

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA



TESIS

NIVELES DE METALES TOXICOS EN EL SUERO SANGUINEO EN VACAS DE PRODUCCION DE LA CUENCA DEL RIO CCAÑIPIA - ESPINAR - CUSCO - 2022

PRESENTADO POR:

Bach. VILMA VALDEZ UMIYAURI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
MÉDICO VETERINARIO**

ASESOR:

M.sc. LEONCIO MAMANI MACHACA

CUSCO – PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: NIVELES DE METALES TOXICOS EN EL SUERO SANGUINEO EN VACAS DE PRODUCCION DE LA CUENCA DEL RIO CCANIPIA - ESPINAR - CUSCO - 2022

presentado por: VILMA VALDEZ UMIYURI con DNI Nro.: 46598150 presentado por: con DNI Nro.: para optar el título profesional/grado académico de MEDICO VETERINARIO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, 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.	☒
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 página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 16 de JULIO de 2025


M.Sc. Leoncio Mamani Machaca
C.M.F. 2398
Firma

Post firma M.Sc. LEONCIO MAMANI MACHACA

Nro. de DNI 01214919

ORCID del Asesor 0000-0002-1857-8295

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259 : 473736200

Vilma VALDEZ UMIYAURI

NIVELES DE METALES TOXICOS EN EL SUERO SANGUINEO EN VACAS DE PRODUCCION DE LA CUENCA DEL RIO CCAÑIPI

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:473736200

Fecha de entrega

14 jul 2025, 5:04 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

14 jul 2025, 5:16 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

Tesis Vilma 14-07-2025.docx

Tamaño de archivo

2.2 MB

75 Páginas

13.180 Palabras

70.554 Caracteres

9% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por darme la vida y por todo lo que en ella acontece, con todo mi afecto a mis queridos padres Ambrocio Valdez Andia y Lucia Casiana Umiyauri Huaylla, que estuvieron continuamente en mi vida diaria, en el proceso del desarrollo de mis proyectos. A mis hermanos; Saturnino, Wilfredo, Roberth, Rolando, Rosa, Luz Marina, Sonia y todos mis sobrinos, quienes son parte de mi vida y me impulsaron para concretizar mis metas.

Vilma Valdez Umiyauri.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios todo poderoso, quien es el dueño de todo lo que existe y todo lo que haya logrado hasta el momento.

Agradezco a la Universidad Nacional San Antonio Abal del Cusco, Facultad de Agronomía y Zootecnia, y la escuela profesional de Medicina Veterinaria Sede Espinar, por ser la institución que me proporciono conocimientos me inculco valores y oportunidad de concluir la carrera

A los docentes que laboran en la escuela profesional, quienes de manera constante me transmitieron sus entendimientos, su profesionalismo y su apoyo que constituyeron la base de mi desarrollo profesional.

A mis asesores: Al MSc. Leoncio Mamani Machaca y MVZ. Julio Málaga que en paz descansa, por su incondicional sustento profesional, disponibilidad y persistencia para el desarrollo de este trabajo.

De manera especial a mis padres y toda mi familia por ser impulsores e influyentes en la realización de este trabajo.

Vilma Valdez Umiyauri.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Desarrollo del problema	1
1.2 Problema general.....	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos:	4
1.4 Hipotesis	4
1.4.1 Hipótesis General.....	4
1.5. Justificación	4

II MARCO TEORICO.....	7
2.1. Bases teóricas.....	7
2.1.1. Metales pesados.....	7
2.2. Cadmio	7
2.2.1 Toxicidad del cadmio.....	8
2.2.2 Toxicocinética del cadmio	8
2.2.3. Toxicodinámica del cadmio	10
2.3. Plomo	11
2.3.1. Toxicidad	11
2.3.2. Toxicocinética del Pb.....	12
2.3.3. Toxicodinámica del Pb	14
2.4. Arsénico.....	15
2.4.1. Toxicidad del arsénico	15
2.4.2 Toxicocinética	16
2.4.3. Toxicodinámica	17
2.5. Espectrofotometría de absorción atómica	17
2.6. Antecedentes.....	18
2.6.1. Antecedentes a nivel internacional.....	18
2.6.2. Antecedentes nacionales	21

2.6.3. Antecedentes a nivel Regional	23
III MÉTODOLOGIA DE INVESTIGACION.....	26
3.1. Tipo y diseño de investigación	26
3.2 Ubicación de la investigación.....	26
3.3 Población y muestra de animales de estudio	26
3.3.1. Criterios de selección.....	27
3.4 Materiales, equipos y reactivos.....	27
3.4.1. Materiales para la prueba de metales tóxicos en suero sanguíneo de vacas.	27
3.4.2. Material biológico.....	28
3.5. Obtención de la muestra	28
3.5.1 Obtención de suero sanguíneo.....	28
3.6 Materiales, reactivos, equipos de laboratorio (equipos e instrumentos)	29
3.7. Determinación de metales toxico en suero sanguíneo por espectroscopia de absorción atómica por la técnica de horno de grafito.....	30
3.7.1. Protocolo de determinación de metales pesados mediante técnica de espectrofotometría de absorción atómica mediante la técnica de horno de grafito.....	30
3.8. Análisis estadístico.....	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32

