte neuronal debido a estos mecanismos de acción. Es importante tener en cuenta estos efectos del mercurio al evaluar los riesgos para la salud asociados con la exposición a este metal tóxico (Moreno, 2003).

2.2.6.1.1 Intoxicación aguda

La exposición a corto plazo a altas concentraciones de vapor de mercurio puede causar efectos como náuseas, vómitos, diarrea, presión arterial alta, reacciones alérgicas en la piel e irritación de los ojos (Valdivia, 2005).

2.2.6.1.2 Intoxicación crónica

La exposición al mercurio puede tener graves consecuencias para la salud, especialmente durante períodos críticos como el desarrollo fetal y la infancia. Durante el embarazo, el mercurio puede atravesar la barrera placentaria y afectar el desarrollo neurológico del feto, lo que puede provocar abortos espontáneos, retraso mental, deficiencia neurológica con apariencia normal y defectos cardíacos. En los niños, la exposición al mercurio puede causar una serie de problemas de salud y desarrollo, incluidos problemas de aprendizaje o comportamiento. Algunos niños pueden mostrar síntomas del llamado "síndrome del bebé tranquilo", que se caracteriza por un comportamiento tranquilo y pasivo, pero que puede estar asociado con problemas neurológicos. Los síntomas de la exposición al mercurio en los niños pueden incluir ataques de pánico, ansiedad, trastornos de la memoria, insomnio, pérdida de apetito, fatiga, disfunción cognitiva y motora. Además, la

exposición al mercurio puede aumentar la susceptibilidad a las enfermedades infecciosas y tener efectos adversos a largo plazo en la salud neurológica y general. Es fundamental tomar medidas para reducir la exposición al mercurio, especialmente en poblaciones vulnerables como mujeres embarazadas, lactantes y niños pequeños, para proteger su salud y bienestar. Esto puede incluir evitar el consumo de pescado contaminado con altos niveles de mercurio y tomar precauciones en entornos donde la exposición al mercurio es más probable, como en lugares de trabajo industriales o de minería (MINSa, 2013).

2.2.6.2 Toxicodinámica del Mercurio

El mercurio, tanto en su forma inorgánica como orgánica, ejerce su toxicidad al unirse a constituyentes orgánicos celulares ricos en grupos sulfhidrilos, lo que afecta a varios sistemas metabólicos y enzimáticos de la célula y su pared. Este metal puede precipitar proteínas sintetizadas por la célula, especialmente en neuronas, e inhibir grupos de diversas enzimas esenciales. En su forma iónica, el mercurio se adhiere a grupos celulares ricos en radicales sulfhidrilo, lo que altera sistemas metabólicos y enzimáticos y afecta la síntesis de proteínas en la mitocondria, comprometiendo su función energética. En el riñón, por ejemplo, disminuye la actividad de fosfatasas alcalinas de los túbulos proximales y afecta el transporte de potasio y la ATPasa en la membrana. Además, el mercurio induce la formación de metalotioneína, una proteína receptora de bajo peso molecular, en varios órganos, incluido el riñón. Sin embargo, cuando hay una cantidad excesiva de mercurio presente, esta metalotioneína se forma en exceso y puede causar alteraciones orgánicas en el mismo sitio de su producción. El metilmercurio, una forma orgánica del mercurio, puede provocar una disminución de los anticuerpos humorales y estimular la respuesta inmunitaria inicialmente después de exposiciones cortas. Además, puede unirse a los ácidos desoxirribonucleicos, lo

que podría explicar las aberraciones cromosómicas y anomalías congénitas observadas en casos de intoxicación alimentaria con metilmercurio. Estos efectos ilustran la complejidad y la gravedad de la toxicidad del mercurio en el organismo humano

(Valdivia, 2005).

2.2.7 Niveles máximos de metales pesados en piensos completos

El Reglamento (UE) 2015/186 de la Comisión, del 6 de febrero de 2015, modifica el anexo I de la Directiva 2002/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a los niveles máximos de arsénico, flúor, plomo, mercurio, endosulfán y semillas de Ambrosia, sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal. Este reglamento establece valores máximos para metales pesados en alimentos para animales. Para piensos completos, los valores máximos resumidos para diferentes metales pesados son: Arsénico: 20 mg/kg Flúor: 150 mg/kg Plomo: 10 mg/kg Mercurio: 0,1 mg/kg Estos valores están diseñados para garantizar la seguridad alimentaria y proteger la salud de los animales que consumen estos alimentos. Es importante tener en cuenta que estos valores pueden variar ligeramente para materias primas y piensos complementarios, dependiendo de las especificaciones y regulaciones de la Unión Europea (UE, 2015).

Tabla 3

Niveles Máximos de Metales Pesados en Materia Prima.

Metal	Contenido máximo (mg/kg)
Arsénico	2
Plomo	0.1
Flúor	1.2
Mercurio	0.1
Cadmio	0.5-1

Fuente: (Diario Oficial de la Unión europea, 2006)

2.2.8 Mecanismo de Transferencia (Suelo, pasto y sangre)

El plomo comienza en el estado de sulfuro natural y se extrae y purifica en procesos mineros metalúrgicos para producir oro, plata, selenio y telurio. El resto del plomo se vierte en forma de aguas residuales líquidas o gas y luego ingresa al suelo, que es el principal reservorio de contaminación proveniente de las actividades humanas (Mendoza y Medina, 2013), Aunque el Pb es insoluble en el suelo, desempeña una función de transporte hasta ser absorbido principalmente por los pelos radiculares y retenido en mayor proporción en las paredes celulares (Febres, 2019). Las vacas lecheras ingieren y adquieren plomo a través de aguas contaminadas, pastos contaminados por riego con altas concentraciones de metales pesados y polvo (Mendoza y Medina, 2013), donde el plomo desplaza calcio, hierro y zinc en enzimas, bloquea la síntesis de hemoglobina y cambia el oxígeno. Su principal fuente de almacenamiento son los huesos (Abdulla, 2020).

2.2.9 Alpaca

El papel de la carne de alpaca en la nutrición humana es muy importante tanto desde el punto de vista fisiológico como biológico. La presencia de una cierta cantidad de proteína animal es absolutamente necesaria, especialmente si se utiliza para el cultivo de organismos. Además, ha quedado clara la importancia de algunos aminoácidos esenciales, que están presentes en altas concentraciones en las proteínas de origen animal y son esenciales para el funcionamiento normal de muchas glándulas endocrinas y la formación de anticuerpos (Solís, 2000).

2.2.9.1 Especies consumidas con mayor frecuencia por alpacas

Es interesante ver cómo las alpacas seleccionan sus especies alimenticias preferidas. Parece que *Aciachne acicularis*, *Agrostis breviculmis* y *Calamagrostis espicigera* son algunas de las plantas más consumidas por estas criaturas. Esto puede ser útil para comprender mejor sus hábitos alimenticios y diseñar estrategias de manejo del pastoreo en áreas donde pastan las alpacas (Chirinos *et.al*, 2021).

Tabla 4

Principales Especies de Plantas Consumidas por las Alpacas.

N°	NOMBRE DE LA ESPECIE	CODIGO	% DE CONSUMO
1	<i>Aciachne acicularis</i>	AcCi	16,80
2	<i>Agrostis breviculmis</i>	AgBr	13,35
3	<i>Calamagrostis espicigera</i>	CaSp	12,30
4	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	CaVi	10,65
5	<i>Calamagrostis eminens</i>	CaE	7,85
6	<i>Lilaeopsis andina</i>	LiAn	5,70
7	<i>Senecio graveolens</i>	SeGra	5,60
8	<i>Paspalum pigmaeum</i>	PasPig	4,60
9	<i>Festuca dolichophylla</i>	FeDo	3,70
10	<i>Ranunculus breviscapus</i>	RaBre	3,30
	Total		83.90

Fuente: (Chirinos *et.al*, 2021).

2.2.9.2 Contenido nutricional de las principales especies que consumen las alpacas en el bofedal

Es interesante ver cómo el contenido nutricional varía entre las diferentes especies vegetales consumidas por las alpacas. Parece que *Aciachne acicularis* y *Agrostis breviculmis* son particularmente ricas en proteínas y poseen un contenido de fibra cruda más bajo en comparación con otras especies. Además, *Agrostis breviculmis* destaca por su alto contenido de extracto etéreo y vitamina A. Este conocimiento sobre el contenido nutricional de las

plantas consumidas puede ser útil para garantizar una dieta equilibrada para las alpacas durante la época seca (Chirinos *et.al*, 2021).

Tabla 5

Contenido Nutricional de Especies de Pastos de Mayor Consumo por Alpacas en Época Seca del Año.

Especies	Codigo	Fibra	Proteina	Estracto	Vit.A	Vit. B12	Vit.C
		Cruda(%)	Bruta(%)	Etereo(%)	(mg/100g)	(mg/100g)	(mg/100g)
<i>Aciachne</i>	AcCi	66,26	4,32	1,04	0,08	0,12	0,02
<i>acicularis</i>							
<i>Agrostis</i>	AgBr	69,35	5,04	1,53	0,37	0,09	0,04
<i>breviculmis</i>							
<i>Calamagrostis</i>	CaSp	70,37	2,47	1,09	0,26	0,15	0,04
<i>espigigera</i>							
<i>Calamagrostis</i>	CaVi	77,24	3,21	1,30	0,25	0,14	0,05
<i>vicunarum</i>							
<i>Calamagrostis</i>	CaE	69,34	2,49	1,25	0,23	0,11	0,10
<i>eminens</i>							
<i>Festuca</i>	FeDo	72,39	5,21	1,34	0,24	0,08	0,02
<i>dolichophylla</i>							

Fuente: (Chirinos *et.al*, 2021).

CAPITULO III

3.1 Diseño de la Investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

La presente investigación, según el nivel de profundización en el objeto de estudio es descriptiva ya que damos a conocer los niveles de plomo y mercurio en suero sanguíneo de alpacas y pastos. Según el tipo de datos empleados es cuantitativo ya que los datos obtenidos se estudiaron y analizaron a través de diferentes procedimientos basados en la medición. Según el tipo de seguimiento de variables que realizamos es transversal pues las muestras fueron recolectadas en un tiempo determinado (Ander, 2017).

3.2 Lugar y Ubicación del Estudio

3.2.1 Ubicación Política

Región	:	Cusco
Provincia	:	Espinar
Distrito	:	Condorama
Comunidades	:	Patacollana, Chañi, Pampacollana, Alcasana y Alto Yungarasi

Figura 2

Mapa de Perú y Espinar.



Fuente: (COEN, 2021).

Figura 3

Mapa de Condoroma.



Fuente: (COEN, 2021).

3.2.2 *Ubicación Geográfica*

El Distrito de Condoroma geográficamente está ubicado, en el sur del departamento de Cusco, a una altitud de 4.670 m.s.n.m, vertiente de cuenca de Caylloma, ubicación UTM-WGS84.

Latitud Sur: 10°04'53" Longitud Oeste 71°08'45". Tiene un área total de 70.076 Km² y un perímetro de 36.495 km. (FAO 2010). Actualmente Condoroma está constituida por la Comunidad de Condoroma conformada por 5 anexos como son: Patacollana, Chañi, Pampacollana, Alcasana y Alto Yungarasi, cada anexo tiene su propia organización con miras de desmembramiento como comunidad independiente para su gestión territorial (Gobierno Regional de Cusco 2010).

3.2.3 *Extensión, Altitud y Localización:*

Comunidad de Patacollana Distrito de Condoroma provincia de Espinar Cusco.

Limites:

Norte	:	Con distrito de Ocoruro y Pallpata Espinar Cusco.
Este	:	Con distrito de Ocuvi y Santa Lucia Lampa Puno.
Sur	:	Con distrito de Callali Arequipa.
Oeste	:	Con el distrito de Callalli Arequipa.
Región Geográfica:		Sierra.

3.3 **Materiales de Estudio**

3.3.1 *Tamaño de Muestra*

La cantidad de alpacas para la investigación, se determinó mediante la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia (Hernandez *et al.*, 2006), conformado según edad y número de partos.

Tabla 6

Distribución de las Muestras para Análisis de Plomo y Mercurio en Pastos y Suero Sanguíneo de Alpacas.

Lugar de estudio Comunidad	Muestra de suero sangi alpacas				Muestras de pastos	
	Edad de alpacas		Según número de partos		Bofedales	Secano
Patacollana	Jóvenes	Adultos	Primípara	Múltipara		
Cantidad	6	6	10	10	10	10
Número de metales	2	2	2	2	2	2
Total de lecturas	12	12	20	20	20	20
Sub total	24		40		40	
Gran total	104 lecturas					

3.4 Procedimiento del Muestreo

3.4.1 Muestreo de Alpacas

El muestreo se llevó a cabo durante la mañana, entre las 5 a 10 de la mañana. Junto a la persona a cargo del cuidado de los animales se logró identificar a los animales a muestrear, se inició con los animales jóvenes (dientes de leche), seguidamente se procedió a muestrear a los adultos (animales dos dientes a boca llena), seguidamente se continuo con las primíparas (animales que son madres primerizas) y finalmente se muestreo a las alpacas

multíparas (animales que tienen más de dos crías), para que no se muestree dos veces al mismo animal se marcó en el copete de este.

Se sujeto al animal seguidamente se ubicó en el cuello la vena yugular , a esta se le realizo una antisepsia con yodo y algodón, posteriormente con la aguja vacutainer, un holder y el tubo vacutainer con activador de coagulación se obtuvo aproximadamente 5 ml de sangre, luego se rotulo el tubo y se registró en un cuaderno con un código numérico, y estas muestras fueron almacenadas a 4 °C en cajas de Tecnopor con hielo para ser trasladados al laboratorio de la municipalidad distrital de Condoroma.

Para obtener suero sanguíneo se centrifugo cada muestra a 2000 rpm durante 10 minutos, con la ayuda de jeringas de 5 ml se extrajo 2 ml de suero sanguíneo y se colocó en los viales, las cuales han sido rotuladas con su respectiva identificación para él envió al laboratorio de Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Ciudad de Lima.

3.4.2 Muestreo de Pastos

Las muestras de pasto fueron recolectadas al azar, de los bofedales al ser estas de tamaño reducido se realizó en tres transectos se tomó una muestra cada 50 metros y en zonas secanos se tomó cada 50 metros en línea recta 10 gr, que fueron colocados en bolsas de polietileno hermético y rotuladas con su respectiva identificación para el envío al laboratorio de Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Ciudad de Lima.

Las muestras de suero sanguíneo previa congelación (-20 °C) fueron trasladadas a la ciudad de Lima en una caja de Tecnopor junto con las muestras de pastos, con hielo (-20 °C a 4 °C).

3.4.3 Criterios de Selección

En la presente investigación para la recolección de muestras sanguíneas se consideró a las alpacas hembra ya que el número de machos es reducido en la comunidad de Patacollana.

3.4.3.1 Criterios de Inclusión

- Alpacas jóvenes, adultas, y alpacas con crías.

3.4.3.2 Criterios de Exclusión

- Alpacas macho.

3.4.4 Materiales para la Toma de Muestra

- Tubo vacutainer con activador de coagulación.
- Aguja vacutainer N° 21.
- Holder.
- Bolsas de plástico herméticos.
- Caja de Tecnopor.
- Hielo.
- Gel.
- Guantes.
- Yodo povidona.
- Algodón.

- Sogas.
- Equipo de bioseguridad.
- Cámara fotográfica.
- Tablero de registro.
- Lapiceros.
- Marcador permanente.
- Jeringas 20 ml.

3.4.5 Materiales para la obtención de suero sanguíneo

- Centrifuga.
- Viales.
- Jeringa.
- Guantes de diagnóstico.
- Marcador permanente.

3.4.6 Materiales, Reactivos, Equipos de Laboratorio (Equipos e Instrumentos)

3.4.6.1 Materiales

- Fiolas de 10 ml, 25 ml y 100 ml clase A.
- Pipetas de 5 ml y 10 ml, clase A.
- Probetas de 10 ml.

- Vasos de precipitados.
- Papel de filtrado de celulosa Whatman Nro. 40.
- Embudo de líquidos.

3.4.6.2 Reactivos

- Standard certificado de Pb, Hg y Cd.
- Ácido nítrico suprapur de 65^a 70%.
- Agua ionizada.
- Solución de disolución de HNO suprapur al 1% v/v.

3.4.6.3 Equipos

- Equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-6800.
- Horno de grafito GFA-EX7.
- Inyector automático, Autosampler ASC-6100.
- Computadora.
- Plancha térmica, Marca CAT Modelo H30/45.
- Balón de Argón, 99.999% de pureza.
- Balanza analítica SHIMADZU AUW120 d: 0.1mg.

3.4.6.4 Límites de detección y métodos

Para determinar plomo se utilizó el límite de detección de 0.003 ppm con el método USAQME-04 AAS y para determinar mercurio se utilizó el límite de detección de 0.002 ppm con el método USAQ-ME-04 AAS (Lopez, 2022).

3.5 Identificación de Variables

Tabla 7

Operacionalización de Variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Metales pesados (Pb y Hg) en la sangre	Nivel de Plomo en la sangre	Nivel permisible en sangre mg/L (menor o igual 0.05) Nivel no permisible en sangre mg/ L (mayor o igual 0.051)
	Nivel de Mercurio en la sangre	Nivel permisible en sangre mg/L (menor o igual 0.01) Nivel no permisible en sangre mg/ L (mayor o igual 0.011)
Metales pesados (Pb y Hg) en pastos	Nivel de Plomo en pastos	Nivel permisible en pastos mg/kg (menor o igual)0.1 Nivel no permisible en pastos mg/kg (mayor o igual)0.11
	Nivel de Mercurio en pastos	Nivel permisible en pastos mg/kg (menor o igual)0.1 Nivel no permisible en pastos mg/kg (mayor o igual)0.11

3.6 Diseño Estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el diseño de análisis de varianza (ANOVA) para los factores edad animal, número de partos y tipo de pastizal; y

posteriormente fue interpretada utilizando medidas de tendencia central y de dispersión; cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \delta_i + E_{ij}.$$

Y_{ij} = Variable respuesta (Niveles de metales).

μ = Efecto de la media poblacional. δ_i = Efecto del i – ésimo N° de parto de las alpacas (1 y 2), edad (1 y 2), Tipo de pasto (1 y 2).

E_{ij} = Error experimental.

Los resultados del ANOVA, al mostrar diferencias los promedios, fueron contrastados mediante la prueba estadística de “t” (student); y fueron interpretados mediante medidas de tendencia central y dispersión.

3.7 Procesamiento de la información

Los datos se transfirieron a la hoja de cálculo de Microsoft Excel para su análisis. El programa estadístico utilizado fue SAS versión 9.4M3, para el análisis de varianza (nivel de significación estadística).

CAPITULO IV

4.1 Resultados y Discusión

4.1.1 Niveles de plomo en suero sanguíneo en alpacas jóvenes, adultas, primíparas y multíparas

Los resultados de niveles de concentración de plomo en suero sanguíneo en alpacas por efecto del factor según edad y número de partos, indican que no existe diferencia significativa entre los promedios de nivel de concentración de plomo ($P > 0.05$).