4.1. Niveles de Plomo en el suero sanguíneo de las vacas en producción de leche de la cuenca del río Ccañipia.	32
4.2 Niveles de cadmio en el suero sanguíneo de las vacas en producción de leche de la cuenca del río Ccañipia.	34
4.3. Niveles de arsénico en el suero sanguíneo de las vacas en producción de leche de la cuenca del río Ccañipia.	36
V. CONCLUSIONES.....	38
VI. RECOMENDACIONES.....	39
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
VIII ANEXOS.....	49
Anexo 1. Información de la investigación en vacas en producción de la cuenca Ccañipia.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Distribución de animales para la investigación.....	27
TABLA 2. Concentración de plomo (mg) en el suero sanguíneo de las vacas, según número de parto.....	32
TABLA 3. Concentración de cadmio (mg) en el suero sanguíneo de las vacas, según número de parto.....	34
TABLA 4. Concentración de arsénico (mg) en el suero sanguíneo de las vacas, según número de parto.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Vaca de nombre Lola de primer parto.....	58
FIGURA 2. Vaca de nombre Clara de segundo parto	58
FIGURA 3 Vaca de nombre Blanca de tercer parto	59
FIGURA 4. Vaca de nombre Nidia de tercer parto	59
FIGURA 5. Vaca de nombre Sara de cuarto parto.	60

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

OMS	: Organización Mundial de la Salud.
SENASA	: Servicio Nacional de Sanidad Agraria.
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
ITSP	: Ingesta tolerable semanal provisional.
NRC	: Consejo Nacional de Investigación.
EPA	: Protección medio ambiental de Estados Unidos.
ATSDR	: Agencia para sustancias toxicas y el registro de enfermedades (ATSDR).
CDC	: Centro para el control y prevención de enfermedades.
MERCOSUR	: Mercado común del sur.
µg/kg	: Microgramos por kilogramo.
mg/kg	: Miligramo por kilogramo.
µg/L	: Microgramo por litro.
U.E	: Unión Europea.
Cd	: Cadmio.
As	: Arsénico.
Pb	: Plomo.

L.M. P	: Límite Máximo Permisible.
UNMSM	: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
USAQ	: Unidad de Servicios de Análisis Químico.
(SH)	: Sulfidrilos.
MINSA	: Ministerio de salud.
CEE	: Comunidad Económica Europea.
Na-K-ATPasa	: Bomba de sodio y potasio.

RESUMEN

Los metales pesados se encuentran distribuidos naturalmente en la superficie terrestre, se liberan mayoritariamente con las actividades antropogénicas como la minería, fabricas, industrias, agricultura u otros, su importancia deriva en su nivel de toxicidad, los animales pueden absorber a través del aire, agua y alimentos, ello genera diversos problemas de salud. El estudio se realizó en la cuenca Ccañipia del Distrito de Yauri – Espinar - Cusco; considerando que la zona de estudio está ubicada en las proximidades de una actividad minera, con el objetivo de determinar los niveles de plomo, cadmio y arsénico en el plasma sanguíneo de las vacas en producción de leche según número de parto. Se utilizaron 24 animales, de los cuales, se obtuvieron 7.0 ml de sangre de la vena caudal del animal en tubos vacutainer, los mismos que se envió al laboratorio de Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Lima, para medir los niveles de metales. Los resultados fueron evaluados mediante el Análisis de Varianza (ANOVA), utilizando el programa estadístico S.A.S. v.9.4. Los niveles de Pb que se encontró fueron 0.26 ± 0.12 , 0.32 ± 0.14 y 0.31 ± 0.13 mg de pb/ litro de plasma sanguíneo, en vacas de primer, segundo y tercer parto, respectivamente ($P>0.05$). Los niveles de cadmio en las vacas de primero, segundo y tercer parto fueron iguales de 0.06 mg de Cd/ litro de plasma sanguíneo ($P>0.05$), La concentración de arsénico en las vacas de primer, segundo y tercer parto fueron 0.03, 0.04 y 0.04 mg de As/ litro de plasma sanguíneo, respectivamente ($P>0.05$); En conclusión, no existen diferencias significativas según el factor número de partos, mientras que Pb y Cd sobrepasan a los límites máximos permisibles según normas internacionales y As no sobrepasa.

PALABRAS CLAVE: Metales pesados, suero sanguíneo, vacas, tóxicos.

ABSTRACT

Heavy metals are naturally distributed throughout the ecosystem and are mostly released through anthropogenic activities such as mining, weaving, industry, agriculture and others. Their importance stems from their toxicity level, animals can absorb them through air, water and food, which causes various health problems. The study was carried out in the Ccañipia river basin in the District of Yauri - Espinar - Cusco; with the objective of determining the levels of Lead, Cadmium and Arsenic in the blood plasma of cows producing milk, according to the number of calving. Twenty-four animals were used, of which 7.0 ml of blood was obtained from the caudal vein of the animal in vacutainer tubes, the same ones that were sent to the laboratory of the Chemical Analysis Services Unit of the Universidad Nacional Mayor de San Marcos of the city of Lima, to measure metal levels. The results were evaluated by Analysis of Variance (ANOVA), using the statistical program S.A.S. v.9.4. The lead levels found were 0.26 ± 0.12 , 0.32 ± 0.14 and 0.31 ± 0.13 mg bp/liter of blood plasma, in first, second and third parturition cows, respectively ($P>0.05$). Cadmium levels in first, second, and third calving cows were equal to 0.06 mg Cd/liter of blood plasma ($P>0.05$). Arsenic concentration in first, second, and third calving cows were 0.03, 0.04, and 0.04 mg As/liter of blood plasma, respectively ($P>0.05$). In conclusion, there are no significant differences according to the number of births factor, while Pb and Cd exceed the maximum permissible limits according to international standards and As does not exceed.

KEY WORDS: *Heavy metals, blood serum, cows, toxic.*

INTRODUCCIÓN

La contaminación por metales pesados y metaloides es un problema universal, porque no son biodegradables y logran bioacumularse en los tejidos animales, constituyendo un riesgo constante para su salud (Calderón *et al.*, 2023), el incremento de las actividades antropogénicas, actividad industrial, minera, aplicación de fertilizantes, agroquímicos, favorecen la emisión de sustancias contaminantes, que se acumula a largos plazos en niveles tóxicos en los suelos, donde permanece por periodos prolongados, debido a que no son degradados se introducen en la cadena alimentaria (ATSDR, 2019), ello esta correlacionando de manera directa con las especies animales, como indicador de ello es el contenido de metales en la sangre, que es transferida a carne y leche u otros órganos de los animales domésticos (Ayala y Romero, 2013).

Los metales ingresan al organismo animal por vía digestiva con el consumo de pastos y agua contaminado, respiratoria por el ambiente contaminado o por vía cutánea, estos llegan al torrente sanguíneo acumulándose en los diferentes órganos, pudiendo generar trastornos clínicos, aparición de alteraciones mutagénicos, carcinogénicas, teratogénicas, abortos, además genera, inapetencia, anemia, decremento en el crecimiento (González, 2009). En los órganos suceden cambios histopatológicos a nivel de los riñones, hígado y órganos reproductivos, estos efectos varían de acuerdo al periodo de exposición y dosis absorbida (Abdullah, 2023). Ello conduce el decremento de los índices productivos de los animales afectados.

Este estudio también aporta información muy relevante a la salud pública (Condori y Málaga, 2021), la exposición a estos metales es un riesgo significativo para la salud humana como consumidor de la producción agropecuaria, con consecuencias en la economía,

seguridad alimentaria y salud de los productores de ganados (Calderón *et al.*, 2023), el estudio se encuentra ubicado a las proximidades de explotaciones mineras, por ello discurre la cuenca donde se encuentran productores agropecuarios, por los antecedentes antes mencionados se optó por la elección del desarrollo de la investigación en la zona.

Por las consideraciones descritas, no existe investigaciones relacionadas sobre el tema de la concentración de metales pesados en suero sanguíneo de vacas; se plantea realizar esta investigación con la finalidad de determinar la concentración de metales pesados en vacas alimentadas con pastos de esa zona y aguas que provienen del río Ccañipía, en distrito de Yauri, Provincia de Espinar, con ello dar a conocer a los productores de vacunos y toda la población sobre el tema y puedan optar e implementar acciones de prevención respecto a la presencia de metales pesados, ya que poseen una organización como cuenca ganadera de vacunos y tienen como actividad principal la producción pecuaria, como fuente principal de ingresos económicos

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Desarrollo del problema

Los metales pesados como plomo, cadmio, arsénico y otros, en general están distribuidos en la naturaleza en ciertas cantidades como componente de la corteza terrestre, (ATSDR, 2019). liberándose continuamente de manera natural o como consecuencia de actividades antropogénicas, como industriales, minera, uso de fertilizantes u otros, estos se concentran en agua forraje, alimentos, tejidos animales u otros (Abdullah, 2023), estos metales se bioacumulan en todos los seres y no cumplen ninguna función biológica, provocan toxicidad aguda o crónica en las personas y animales (Tahir y Alkheraije, 2023). Los metales generan toxicidad celular, por medio de diversos mecanismos, como el estrés oxidativo, peroxidación lipídica, disfunción mitocondrial, apoptosis, daño al ADN, Genera alteraciones en síntesis de ATP, Metilación del ADN, deficiencia de tiamina, reducción de la función de acetilcolinesterasa, generación de radicales libres, reacciones epigenéticas, Alteración del sistema de reparación de ADN (Kothapalli, 2021). Lo que provoca cambios metabólicos, estructurales, funcionales, en diferentes órganos de los animales (Kar y Patra, 2021).