Tabla 8

Niveles de Concentración de Plomo (mg/L) en Suero Sanguíneo en Alpacas.

Edad y número de partos de alpacas	n	Promedio \pm D.S.	Niveles de plom	
			Mínimo	Máximo
Jóvenes	6	0.05 ^a \pm 0.03	0.01	0.09
Adultas	6	0.06 ^a \pm 0.03	0.03	0.10
Primíparas	10	0.05 ^a \pm 0.03	0.01	0.09
Multíparas	10	0.04 ^a \pm 0.02	0.01	0.08

Los resultados de niveles de plomo en alpacas de la comunidad de Pataccollana Condorama, se encontró los promedios de concentración de 0.05, 0.06, 0.05 y 0.04 mg de Pb/litro de suero sanguíneo en alpacas jóvenes, adultas, primíparas y multíparas respectivamente con ($P > 0.05$). Tabla 8, Figura 4. Los promedios encontrados en el presente trabajo en alpacas jóvenes, adultas, primíparas alcanzan y superan los límites permisibles

recomendados que es de 0.05 mg/L de sangre (OMS, 2021), los animales podrían adquirir mediante el consumo de pastos, y bebida de agua que contenga plomo por la existencia de pasivos mineros y la actividad minera en la zona, a excepción de las alpacas multíparas que muestran niveles por debajo del límite máximo permisible (OMS, 2021). Por otro lado, la zona se encuentra en el corredor económico minero desde las Bambas, Hudbay y Antapacay (Abancay-Espinar), lo cual se atribuye que existe emisión de metales producidos por los vehículos que circulan durante las 24 horas.

Según Villalva (2016) reporto niveles de plomo en sangre de 0.054 mg/L en ovinos en la región de Junín, dichos valores superan los límites máximos permitidos (OMS, 2021), sin embargo, es similar a los valores de la presente investigación lo cual se debe a que en ambas zonas de estudio existe actividad minera.

Por otro lado, según Martínez. *et al.* (2018), reportó niveles de plomo de 0.35 mg/L en suero sanguíneo de vacunos en Colombia, dichos valores son superiores a los encontrados en el presente trabajo, a su vez superan los límites permisibles (OMS, 2021), esto se debe a que los vacunos pastaban cerca de una fábrica de baterías y por ende la exposición al plomo era mayor. De igual manera (Dwidevi y Swarup, 1995) hallaron niveles de plomo de 0.43 mg/L en suero sanguíneo de vacunos y búfalos de la India, a lo cual este nivel es superior a lo hallado en el presente estudio, por lo que a su vez supera el límite máximo permisible según recomendado por la (OMS, 2021), esto se debe a que la india es uno de los países más contaminados y por ello es que encontraron esto altos niveles de plomo en sangre.

A lo que, Aslani (2012) reporto niveles de plomo de 0.624mg/L en suero sanguíneo en vacunos Holstein; de igual manera (Arrieta, 2017) encontró una concentración de plomo de 0.680mg/L en sangre de bovinos en Colombia, dichos valores son superiores a los

hallados en el presente estudio de investigación, de la misma manera supera los valores establecidos por la (OMS, 2021). Dichos valores de los autores mencionados son superiores por el grado de exposición al plomo.

4.1.2 Niveles de Mercurio en suero sanguíneo en alpacas jóvenes, adultos, primíparas y multíparas

Los resultados de niveles de concentración de mercurio en suero sanguíneo de alpacas muestran con promedio de 0.098, 0.148, 0.073 y 0.101 mg/L para alpacas jóvenes, adultas, primíparas y multíparas respectivamente (Tabla 9) y (Figura 5). En dichos resultados indica que existe diferencia significativa en edades y estado reproductivo con ANVA ($P < 0.05$).

Tabla 9

Niveles de Mercurio en Suero Sanguíneo de Alpacas Condoroma Espinar.

Edad y número de partos de alpacas	n	Promedio \pm D.S.	Niveles de mercurio (mg/L)	
			Mínimo	Máximo
Jóvenes	6	0.098 ^{ba} \pm 0.06	0.01	0.18
Adultas	6	0.148 ^a \pm 0.04	0.09	0.19
Primíparas	10	0.073 ^{ba} \pm 0.06	0.01	0.73
Multíparas	10	0.101 ^{ba} \pm 0.05	0.00	0.18

Los niveles de concentración de mercurio en alpacas según edad y número de partos superan los límites máximos permisibles por la (OMS, 2003) donde indica los límites máximo permisible en sangre es de 0.01 mg/L. Dichos resultados de nivel de concentración en suero sanguíneo en alpacas se le atribuye por el consumo de pastizales regadas con aguas afluentes de pasivos mineros de la zona.

Según Badiei *et al.* (2010) reporto 0.062mg/L de mercurio en sangre de ovinos, dicho valor es superior a lo hallado en el presente estudio de investigación, así mismo es superior a los valores máximos establecidos por la (OMS, 2003) esta concentración alta se debe a que se les administraba cloruro de mercurio a los ovinos constantemente, esto para demostrar las afecciones sobre la tiroides.

Mientras que Palheta y Taylor (1995) obtuvieron 0.0157 mg/L de mercurio en sangre de vacuno y porcinos en la zona amazónica de Brasil, dicho valor es menor a lo hallado en la presente investigación, pero es superior a los niveles máximos establecidos por la (OMS, 2003); dichos valores se deben a la exposición a la actividad minera artesanal.

Según, Saavedra (2018) determino los niveles de mercurio en sangre de 0.00012 a 0.00015 mg/L en vicuñas en Bolivia, dicho resultado es menor a lo encontrado en el presente trabajo de investigación, de la misma manera en menor a los valores máximos establecidos por la (OMS, 2003); dichos resultados se deben a que las vicuñas no se ubican en áreas de influencia de la actividad minera.

4.1.3 Niveles de plomo en zonas de pastizales

Los resultados de niveles de plomo en zona de pastizales de las alpacas muestran con promedio de 0.70 y 0.57 mg/kg para las zonas de pastizales de bofedales y secano respectivamente, con variación de concentración mínima de 0.37 y máxima de 0.99 mg/kg

en zona de bofedales, mientras en zona secano mínima de 0.16 mg/kg y máxima de 0.97 mg/kg (Tabla 10) y (Figura 6).

Tabla 10

Niveles de Plomo (mg/kg) en Zona de Pastizales.

Zona de pastizales	N	Promedio \pm D.S.	Niveles de plomo (mg/k)		CV
			Mínimo	Máximo	
Bofedales	10	0.70 \pm 0.19	0.37	0.99	27.17
Secano	10	0.57 \pm 0.27	0.16	0.79	47.21

Los niveles de concentración de plomo en zona de pastizal bofedal que tiene influencia directa con agua proveniente de zona de pasivos mineros que están expuestos al ambiente libre y de la zona de la actividad minera son superiores en relación a las normas de niveles permisibles máximos de plomo según reglamento de (UE) 2015/186 de la comisión de 6 de febrero de 2015 donde indica niveles máximos de 0.10 mg/kg en hierbas frescas y las setas. El valor promedio del nivel de plomo en los pastos secanos y bofedales del presente estudio se encuentra por encima de los estándares de calidad ambiental permitidos (UE, 2015). Al comparar nuestros resultados con los de la investigación realizada por (Quijada, 2021) en el Mantaro donde reporto una concentración de plomo en pastos de 0.194mg/kg, estos datos son inferiores a nuestro trabajo hallados en la comunidad de Pataccollana, pero ambos trabajos superan los límites permisibles recomendados (UE, 2015), podemos asumir que estos pastos no son aptos para el consumo de animales.

Por otro lado, Acharte (2018) encontró una concentración de pb en pastos naturales de 0.310mg/kg de Pb en pasto estrella y 7.700mg/kg de Pb en pasto crespillo, estos resultados superan los límites máximos establecidos (UE, 2015), el dato que obtuvo de pasto crespillo supera a los resultados obtenidos en el presente trabajo, al contrario que el pasto estrella que es menor a lo hallado en el presente trabajo de investigación, esto se debe a que los pastos están expuestos a actividad minera informal. A su vez (Anticona y Artega, 2018) encontraron acumulación de pb en el tallo del pasto cortadera de 0.4780 mg/kg dichos resultados tiene similitud con los resultados del presente estudio, a su vez que supera el límite máximo permisible (UE, 2015). Estas altas concentraciones se deben a que el pasto cortadero ha sido expuesto a altas concentraciones de plomo y que al ser consumido podría generar contaminación en la cadena alimentaria.

Según Orellana *et al* (2019) encontraron en pastos cultivados *l. hybridum* y *m.sativa* niveles de plomo de 57.17mg/kg y 57.19mg/kg en el valle del Mantaro. Estos datos son superiores a los hallados en el presente trabajo de investigación, a su vez superan los límites máximos permisibles (UE, 2015), por lo cual podríamos mencionar que dichos pastos cultivados tienen la capacidad de acumular plomo, convirtiéndose en un potencial contaminante para los animales que lo consumen.

Por el contrario, Huanqui (2018) encontró 0.000884 mg/kg de plomo en pasto en Puno, estos datos son inferiores a los hallados en la presente investigación, y están por debajo de los límites máximos permisibles (UE, 2015), comprobando así; que existe presencia mínima de plomo en dicha zona a pesar que hay una actividad minera informal.

4.1.4 Niveles de mercurio en zonas de pastizales

Los resultados de niveles de mercurio en zona de pastizales de las alpacas muestran con media de 0.34 mg/kg con variaciones mínima de 0.01 mg/kg y con nivel máximo de 0.80 mg/kg en áreas de pastizales bofedales; mientras en área secano los niveles de concentración media fue de 0.46 mg/kg para las zonas de pastizales de secano con variaciones mínimas 0.01 mg/Kg y un nivel máximo de 0.97 mg/Kg (Tabla 11 y Figura 7).