A lo que respecta plomo, fue reportado por la organización mundial de la salud, que es un problema relevante en la salud pública, se estima que fue causante de 0,90 millones de muertes a largo plazo y 21,7 millones de vidas han sido afectados con discapacidad, siendo los niños más afectados y concluye que el plomo es bastante peligrosa para el cerebro en desarrollo, ocasionando una reducción en el coeficiente intelectual, que representa un 30% de las discapacidades intelectuales idiopáticas, 4.6% de enfermedades cardiovasculares y 6% de enfermedades renales (OMS, 2022),

El cadmio es otro metal pesado y peligrosa para la salud, la exposición oral, tuvo efectos adversos renales, cardiovasculares, hematológicos, neurológicos, tisulares, gastrointestinal, metabólicos, osteológicos, inmunológicos, piel y desarrollo de cáncer (Schaefer *et al.*, 2022).

El arsénico sin embargo es un metaloide, también genera diversos problemas de salud pública, a través de la ingestión de alimentos y agua contaminada, este metaloide se ha asociado al desarrollo de enfermedades cardiovasculares, pulmonares, diabetes, se ha determinado que es un carcinógeno confirmado, en la exposición prolongada se observa lesiones cutáneas, cambios de color, hiperqueratosis, puede causar cáncer a la piel, vejiga y pulmón, afección al embarazo, muerte infantil y se correlaciona con muerte de niños en la primera infancia (OMS, 2022), se estima a nivel mundial que entre 94 y 220 millones de personas están expuestas a concentraciones altas de arsénico contenida en aguas subterráneas (Podgorski y Berg, 2020).

Basándonos al ámbito nacional, el Perú tiene gran potencial geológica, cuenta con una larga tradición minera, ubicado en el primer lugar en producción de cobre, plata, zinc y cuarto lugar en producción de plomo a nivel mundial. Lo que implica una exposición continua de los animales y personas a metales pesados y metaloides, además se encuentra en aumento debido a las nuevas explotaciones mineras a ello se suma el incremento en la aplicación en procesos industriales, domésticos, agrícolas, plaguicidas, médicas y tecnológicas lo que está conduciendo a su amplia distribución en el medio ambiente e ingreso a la cadena trófica, información dada por el congreso de la república (DICTAMEN N°068-2020-2021/CSP-CR, 2021).

Minsa reporto en el informe N° 060 – 2020 – JAMC-DENOTDGIESP/MINSA, de la dirección general de investigación estratégica en salud pública del MINSA de fecha 27 de octubre del 2020, donde señala que el 31% de la población (10,162,380), están en riesgo de exposición a metales pesados y el 20% (6,812,575) están expuestas a metaloides como el arsénico (DICTAMEN N°068-2020-2021/CSP-CR, 2021).

A nivel de la localidad, contamos con explotaciones mineras, que se encuentran próximos a la zona de estudio, y es un tema de controversia la presencia de metales tóxicos en los habitantes, animales, vegetales, agua u otros, en ese entender en las comunidades del distrito de Espinar se realizó una investigación donde se tomó 150 muestras de sangre y orina de personas voluntarias de ello se determinó que un 78% (117 personas) presentaron niveles de metales por encima de los valores de referencia, además se determinó que más del 58% presentaron niveles elevados de arsénico, más del 12% niveles de cadmio y más del 4% presentaron niveles altos de plomo, estos resultados sugieren un riesgo para la salud (AMNISTIA INTERNACIONAL, 2021).

1.2 Problema general

¿Cuáles son los niveles de metales tóxicos en el suero sanguíneo en vacas de producción de la cuenca del río Ccañipia – Espinar - Cusco - 2022?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar los niveles de metales tóxicos en el suero sanguíneo en vacas de producción de la cuenca del río Ccañipia - Espinar - Cusco - 2022.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Determinar los niveles de plomo en el suero sanguíneo en vacas de producción de la cuenca del río Ccañipia - Espinar - Cusco - 2022, según número de partos.
- Determinar los niveles de cadmio en el suero sanguíneo en vacas de producción de la cuenca del río Ccañipia - Espinar - Cusco - 2022, según número de partos.
- Determinar los niveles de arsénico en el suero sanguíneo en vacas de producción de la cuenca del río Ccañipia - Espinar - Cusco - 2022, según número de partos.

1.4 Hipotesis

1.4.1 Hipótesis General

H₀: Los niveles de metales tóxicos en el suero sanguíneo en vacas de producción de la cuenca del río Ccañipia - Espinar - Cusco - 2022, no sobrepasan los valores máximos permisibles establecidas por las normas internacionales.