Tabla 11

Niveles de Mercurio (mg/kg) en Zona de Pastizales.

Zona de pastizales	n	Promedio ± Ds	Niveles de mercurio (mg/kg)		CV
			Mínimo	Máximo	
Bofedales	10	0.34 ± 0.29	0.01	0.80	84.40
Secano	10	0.46 ± 0.36	0.01	0.97	77.54

El nivel promedio de concentración de Hg en la zona de bofedales es menor en relación a la zona secano que no tiene influencia directa con agua afluyente de pasivos minerales, dicha diferencia se le atribuye en que la zona secano tiene relación directa a la carretera de corredor minero por consiguiente se le atribuye dicha diferencia al acceso directa a la emisión de gases por vehículos del corredor minero, por otro lado, según (Yulieth *et al.*, 2016). Indica el metilmercurio es una de las formas con elevada toxicidad y es muy fácilmente incorporado en la cadena alimenticia y bio-acumulado en seres vivos.

Los niveles de concentración en promedio de mercurio en zona de pastizales bofedales y en área secano superan a los niveles establecidas según norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos enmendadas por la (UE)

2015/186 de la comisión de 6 de febrero de 2015 donde indican niveles permisibles máximos de mercurio sobre la calidad alimentaria es de 0.1 mg/kg. Al contrastar los niveles de concentración de Hg en la zona tanto en bofedales y en zona secano son superiores en el presente estudio en relación a las normas establecidas (UE, 2015); la diferencia de resultados se le atribuye en la zona está expuesta al riesgo proveniente de pasivos mineros y la actividad minera que existe en la zona.

Por otro lado, según Arroyave *et al.* (2009) realizaron estudios donde encontraron concentraciones de 43 y 46 mg/kg de Hg en *Brachiaria dictyoneura* donde se evaluó el efecto de Hg sobre la capacidad bioacumuladora y toxicidad, lo que demuestra que *Brachiaria dictyoneura* es tolerante a estas concentraciones. Estos resultados son superiores a los encontrados en el presente trabajo de investigación, por tanto, son superiores a los niveles establecidos (UE, 2015).

Mientras que Huanqui (2018) encontró en zonas de pastoreo con actividad minera, y reporto un nivel de mercurio de 1,996 mg/kg, este resultado es superior a lo hallado en el presente trabajo de investigación, a su vez es superior al nivel máximo permisible (UE, 2015), esta concentración tan alta de Hg indica que es un peligro para los animales que pastan ya que podrían generar problemas en los animales y en las personas que consuman las carnes de estos animales contaminados.

Según Cano (2021), reporto niveles de mercurio de 259 y 249 mg/kg en pastos naturales y avena, la misma manera dichos resultados son superiores en relación al presente trabajo de investigación, a su vez que superan los niveles máximos permisibles (UE, 2015) lo cual se atribuye a la contaminación por parte de la actividad minera a la cuenca de río Llallimayo que con esta a su vez están siendo irrigados los pastizales.

CONCLUSIONES

- Los niveles de concentración de metales pesados (Pb y Hg) en suero sanguíneo según edad y número de partos de alpacas y en zonas de pastizales en la Comunidad de Patacollana distrito de Condoroma; mediante espectrofotometría de absorción atómica, ha permitido analizar la presencia de metales (Pb y Hg) donde los niveles superan a los límites permisibles según normas internacionales.
- Los niveles de concentración media de Pb en suero sanguíneo según edad y número de partos de alpacas fueron 0.05, 0.06, 0.05, y 0.04 mg/L para las alpacas jóvenes, adultas primíparas y multíparas respectivamente, y los niveles de Hg fueron 0.098, 0.148, 0.073 y 0.101 mg/L en alpacas jóvenes, adultas primíparas y multíparas respectivamente.
- En zona de pastizales, los niveles de concentración media de Pb fueron 0.70 y 0.57 mg/kg. para zona bofedales y secano respectivamente, mientras los niveles de concentración de Hg fueron 0.34 y 0.46 mg/kg en zona bofedales y secano respectivamente.

RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones de otros metales pesados en época de lluvia y en época seca en las zonas de pastizales bofedales y áreas secanos.
- Realizar investigaciones sobre metales pesados en áreas de pastizales que está en el entorno de carretera de corredor minero y áreas alejadas de carretera.
- Diseñar nuevos proyectos de investigación en la evaluación del suelo, pastos, flora acuática, y también realizar estudios de metales pesados en carne de alpacas en la zona de corredor minero y zonas de pastizales que no están influenciadas en la carretera.
- Realizar investigaciones sobre metales pesados en suero sanguíneo de alpacas en las diferentes estaciones del año.
- Realizar una investigación comparativa de plomo y mercurio entre diferentes afluentes de pasivos mineros y afluentes de con actividad minera.
- Realizar una investigación comparativa de niveles de metales pesados en suero sanguíneo de alpacas en zonas con actividad minera y sin actividad minera.

BIBLIOGRAFÍA

- Acharte, L. M. (2018). *Presencia de Cadmio y Plomo en agua, suelo y su acumulacion en pastos naturales de las bocaminas San Antonio y Tangana de la comunidad de Huachocolpa Huancavelica-2018*. Huancavelica.
- Alvarez, J. S. (2011). *Mineria aurifera y Contaminacion con mercurio (CENSOPAS)*. Lima: Super Grafica E.I.R.L.
- Ander, E. (2017). *Metodologia*. Tipos y nivel de investigacion
<http://devnside.blogspot.com/2017/10/tipos-y-niveles-de-investigacion.html>
- Apaza, V. R. (2017). “*Metales pesados en carne y vísceras de alpacas de dos comunidades del distrito de Ananea*”. Puno.
- Arce, O. (2000.). *Metales pesados presentes en el agua*. Bolivia: Manual de prácticas. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia: <http://www.fcyt.umss>.
- Armeta, N. R. (2017). *Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio) 16, 140-147*.
- Arrieta, A. (2017). *Determinación y cuantificación de metales pesados en subproductos bovinos, pasto, suelos y aguas en veredas del municipio de tibú, norte de santander*. Pamplona.
- Arroyave , Q., Araque, M., Carlos, A., y Peralez, J. (2009). *Evaluacion de la bioacumulacion y toxicidad de cadmio y mercurio en pasto llanero (Brachiaria dictyoneura)*. VITAE, revista de la facultad de quimica farmaceutica ISSN 0121-4004, 17(1), 45-49.
- Arroyave, J. (2008). *Guias para el manejo de urgencias toxicologicas*. Colombia: Ministerio de la Produccion Social.

- Aslani, M. R., Heirdarpour, M., Najarnezhad, M. M., y Khorasani, Y. T. (2012). *Lead poisoning in cattle associated with batteries recycling: High lead levels in milk of nonsymptomatic exposed cattle.*
- IJVST, 4(1), 47-52. https://www.researchgate.net/profile/Vahid-Najarnezhad-2/publication/256838760_Lead_poisoning_in_cattle_associated_with_batteries_recycling_High_lead_levels_in_milk_of_nonsymptomatic_exposed_cattle/links/0deec53953baaab75b0000000/Lead-poisoning-in-cattle-a
- ATSDR. (1999). *Toxicological Profile for cadmium, Department of Health and Human Services.* Public Health Service.
- Ayala, J., y Romero, H. (2013). *Presencia de metales pesados(arsenico y mercurio) en leche de vaca al sur de Ecuador).* Universidad Politecnica Salesiana Cuenca, Ecuador: Revista de Ciencias de la Vida., 36-43.
- Badiei, K., Mostaghni, K., Nikghandam, P. y Pourjafar, M. (2010). *El efecto del mercurio sobre la funcion tiroidea en ovejas.* International Journal of Veterinary Research, 4(4), 277-281.
- Bernal, A. (2019). *Niveles de metales pesados en los hatos lecheros del valle de Antapampa Pasco.* Huancayo-Perú.
- Bustamante, J. C. (2000). *Niveles de metales pesados (Pb, Cd, Mo y Zn) en ganado bovino criado sobre pastos naturales en Colombia.* Colombia.

- Cabrera, P. (2013). *Evaluación del Impacto Ambiental en la Minería de la Rinconada - Ananea*. Puno: Monografía UPG - FM - UNAS. cabreracano@hotmail.com.
- CENSOPAS (2010). *Riesgos a la salud por exposición a metales pesados en la provincia de Espinar-Cusco-2010*. Espinar.
- Chata, A. (2015). *Precencia de metales pesado (Hg,As,Pb y Cd) en agua y leche en la cuenca del rio Ccoata 2015*. Tesis para optar el título profesional en licenciada en Nutrición Humana. Universidad Nacional de Antiplano, Puno.
- Chirinos, D., Contreras, J., Curasma, J., y Quispe, R. (2021). *Evaluación de pastizales consumidos por alpacas madres y tuis (Vicugna Pacos) en bofedales en época seca, Yauyos, Perú*. Revista de investigación altoandinas, 23(2).
- <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2021.219>
- Christopher, H. G. (2006). *Las concentraciones de mercurio de peces, el agua del rio , y los sedimentos en la cuenca del rio Ramis-Lago Titicaca, Peru*. Puno.
- Defensoria del Pueblo. (2013). *La minería en el sur andino*. Cusco.
- Diario Oficial de la Union Europea. (2006). *Contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios*. Reglamento (CE) 1881/2006.
- Dwidevi, S., y Swarup, D. (1995). *Plomo en la sangre y la leche del ganado vacuno y búfalo de la India urbana*. Europe PMC, 37(5), 471-472.
- <https://europepmc.org/article/med/8592841>
- EEC, C. (2006). *Reglamento por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios*. pág. pagina 20.

Erostegui, C. P. (2009). *Contaminacion por metales pesados*. Revista Científica Ciencia Medica, 45-46.

Gonzales, V., Fernandez, N., Disalvo, L., Varea, A., Finkelstein, J., y Garcia, S. (2019). *Niveles de plomo en sangre de perros de la cuenca Matanza-Riachuelo*. Su función como centinelas de riesgo ambiental. Salud Ambient, 19(2), 159-168.

Hernandez, R., Fernandez , C., y Baptista, L. (2006). *Metodologia de la Investigacion. Ciudad de Mexico: McGraw-Hill*. Obtenido de https://competenciashg.files.wordpress.com/2012/10/sampieri-et-al-metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicionsampieri-2006_ocr.pdf

Huanqui, R. (2018). *Determinación de metales pesados en pastos, fibra, carne y vísceras de alpacas en comunidades del distrito de Ananea - Puno*.

Iquise, R. (2017). “*Metales pesados en carne y vísceras de alpacas de dos comunidades del distrito de Ananea*”. Puno.

Leguía, G.(1989.). *Sarcocistiosis o triquina*. Lima-Peru: Boletín Técnico N° 7 – CICC
Universidad Nacional Mayor de San Marcos IVITA.

López, M. (2003). *Cadmium and lead accumulation in cattle in NW Spain*. Vet Hum Toxicol. 45(3):128-30.

Lopez, P. (2022). Unidad de servicios de análisis químicos. *Univesidad Nacional Mayor de San Marcos*.

Martinez, M. (2018). *Análisis instrumental Espectrometría de Absorción Atómica (EAA)*.

Valencia.

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/138418/Mart%C3%ADnez%20%20n%C3%A1lisis%20Instrumental.%20Espectrometr%C3%ADa%20de%20Absorci%C3%B3n%20At%C3%B3mica%20%28EAA%29.pdf>

Martinez, M., Villafañe, F., y Arnulfo, J. (2018). *Intoxicación aguda con plomo en bovinos*.

Produccion animal, 1-4. <https://www.produccion>

[animal.com.ar/suplementacion_mineral/23-intoxicacion_aguda_con_plomo.pdf](https://www.produccionanimal.com.ar/suplementacion_mineral/23-intoxicacion_aguda_con_plomo.pdf)

Mendez, J. (2001). *Metales pesados en alimentacion animal*. Sitio argentino de produccion animal.

Mendez, Y. B. (2002). *Metales Pesados en Alimentación Animal*. Anaporc. . Revista de

Porcinocultura 22(223): 88-95.

Mendoza, A., Passuni S., Echave J. (2014). *La mineria en el sur andino; el caso de Cusco*.

Cusco.

Mendoza, Y., y Medina, C. (2013). *Determinación de plomo y cadmio por espectrofotometría de absorción atómica en la leche cruda de bovino en establos lecheros del distrito de Chancay- Huaral,2013*. Tesis para optar el titulo profesional. Universidad Wiener, Lima.

MINSA. (2013). *Guia de práctica clinica para el disgnostico y tratamiento de intoxicación por Mercurio*. Resolucion Ministerial.

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/202034/198798_RM757_2013_MINS A.p df20180926-32492-1nwsfjp.pdf

MINSA. (2013). *Guia de Practica para el diagnostico de la intoxicación por Mercurio*.

Lima.

Molinelli, F. Y. (2007). *Panorama de la Minería en el Perú*. Osinergmin-Perú pag. 10.

Moreno, M. (2003). *Toxicología Ambiental. Evaluación de Riesgo para la Salud Humana*.

Madrid: McGraw Hil.

Moreno, R., Castro, N., Calderon, F., Moreno, A., y Tamariz, J. (2018). *Metales pesados en leche de vacas alimentadas con alfalfa producida en suelos irrigados con aguas residuales en Puebla y Tlaxcala, México*. SCIELO, 9(3).

<https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i3.4358>

Nava, R., y Mendez, A. (2017). *Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio)* 16, 140-147.

Nordberg, G. (2007). *Inhalation Hadbook on the toxicology of metals*. San Diego, California:

Academic Press Inc.

Oliver, A. (1997). *Soil and human health*. A Review. European Journal of.

OMS (2003). Updated cot statement on a survey of mercury in fish and. *Committee on Toxicity*.

OMS (2014). *Inorganic Mercury*. www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf.

OMS. (2021). *Directrices de la OMS 2021 para el tratamiento clínico de la exposición al plomo*. Uruguay. https://www.paho.org/sites/default/files/2021-cde-gestion-clinica-plomo-omslaborde_0.pdf

- Ortiz, A., Araque, P., y Pelaez, C. (2016). *Cuantificación de mercurio en pastos tratado con biosolidos por espectrofotometria de absorcion atomica con generador de hidruros*. EIA, 13(25), 147-155.
- Oyarzun, R. Y. (2009). *Minería ambiental*. Madrid: GEMM.
- Pacco, D. (2018). *Determinación de metales pesados en la leche y pelo de vaca en la cuenca del rio Llallimayo Melgar- Puno*. Tesis para optar el titulo de medico veterinario y zootecnista. Universidad Nacional del Antiplano, PUNO.
- Pajares, G., y Vargas, J. (2018). *Bioacumulación de metales pesados en leche vacuna producto de la ingesta de pastos impactados por pasivos mineros en el distrito de Chugur en el año 2017*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Palheta, D., y Taylor, A. (1995). *Mercurio en muestras ambientales y biológicas de una zona minera de oro en la región amazónica de Brasil*. ELSEVIER, 168(1), 63-69.
[https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04533-7](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04533-7)
- Parra, M. H. (2003). *Los residuos de medicamentos en la leche, problematica y estrategia para su control*. Colombia: Manual tecnico CORPOICA, Colombia.
- Perez, L. (2019). *Concentración de plomo, cadmio y zinc en musculo de alpaca beneficiados en el camal de Huancavelica*. Huancayo.
- Perez, R. H. (2018). *Determinación de metales pesados en pastos, fibra, carne y vísceras de alpacas en comunidades del distrito de Ananea - Puno*. Puno.
- Polo, C. A., Lacera, A., y Polo, J. M. (2019). *Intoxicación de animales por metales pesados. Estudio de casos clínicos*. Medellin: Todograficas Ltda.

- Quijada, C. (2021). *Bioacumulación y transferencia de plomo desde el suelo a los pastos y leche en la estación experimental el Mantaro - Huancayo*. Tesis.
- Quiroga, A. (2021). *Mantenimiento preventivo para mejorar el rendimiento de las chancadoras primarias de la minería Antoni Raymondi, Condoroma, Cusco 2020*. Arequipa.
- Raimann, R. (2014). Mercurio en pescado y su importancia en la salud. *Rev Med Chile*, 1174-1180.
- Ramirez, A. (2005). *El cuadro Clínico de la Intoxicación ocupacional por plomo*. Anales de la Facultad de Medicina.
- Rodriguez, R., Garcia, E., y Montenegro, O. (2002). *Niveles de contaminación de mercurio, cadmio, arsénico y plomo en subsistemas de producción de la cuenca baja del río Bogotá*. Actualidad y divulgación científica (Bogotá), 4(2), 66-71.
- Huanqui, P. (2018). *Determinación de metales pesados en pastos, fibra, carne y vísceras de alpacas en comunidades del distrito de Ananea - Puno*. Puno.
- Saavedra, O. (2018). *Mercurio Total en Vicuñas en Áreas Mineras Del Noreste De de la Paz, Bolivia*. Mastozoología neotropical.
- Shibamoto, T. (1993). *Introduction to food toxicology*. . San Diego: California: Academic Press Inc.
- UE. (2015). Reglamento (UE) 2015/186 de la Comisión. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 7(2), págs. 11-31. <https://www.boe.es/doue/2015/031/L00011-00017.pdf>
- Valdivia, Y. (2005). *Intoxicación por plomo*. Rev. Soc. Per. Med. Inter.

- Valladares, B., Peña, S., Zamora, J., Velazquez, V., Ortega, C., Zaragoza, A., Garcia, O. (2014). *Determinacion de plomo en sangre de perros de la ciudad de Toluca, Mexico*. redvet, 15(4), 1-10.
- Villalva, A. (2016). *Relación entre los niveles de plomo con el peso y alzada al nacimiento en corderos de la raza junin-up Casaracra-SAIS Tupac Amaru*. Huancayo.
- Wittmann, G. (1981). *Toxic Metals*. Berlin: Springer-Verlag. *Toxic metals, Metal Pollution in the Aquatic Environment* pp 3-70.

ANEXOS

Anexo 1

Codificación de Muestras y Resultados de Niveles de Metales Pesados.