H₁: Los niveles de metales tóxicos en el suero sanguíneo en vacas de producción de la cuenca del río Ccañipia - Espinar - Cusco - 2022, si sobrepasan los valores máximos permisibles establecidas por las normas internacionales.

1.5. Justificación

El presente estudio se encuentra ubicado en las proximidades de las operaciones de la minera Antapaccay, no muy alejado se encuentran las operaciones de la minera Tintaya, Corocchohuayco y el proyecto quechuas, ello involucra la cuenca Ccañipia, que nace a 5025 m.s.n.m en la línea del río Maqueruyo, esta zona se caracteriza por la actividad de producción agropecuaria, principalmente la crianza de vacunos para producción de leche, sus derivados y producción de carne u otros, que son destinados para la alimentación de las personas, lo

que constituye un riesgo en la salud de los organismos, Son diversos los metales tóxicos existentes, sin embargo el Mercurio, plomo, cadmio y arsénico son considerado los más tóxicos, razón por la que se está estudio los 3 últimos, estos pueden ingresar a la cadena trófica y volverse en un factor de riesgo para la salud de los diferentes organismos.

Los resultados del trabajo de investigación sobre los metales como la concentración de los metales Cd, Pb y As en el suero sanguíneo de las vacas en la cuenca Ccañipia, nos indicará los niveles de concentración de metales tóxicos en el suero sanguíneo, dado que no tienen ninguna función biológica en el organismo, sin embargo, interfiere en el metabolismo de metales esenciales que, si tienen función en un organismo, esto va generando competencia y disminuye la biodisponibilidad de metales esenciales, generando diversos problemas en los procesos fisiológicos, además de que tiene la capacidad de bioacumulación, almacenándose en los diferentes órganos.

El estudio tiene un relevante valor de información de determinación de estos metales a nivel sanguíneo, es importante que la población sea informada y conozca el tema, los efectos adversos que genera los metales pesados en el organismo de sus vacunos y sobre su propia salud, que van de mano en la salud ambiental y de seguridad alimentaria, siendo fundamental para el desarrollo de una sociedad. Considerando que la salud viene a ser un derecho constitucional, donde el estado tiene la obligación de garantizar ese derecho. Aplicando medidas de remediación o mitigación en casos de que una población sea positiva. Por consiguiente, es importante la intervención del estado con medidas de vigilancia periódica, aplicación de normas ambientales en las diferentes actividades que implican la contaminación según niveles máximos permisibles establecidos por las normas internacionales y/o nacionales.

Por lo que este estudio nos conduce a obtener una información que pueda contribuir en la mitigación y prevención en la cadena alimentaria, además permitirá conocer la tendencia de la concentración de los metales pesados, y se pueda analizar en posteriores trabajos más ampliados, con mayores áreas y población.

II MARCO TEORICO

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Metales pesados

Los metales pesados naturalmente se encuentran ampliamente distribuidos en el medio ambiente, contaminan el suelo, el aire, el agua y la biota (Sani *et al.*, 2023), la biodisponibilidad de estos metales tóxicos desde el suelo a las plantas y de ahí a los diferentes organismos donde compiten con otros metales disminuyendo la biodisponibilidad de los iones indispensables, genera diversos problemas en la fisiología de los diferentes órganos, siendo uno de los principales problemas de salud pública (Galan y Romero, 2008).

Aunque no se tiene una determinación definida, los metales pesados se considera un elemento químico que comprende un peso atómico entre 63.55 u (Cu) y 200.59 u (Hg), (Atitsogbey *et al.*, 2023).

La detección de metales tóxicos, ha cobrado importancia por su toxicidad y a su capacidad de bioacumulación en un organismo, ya que estos están presentes en distintos productos provenientes de animales o vegetales y es consumido por los seres vivos, en el caso de los rumiantes la entrada de estos metales pesados puede iniciarse con el consumo de pastos contaminados con riego o de manera natural, que en muchas ocasiones tienen su origen en la actividad industrial desarrollada en las áreas donde los animales son criados (Galan y Romero, 2008).

2.2. Cadmio

El cadmio es un metal pesado con símbolo Cd, número atómico 48, peso atómico 112.40 u y densidad relativa de 8.650 g/cm³ (Doadrio, 2016). Se encuentra en la corteza

terrestre, está asociado a minas de zinc, plomo y cobre en forma de minerales sulfurados, este metal es utilizada mayoritariamente en baterías, pigmentos, revestimiento, enchapados, estabilizadores para plástico, dispositivos fotovoltaicos, desechos electrónicos, fertilizantes fosfatados, cigarro, paneles solares y otros electrónicos (Nordberg *et al.*, 2018). Lo que ha llevado cantidades excesivos en el medio ambiente y a través de la cadena alimentaria ingresa al organismo de los animales, afectando gravemente (Zhang *et al.*, 2024). Este metal tiene la capacidad de realizar la acumulación en el cuerpo con una vida media de 30 a 40 años, como órgano principal de acumulación es el riñón, luego el pulmón e hígado, ocasionando daños nocivos para un organismo (Hao *et al.*, 2024).