ALPACAS JOVENES						
N°	CODIGO D	CARACTERISTICAS	EDAD	PLOMO	MERCURIO	UNIDADES
1	1	HUACAYA BLANCA	DL	0.03	0.12	PPM
2	2	HUACAYA BLANCA arete: 23854	DL	0.09	0.05	PPM
3	3	HUACAYA BLANCA	DL	0.04	0.1	PPM
4	4	HUACAYA BLANCA 08578	DL	0.01	0.01	PPM
5	5	HUACAYA BLANCA	DL	0.05	0.13	PPM
6	6	HUACAYA BLANCA	DL	0.08	0.18	PPM

ALPACAS ADULTAS						
N°	CODIGO	CARACTERISTICAS	EDAD	PLOMO	MERCURIO	UNIDADES
1	7	SURY BLANCO 14851	BLL	0.04	0.17	PPM
2	8	HUACAYA BLANCA	BLL	0.03	0.1	PPM
3	9	HUACAYA BLANCA 472	4D	0.09	0.18	PPM

4	10	SURY BLANCO	BLL	0.04	0.19	PPM
5	11	HUACAYA BLANCA	4D	0.05	0.09	PPM
6	12	HUACAYA BLANCA	BLL	0.1	0.16	PPM

ALPACAS MULTIPARAS						
N°	CODIGO	CARACTERISTICAS	EDAD	PLOMO	MERCURIO	UNIDADES
1	13	HUACAYA BLANCA	BLL	0.01	0.18	PPM
2	14	HUACAYA BLANCA 01530	BLL	0.06	0.1	PPM
3	15	HUACAYA BLANCA 07726	BLL	0.01	0.09	PPM
4	16	HUACAYA BLANCA	BLL	0.03	0.05	PPM
5	17	HUACAYA BLANCA	BLL	0.08	0.13	PPM
6	18	HUACAYA BLANCA	BLL	0.04	0.1	PPM
7	19	HUACAYA BLANCA 04551	BLL	0.03	0.14	PPM
8	20	HUACAYA BLANCA 07719	BLL	0.06	0.16	PPM
9	21	HUACAYA BLANCA	BLL	0.02	0	PPM
10	22	HUACAYA BLANCA 13899	BLL	0.05	0.06	PPM

ALPACAS PRIMIPARAS						
N°	CODIGO	CARACTERISTICAS	EDAD	PLOMO	MERCURIO	UNIDADES
1	23	HUACAYA BLANCA	2D	0.09	0.01	PPM
2	24	SURY BLANCO	2D	0.01	0.18	PPM
3	25	HUACAYA BLANCA 07726	2D	0.03	0.03	PPM
4	26	HUACAYA BLANCA	2D	0.09	0.01	PPM
5	27	HUACAYA BLANCA	2D	0.02	0.14	PPM
6	28	HUACAYA BLANCA	2D	0.01	0.09	PPM
7	29	HUACAYA BLANCA	2D	0.07	0.15	PPM
8	30	HUACAYA BLANCA	2D	0.09	0.01	PPM
9	31	HUACAYA BLANCA	2D	0.02	0.06	PPM
10	32	HUACAYA BLANCA	2D	0.05	0.05	PPM

ZONA DE PASTIZALES BOFEDALES				
N°	CODIGO	PB	HG	UNIDADES
1	B-1	0.99	0.61	PPM
2	B-2	0.37	0.8	PPM
3	B-3	0.71	0.23	PPM
4	B-4	0.65	0.09	PPM
5	B-5	0.43	0.01	PPM

6	B-6	0.71	0.11	PPM
7	B-7	0.77	0.02	PPM
8	B-8	0.73	0.64	PPM
9	B-9	0.92	0.46	PPM
10	B-10	0.69	0.41	PPM

ZONA DE PASTIZALES SECANO				
N°	CODIGO	PB	HG	UNIDADES
1	S-1	0.16	0.56	PPM
2	S-2	0.87	0.07	PPM
3	S-3	0.32	0.06	PPM
4	S-4	0.6	0.87	PPM
5	S-5	0.72	0.15	PPM
6	S-6	0.52	0.59	PPM
7	S-7	0.81	0.01	PPM
8	S-8	0.16	0.97	PPM
9	S-9	0.74	0.67	PPM
10	S-10	0.79	0.66	PPM

Anexo 2

Resultados de laboratorio.

	<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p style="text-align: center;">UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS</p>	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO

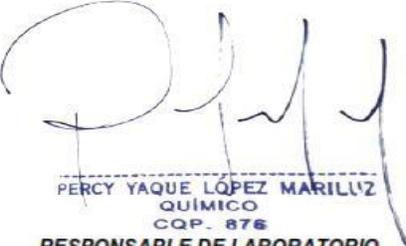
N° 105-2022

Cliente	RODRIGO VERA HUARCA; ERIKA NUÑONCA PPACCO
Dirección del cliente	Calle Soldado desconocido s/n
Referencia USAQ	105
Denominación de la muestra	SUEROS SANGUINEOS DE ALPACAS Y PASTOS
Fecha de recepción	7/03/2022
Fecha de análisis	8/03/2022
Fecha de emisión de informe	15/03/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas y hojas de pasto

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
105-01	Plomo	N° 01	0.03	ppm
105-02	Plomo	N° 02	0.09	ppm
105-03	Plomo	N° 03	0.04	ppm
105-04	Plomo	N° 04	0.01	ppm
105-05	Plomo	N° 05	0.05	ppm
105-06	Plomo	N° 06	0.08	ppm
105-07	Plomo	N° 07	0.04	ppm
105-08	Plomo	N° 08	0.03	ppm
105-09	Plomo	N° 09	0.09	ppm
105-10	Plomo	N° 10	0.04	ppm
105-11	Plomo	N° 11	0.05	ppm
105-12	Plomo	N° 12	0.10	ppm

Límites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Plomo	0.003 ppm	USAQ-ME-04 AAS


 PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ
 QUÍMICO
 CQP. 876
RESPONSABLE DE LABORATORIO

**INFORME DE ENSAYO**

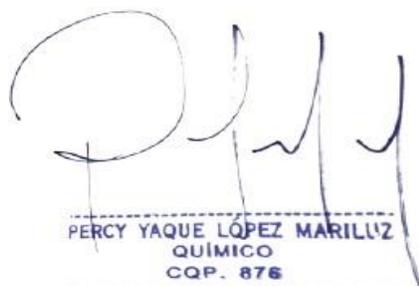
N° 105-2022

Cliente	RODRIGO VERA HUARCA; ERIKA NUÑONCA PPACCO
Dirección del cliente	Calle Soldado desconocido s/n
Referencia USAQ	105
Denominación de la muestra	SUEROS SANGUINEOS DE ALPACAS Y PASTOS
Fecha de recepción	7/03/2022
Fecha de análisis	8/03/2022
Fecha de emisión de informe	15/03/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas y hojas de pasto

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
105-13	Plomo	N° 13	0.01	ppm
105-14	Plomo	N° 14	0.06	ppm
105-15	Plomo	N° 15	0.01	ppm
105-16	Plomo	N° 16	0.03	ppm
105-17	Plomo	N° 17	0.08	ppm
105-18	Plomo	N° 18	0.04	ppm
105-19	Plomo	N° 19	0.03	ppm
105-20	Plomo	N° 20	0.06	ppm
105-21	Plomo	N° 21	0.02	ppm
105-22	Plomo	N° 22	0.05	ppm
105-23	Plomo	N° 23	0.09	ppm
105-24	Plomo	N° 24	0.01	ppm

Límites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Plomo	0.003 ppm	USAQ-ME-04 AAS



PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ
QUÍMICO
CQP. 876
RESPONSABLE DE LABORATORIO

	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS	
---	---	---

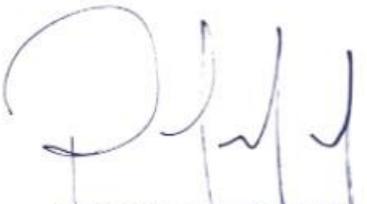
INFORME DE ENSAYO
N° 105-2022

Cliente	RODRIGO VERA HUARCA; ERIKA NUÑONCA PPACCO
Dirección del cliente	Calle Soldado desconocido s/n
Referencia USAQ	105
Denominación de la muestra	SUEROS SANGUINEOS DE ALPACAS Y PASTOS
Fecha de recepción	7/03/2022
Fecha de análisis	8/03/2022
Fecha de emisión de informe	15/03/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas y hojas de pasto

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
105-25	Plomo	N° 25	0.03	ppm
105-26	Plomo	N° 26	0.09	ppm
105-27	Plomo	N° 27	0.02	ppm
105-28	Plomo	N° 28	0.01	ppm
105-29	Plomo	N° 29	0.07	ppm
105-30	Plomo	N° 30	0.09	ppm
105-31	Plomo	N° 31	0.02	ppm
105-32	Plomo	N° 32	0.05	ppm
105-33	Plomo	N° B-1	0.99	ppm
105-34	Plomo	N° B-2	0.37	ppm
105-35	Plomo	N° B-3	0.71	ppm
105-36	Plomo	N° B-4	0.65	ppm

Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Limite de detección	Método
Plomo	0.003 ppm	USAQ-ME-04 AAS


 PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ
 QUÍMICO
 CQP. 876
RESPONSABLE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



INFORME DE ENSAYO

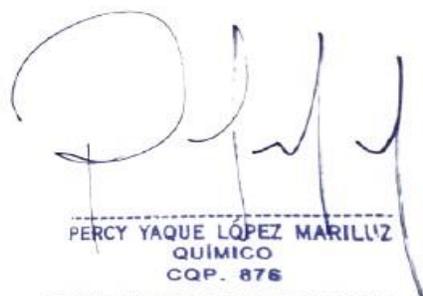
N° 105-2022

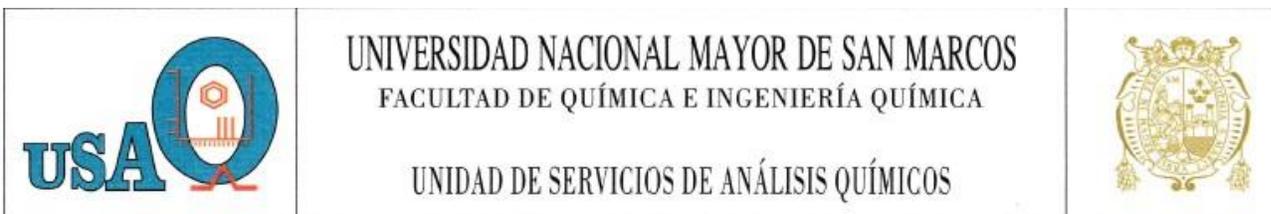
Cliente	RODRIGO VERA HUARCA; ERIKA NUÑONCA PPACCO
Dirección del cliente	Calle Soldado desconocido s/n
Referencia USAQ	105
Denominación de la muestra	SUEROS SANGUINEOS DE ALPACAS Y PASTOS
Fecha de recepción	7/03/2022
Fecha de análisis	8/03/2022
Fecha de emisión de informe	15/03/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas y hojas de pasto