El cadmio puede movilizarse a través del suelo, el pH del suelo favorece a ello, el cadmio se adhiere a la materia orgánica donde permanece en el suelo, de donde es incorporado por las plantas y entrar a la cadena alimentaria, siendo una vía importante de contaminación tanto para animales y plantas (ATSDR, 2021) .

2.2.1 Toxicidad del cadmio

La revisión revela diferentes formas de toxicidad, afecta a los diferentes órganos como el hígado, riño, bazo, corazón, cerebro, testículos y daño al ADN (Hao *et al.*, 2024).

2.2.2 Toxicocinética del cadmio

2.2.2.1. Absorción

La vía de ingreso de este metal es por inhalación, ingestión y contacto con la piel (Hao *et al.*, 2024), en caso de humanos el Cd, se puede absorber hasta el 40-60% por vía inhalatoria, por el sistema digestivo solo el 5% del Cd que es ingerido es absorbido, en niños puede ser significativamente más elevado, cuando se absorbe por la vía sanguínea, es llevado

junto con las proteínas, tras la absorción es almacenado principalmente en hígado y riñón teniendo una vida media entre 15 a 40 años por lo que se puede detectar mucho tiempo después de la exposición (ATSDR, 2015).

a) Por inhalación

El nivel de absorción de cadmio esta influenciado por diversos factores; tamaño de partícula y nivel de solubilidad de las variedades del metal, en animales entre el 7 y 40% inhalados en forma de aerosol son absorbidos en la sangre (Nordberg *et al.*, 2018).

c) Por Ingestión

La absorción en animales esta entre el 1 y el 6% de la dosis administrada, mientras que en humanos es superior al 10%, La importancia de la composición de la dieta en general, muestra una disminución de la absorción cuando se aumenta el contenido de fibra y contrariamente cuando se tiene una baja ingesta de Fe, Zn, Ca, o proteína, el Cd unido a la metalotioneína puede ser absorbido por el tracto gastrointestinal en forma intacta y entrar en la circulación, alrededor de una absorción de 5% en hombres y 10% en mujeres (Nordberg *et al.*, 2007).

2.2.2.2. Distribución y Metabolismo

Después de la absorción en los pulmones o el intestino, el Cd es transportado por vía sanguínea, el Cd en la sangre se encuentra principalmente en los eritrocitos, donde se une a una fracción de alto y bajo peso molecular, en la fracción de bajo peso molecular tiene una similitud de la metalotioneína, una proteína que también se une Cd en el plasma, el Cd también se une en menor proporción a compuestos ricos en grupos tioles SH (Nordberg *et al.*, 2007).

En sangre se encuentra aproximadamente 0,06 % de Cd y en los hematíes están por el 50 % unidos a la metalotionína, este cumpliendo el rol de medio de transporte para el Cd dentro del plasma sanguíneo, la acumulación del Cd es en el riñón representando un 30 y 50 %, en el hígado de las personas adultas que no fueron expuestas tienen promedios de 2,7 mg, el Cd unido a la albúmina es en gran medida absorbido por el hígado causando toxicidad en las células hepáticas (Oleru, 1976).

2.2.2.3. Eliminación

La eliminación se lleva a cabo a través de las heces y la orina, comprende aproximadamente de 0,01-0,02% de la carga de Cd total en el cuerpo, el aumento de la eliminación de Cd se produce cuando aparece daño renal, debido a la gran proporción (90-95%) de Cd ingerido, pero no acumulado, el Cd fecal total es un indicador de la dosis de Cd ingerido, su valor es aproximadamente 50 veces mayor que la eliminación urinaria diaria, los estudios en animales han demostrado que la verdadera eliminación de Cd en las heces es dependiente de la dosis, y es aproximadamente la misma que la eliminación urinaria (Nordberg *et al.*, 2007).

2.2.3. Toxicodinámica del cadmio

La toxicidad del Cd está relacionada con grupos sulfhidrilos de las enzimas e inhibir de esta actividad enzimática, por la reducción de esta actividad que están relacionadas con el metabolismo y provocando la falta de energía. Los trastornos de metabolismo celular también dan lugar a producción de radicales libres y dañan la peroxidación lipídica de las membranas celulares (Nordberg *et al.*, 2018), La revisión revela diferentes formas de toxicidad, mediante procesos fisiológicos y patológicos como el estrés oxidativo, apoptosis, autofagia,

inflamación, daño al ADN, y a órganos, hígado, riño, bazo, corazón, cerebro y testículos (Hao *et al.*, 2024),

En los eritrocitos provoca el deterioro de su sistema antioxidante, incrementando la susceptibilidad a hemolisis, por el aumento de peroxidación lipídica en los glóbulos rojos (Alburaidi *et al.*, 2022).

2.3. Plomo

El plomo con símbolo Pb, numero atómico 82, masa atómica 207.2 u y densidad 11.340g/cm³ (Doadrio, 2016), Es un metal que se encuentra bastante distribuido en la naturaleza y a ocasionado impactos importantes y contaminación ambiental, siendo altamente dañino, se localiza de forma natural en el suelo, aire, agua y vegetales, ocasionando problemas en la salud y muerte de los individuos (Salas *et al.*, 2019).

2.3.1. Toxicidad

El Pb no cumple ninguna función fisiológica en un organismo, tiene varias formas de acción toxica, que depende de la dosis, vía de acceso y órgano afectado, el Pb afecta a todos los sistemas del organismo, los niños de corta edad son más afectados (OMS, 2022), la intoxicación puede darse de forma aguda y crónica, sin embargo sus efectos son similares, en su forma aguda, produce síndrome digestivo, hepatorrenal y neurológico en la primera hay dolor epigástrico y abdominales, acompañado de diarrea oscura con posterior estreñimientos y se observa ribete gingival de burton o crónica, en la segunda se presenta hepatomegalia, insuficiencia renal aguda, con oliguria, uremia y albuminuria, en el último se presenta encefalopatía saturnina, cefalea, obnubilación, convulsiones y coma (Giannuzzi, 2018), en su forma crónica tiene efectos digestivos, neurológicos, cardiovasculares,

hepáticos, renales, endocrinos, reproductivos, hematológicos, inmunológicos y gestación (Salas *et al.*, 2019).

La neuropatía provocada por Pb es producida por la toxicidad en las neuronas motrices de la asta anterior de la medula espinal o degeneración de las terminaciones axónicas y el recubrimiento de la mielina, el Pb es un neurotóxico periférico y central interfiere la liberación de la acetilcolina, la síntesis consecuente de acetilcolina, la adenilciclase del SNC inhibiendo la enzima en el glóbulo rojo delta aminolevulinico deshidratasa (Azcona *et al.*, 2015). A nivel del riñón se relaciona a las disfunciones en la fosforilación oxidativa mitocondrial, en esta condición hay disminución de la eliminación de ácido úrico y produce la gota saturnina (Giannuzzi, 2018), a nivel de la circulación se produce anemia moderada, hay un déficit de glóbulos rojos, y hemolisis debido a la inhibición de la bomba Na/K-ATPasa, modificando la permeabilidad de la membrana de la célula y la salida de K (Giannuzzi, 2018).

2.3.2. Toxicocinética del Pb

2.3.2.1. Absorción

Es absorbido, principalmente por la vía digestiva, respiratoria y la piel, el grado de absorción depende de su forma química y física y condición fisiológica de la persona, en la membrana celular se absorbe por transporte pasivo y activo, ingresa a través de los canales iónicos que serán los blancos del plomo, la activación de canales de calcio determina el incremento intracelular de este ion, lo que será afectado por el Pb (OMS, 2017).

a) Por Inhalación

Por esta vía ingresarán en forma de aerosol de acuerdo al tamaño, las partículas mayores a 5 micras se depositan en la vía aérea media y superior, que son eliminados por acción del sistema mucociliar, lo que podría ser deglutido y esto puede ser digerido en el sistema digestivo, de ser inferiores a 5 micras, ingresan al tracto alveolar donde se absorben (Ruiz, 2022).

b) Por ingestión

En el tracto gastrointestinal, sólo un porcentaje del total del Pb ingerido es absorbido, entre el 10 a 15% en adultos y el 50% en niños y mujeres en gestación, la absorción es mayor en personas con deficiencias nutricionales con deficiencia de hierro y calcio igual que en condiciones de ayuno, una dieta compuesta por calcio, reduce el transporte activo del Pb en el intestino (OMS, 2017).

2.3.2.2. Distribución y metabolismo

Después de su absorción el Pb pasa a la sangre, se une a los eritrocitos y en plasma a proteínas ricas en grupo sulfhidrilo, de ahí se distribuye por la sangre al riñón, médula ósea, hígado, cerebro, en huesos, dientes (Giannuzzi, 2018), El plomo tiene una vida media de 35 días en sangre, 40 días en órganos blandos y en huesos por más de 25 años (OMS, 2022), la mayor parte del Pb en 90% en adultos y en niños más del 70% se depositan en los huesos, este metal forma complejos estables con el fosfato donde puede sustituir al calcio en la hidroxiapatita, de ahí es removido en situaciones de cambio como el embarazo, lactancia pudiendo haber en la leche materna, menopausia, fractura o cáncer al hueso, el Pb puede atravesar con facilidad la barrera placentaria (OMS, 2017).