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
105-37	Plomo	N° B-5	0.43	ppm
105-38	Plomo	N° B-6	0.71	ppm
105-39	Plomo	N° B-7	0.77	ppm
105-40	Plomo	N° B-8	0.73	ppm
105-41	Plomo	N° B-9	0.92	ppm
105-42	Plomo	N° B-10	0.69	ppm
105-43	Plomo	N° S-1	0.16	ppm
105-44	Plomo	N° S-2	0.87	ppm
105-45	Plomo	N° S-3	0.32	ppm
105-46	Plomo	N° S-4	0.60	ppm
105-47	Plomo	N° S-5	0.72	ppm
105-48	Plomo	N° S-6	0.52	ppm

Límites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Plomo	0.003 ppm	USAQ-ME-04 AAS


PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ
QUÍMICO
CQP. 876
RESPONSABLE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



INFORME DE ENSAYO

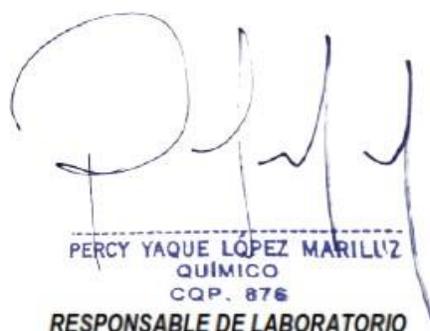
N° 105-2022

Cliente	RODRIGO VERA HUARCA; ERIKA NUÑONCA PPACCO
Dirección del cliente	Calle Soldado desconocido s/n
Referencia USAQ	105
Denominación de la muestra	SUEROS SANGUINEOS DE ALPACAS Y PASTOS
Fecha de recepción	7/03/2022
Fecha de análisis	8/03/2022
Fecha de emisión de informe	15/03/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas y hojas de pasto

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
105-49	Plomo	N° S-7	0.81	ppm
105-50	Plomo	N° S-8	0.16	ppm
105-51	Plomo	N° S-9	0.74	ppm
105-52	Plomo	N° S-10	0.79	ppm

Límites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Plomo	0.003 ppm	USAQ-ME-04 AAS



PERCY YAQUE LÓPEZ MARILLIZ
QUÍMICO
CQP. 876
RESPONSABLE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA



UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

INFORME DE ENSAYO

N° 106-2

Cliente	RODRIGO VERA HUARCA; ERIKA NUÑONCA PPACCO
Dirección del cliente	Calle Soldado desconocido s/n
Referencia USAQ	106
Denominación de la muestra	SUEROS SANGUINEOS DE ALPACAS Y PASTOS
Fecha de recepción	7/03/2022
Fecha de análisis	8/03/2022
Fecha de emisión de informe	15/03/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas y hojas de pasto

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
106-01	Mercurio	N° 01	0.12	ppm
106-02	Mercurio	N° 02	0.05	ppm
106-03	Mercurio	N° 03	0.10	ppm
106-04	Mercurio	N° 04	0.01	ppm
106-05	Mercurio	N° 05	0.13	ppm
106-06	Mercurio	N° 06	0.18	ppm
106-07	Mercurio	N° 07	0.17	ppm
106-08	Mercurio	N° 08	0.10	ppm
106-09	Mercurio	N° 09	0.18	ppm
106-10	Mercurio	N° 10	0.19	ppm
106-11	Mercurio	N° 11	0.09	ppm
106-12	Mercurio	N° 12	0.16	ppm

Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Mercurio	0.002 ppm	USAQ-ME-04 AAS

PERCY YAQUE LÓPEZ MARILLIZ
QUÍMICO
CQP. 876

RESPONSABLE DE LABORATORIO


INFORME DE ENSAYO
N° 106-2022

Cliente	RODRIGO VERA HUARCA; ERIKA NUÑONCA PPACCO
Dirección del cliente	Calle Soldado desconocido s/n
Referencia USAQ	106
Denominación de la muestra	SUEROS SANGUINEOS DE ALPACAS Y PASTOS
Fecha de recepción	7/03/2022
Fecha de análisis	8/03/2022
Fecha de emisión de informe	15/03/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas y hojas de pasto

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
106-13	Mercurio	N° 13	0.18	ppm
106-14	Mercurio	N° 14	0.10	ppm
106-15	Mercurio	N° 15	0.09	ppm
106-16	Mercurio	N° 16	0.05	ppm
106-17	Mercurio	N° 17	0.13	ppm
106-18	Mercurio	N° 18	0.10	ppm
106-19	Mercurio	N° 19	0.14	ppm
106-20	Mercurio	N° 20	0.16	ppm
106-21	Mercurio	N° 21	0.00	ppm
106-22	Mercurio	N° 22	0.06	ppm
106-23	Mercurio	N° 23	0.01	ppm
106-24	Mercurio	N° 24	0.18	ppm

Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Mercurio	0.002 ppm	USAQ-ME-04 AAS


 PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ
 QUÍMICO
 CQP. 876
RESPONSABLE DE LABORATORIO

	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS	
---	---	---

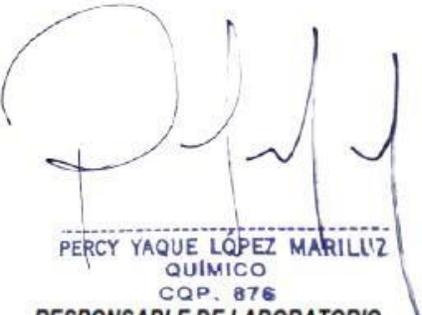
INFORME DE ENSAYO
N° 106-2022

Cliente	RODRIGO VERA HUARCA; ERIKA NUÑONCA PPACCO
Dirección del cliente	Calle Soldado desconocido s/n
Referencia USAQ	106
Denominación de la muestra	SUEROS SANGUINEOS DE ALPACAS Y PASTOS
Fecha de recepción	7/03/2022
Fecha de análisis	8/03/2022
Fecha de emisión de informe	15/03/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas y hojas de pasto

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
106-25	Mercurio	N° 25	0.03	ppm
106-26	Mercurio	N° 26	0.01	ppm
106-27	Mercurio	N° 27	0.14	ppm
106-28	Mercurio	N° 28	0.09	ppm
106-29	Mercurio	N° 29	0.15	ppm
106-30	Mercurio	N° 30	0.01	ppm
106-31	Mercurio	N° 31	0.06	ppm
106-32	Mercurio	N° 32	0.05	ppm
106-33	Mercurio	N° B-1	0.61	ppm
106-34	Mercurio	N° B-2	0.80	ppm
106-35	Mercurio	N° B-3	0.23	ppm
106-36	Mercurio	N° B-4	0.09	ppm

Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Mercurio	0.002 ppm	USAQ-ME-04 AAS


PERCY YAQUE LÓPEZ MARILLIZ
QUÍMICO
CQP. 876
RESPONSABLE DE LABORATORIO

	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS	
---	---	---

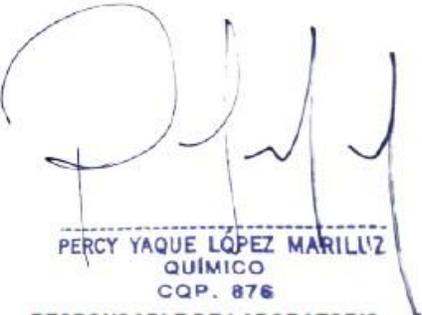
INFORME DE ENSAYO
N° 106-2022

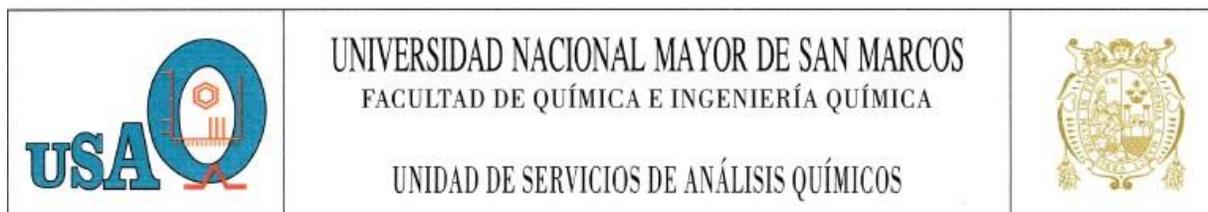
Cliente	RODRIGO VERA HUARCA; ERIKA NUÑONCA PPACCO
Dirección del cliente	Calle Soldado desconocido s/n
Referencia USAQ	106
Denominación de la muestra	SUEROS SANGUINEOS DE ALPACAS Y PASTOS
Fecha de recepción	7/03/2022
Fecha de análisis	8/03/2022
Fecha de emisión de informe	15/03/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas y hojas de pasto

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
106-37	Mercurio	N° B-5	0.01	ppm
106-38	Mercurio	N° B-6	0.11	ppm
106-39	Mercurio	N° B-7	0.02	ppm
106-40	Mercurio	N° B-8	0.64	ppm
106-41	Mercurio	N° B-9	0.46	ppm
106-42	Mercurio	N° B-10	0.41	ppm
106-43	Mercurio	N° S-1	0.56	ppm
106-44	Mercurio	N° S-2	0.07	ppm
106-45	Mercurio	N° S-3	0.06	ppm
106-46	Mercurio	N° S-4	0.87	ppm
106-47	Mercurio	N° S-5	0.15	ppm
106-48	Mercurio	N° S-6	0.59	ppm

Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Mercurio	0.002 ppm	USAQ-ME-04 AAS


 PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ
 QUÍMICO
 CQP. 876
RESPONSABLE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



INFORME DE ENSAYO

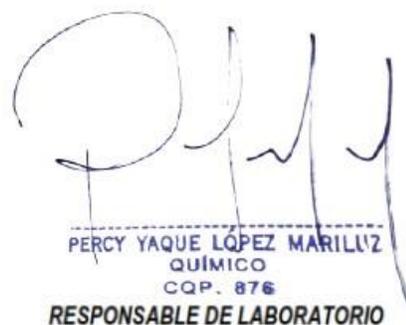
N° 106-2022

Cliente	RODRIGO VERA HUARCA; ERIKA NUÑONCA PPACCO
Dirección del cliente	Calle Soldado desconocido s/n
Referencia USAQ	106
Denominación de la muestra	SUEROS SANGUINEOS DE ALPACAS Y PASTOS
Fecha de recepción	7/03/2022
Fecha de análisis	8/03/2022
Fecha de emisión de informe	15/03/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas y hojas de pasto

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
106-49	Mercurio	N° S-7	0.01	ppm
106-50	Mercurio	N° S-8	0.97	ppm
106-51	Mercurio	N° S-9	0.67	ppm
106-52	Mercurio	N° S-10	0.66	ppm

Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Limite de detección	Método
Mercurio	0.002 ppm	USAQ-ME-04 AAS



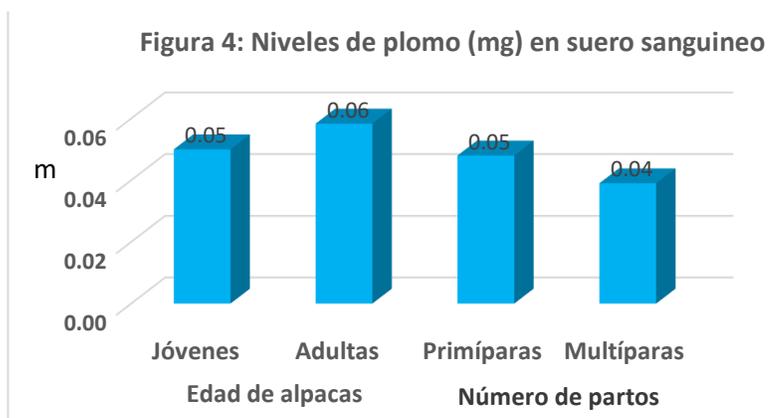
PERCY YAQUE LÓPEZ MARILLIZ
QUÍMICO
CQP. 876
RESPONSABLE DE LABORATORIO

Anexo 3

Concentraciones de plomo y mercurio en suero sanguíneo de alpacas y pastos.

Figura 4

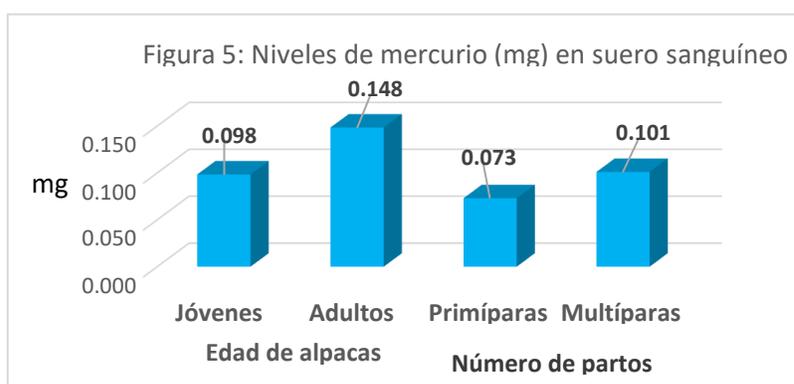
Niveles de plomo en suero sanguíneo de alpacas.



Nota: Las concentraciones de plomo son de miligramos por litro de sangre de alpacas.

Figura 5

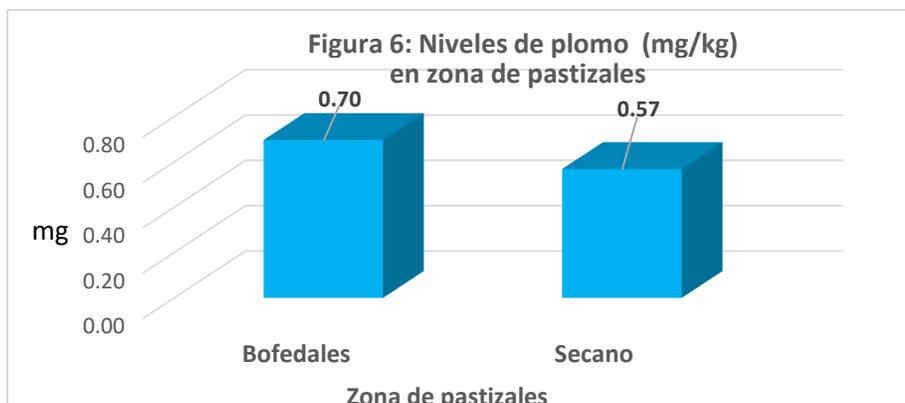
Niveles de mercurio en suero sanguíneo de alpacas.



Nota: las concentraciones de mercurio son de miligramos por litro de sangre de alpacas.

Figura 6

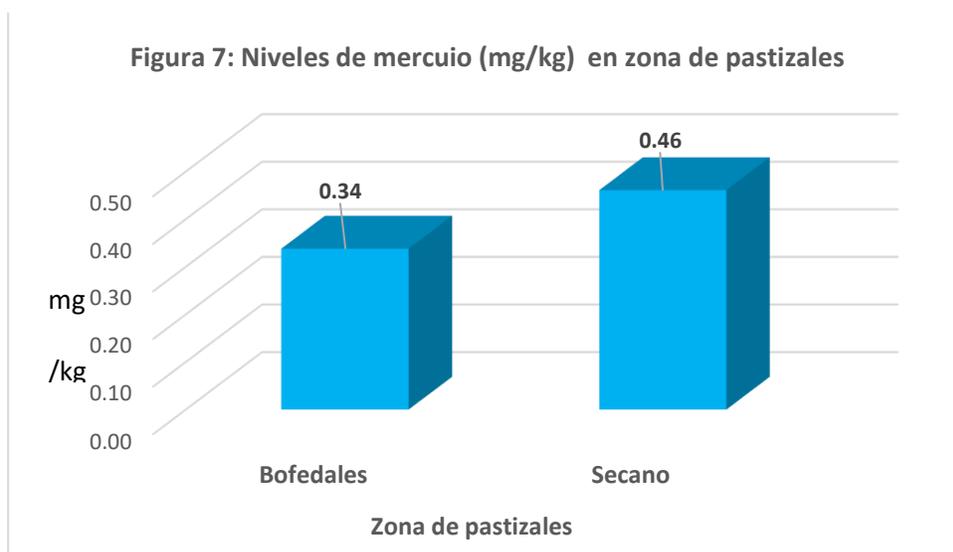
Niveles de plomo en pastizales.



Nota: las concentraciones de plomo son de miligramos por kilogramo de pastos.

Figura 7

Niveles de mercurio en zona de pastizales.



Nota: las concentraciones de mercurio son de miligramos por kilogramo de pastos.

Anexo 4

Panel fotográfico.

Imagen 1

Animales y materiales de muestreo.



Nota. Identificación de animales para la obtención de muestras de sangre y materiales de campo para la obtención de muestras.

Imagen 2

Muestreo de alpacas jóvenes.



Nota. Toma de muestra de sangre de la vena yugular de las alpacas jóvenes aproximadamente 5 ml en tubos de vacutainer con activador de coagulación y su respectiva rotulación.

Imagen 3

Muestreo de alpacas Primíparas.



Nota. Toma de muestra de sangre de la vena yugular de las alpacas primíparas aproximadamente 5 ml en tubos de vacutainer con activador de coagulación y su respectiva rotulación.

Imagen 4

muestreo de alpacas adultas



Nota. Toma de muestra de sangre de la vena yugular de las alpacas adultas aproximadamente 5 ml en tubos de vacutainer con activador de coagulación y su respectiva rotulación.

Imagen 5

Muestreo de alpacas multíparas



Nota. Toma de muestra de sangre de la vena yugular de las alpacas multíparas aproximadamente 5 ml en tubos de vacutainer con activador de coagulación y su respectiva rotulación.

Imagen 6

Traslado de muestras.



Nota. Traslado de las muestras de sangre al laboratorio de la municipalidad de Condoroma.

Imagen 7*Centrifuga*

Nota. materiales de laboratorio para la obtención de suero sanguíneo.

Imagen 8*Centrifugación de las muestras*

Nota. Centrifugación de las muestras de sangre a 2500 rpm durante 5 minutos.

Imagen 9

Muestra de sangre y suero sanguíneo.



Nota. Obtención de suero sanguíneo

Imagen 10

Rotulación de las muestras.



Imagen 11

Recolección de pastos de zonas bofedales.

**Imagen 12**

Recolección de pastos de zonas secanos.



Imagen 13

Envió de muestras



Nota: Pesado, etiquetado y empaquetado de las muestras de suero sanguíneo y pastos.