2.3.2.3. Eliminación

El Pb se excreta del cuerpo, principalmente a través de la orina en un 76% y en las heces en un 16%, la excreción en la orina se produce a través filtración glomerular, aunque la filtración es probablemente, seguida por la reabsorción tubular parcial, hay un ritmo circadiano en la tasa de excreción urinaria del Pb, con una disminución durante la noche, por otra parte, la tasa de excreción se ve afectada por el flujo urinario, el Pb también se excreta a través de la bilis y jugo pancreático, posiblemente, la excreción en la bilis es en la forma de un complejo Pb-glutatión, el Pb en cierta medida es excretado en la saliva y el sudor, se excreta en cantidades muy mínimas como en las en las uñas y el pelo, el Pb también se incorpora en el semen, la placenta, el feto y la leche (Ruiz, 2022).

2.3.3. Toxicodinámica del Pb

El Pb tiene afinidad, por los grupos sulfhidrilo, imidazol, amino, carboxilo y fosfato y tiene diversas formas de acción, incluyen cambios en cambio iónico, comunicación celular, unión a proteínas, estrés oxidativo, inflamación, muerte celular y genotoxicidad, afectando a casi todos los sistemas orgánicos, el mecanismo de acción está dado por la afinidad del Pb por los grupos sulfhídrido principalmente por las enzimas dependientes de zinc, en el metabolismo del calcio es interferida por el Pb, que está dada en niveles bajos, el Pb reemplaza el Ca comportándose como segundo mensajero intracelular, alterando la distribución de Ca en los compartimientos dentro de la célula, activa la proteinquinasa C, se une a la calmodulina e inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el Ca intracelular (Valdivia, 2005).

2.4. Arsénico

El arsénico de símbolo As, número atómico 33, peso atómico 74.92 y densidad 5.727 g/cm³, clasificado químicamente como metaloide, debido a que su compuesto tiene conductividad baja y se comporta como metal (Doadrio, 2016), es un elemento natural que se encuentra distribuido en todo el medio ambiente, agua, aire, tierra y alimentos, otras fuentes son: emisiones volcánicas, emisiones industriales, herbicidas, plaguicidas, manufactura de vidrio, productos para preservar madera y a través de los alimentos de áreas contaminadas, productos marinos (GUÍA TÉCNICA PARA EL ABORDAJE INTEGRAL A PERSONAS EXPUESTAS A ARSÉNICO, 2022).

2.4.1. Toxicidad del arsénico

El As se compone por 4 grupos compuestos; As elemental, compuestos inorgánicos, compuestos orgánicos y gas arsina, su toxicidad depende de la forma química (ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, 2019), siendo la arsina el compuesto más tóxico y el arsénico inorgánico es más tóxico que el orgánico, los principales vías de ingreso son la digestiva y respiratoria (Giannuzzi, 2018), la intoxicación puede ocurrir de forma aguda donde el agente es absorbido, los efectos aparecen inmediatamente, puede generar muerte por colapso cardiovascular y shock hipovolémico, en el tracto digestivo puede ocasionar gastroenteritis y acompañarse por hemorragia poco después de la ingestión y en su forma crónica, si se da por la ingesta e inhalatoria se presentan lesiones en la piel, sistema nervioso (neuropatía periférica), sistema hematopoyético (anemia, leucopenia, trombocitopenia), sistema respiratorio, gastrointestinal, y desarrollo de cáncer en hígado, pulmón, piel y riñón (GUÍA TÉCNICA PARA EL ABORDAJE INTEGRAL A PERSONAS EXPUESTAS A ARSÉNICO., 2022).

2.4.2 Toxicocinética

a) Absorción

Se absorbe por vía digestiva, respiratorio y piel. Por la vía inhalatoria su absorción depende del tamaño de las partículas, solubilidad y la forma química, la arsina se absorbe mejor por esta vía, las partículas más grandes se depositan en el tracto respiratorio superior, de ahí son removidas al exterior o al tubo digestivo por las vibrisas, donde se absorberán (De la rosa, 2018) Los compuestos solubles se absorben mejor desde todas las superficies de las mucosas, incluso en el pulmón, la absorción en el tracto digestivo depende de su solubilidad, por lo que las sales son de gran solubilidad y su absorción es mayor por vía digestiva (Giannuzzi, 2018). las acuagliceroporinas juega un papel importante para el transporte del As trivalente y As pentavalente son proteínas que forman poros en las membranas celulares (Bhattacharjee *et al.*, 2009).

b) Distribución

Después de absorberse por cualquier vía, el As llega a la sangre, del 95 al 99% se deposita en los glóbulos rojos en combinación con las globinas de la hemoglobina, de allí salen en 24 horas y se distribuyen al hígado, bazo, riñón, pulmón, paredes del tracto gastrointestinal, piel y en pequeñas cantidades en musculo y tejido nervioso. Atraviesa la barrera placentaria (Giannuzzi, 2018), en unas dos semanas, al acoplarse al grupo sulfhídrico de las proteínas, se acumulan en huesos y compite con fosforo, lo desplaza, permaneciendo durante años (De la rosa, 2018).

d) Eliminación

La principal vía de excreción es la urinaria, en menor cantidad se elimina también en piel, pelo, uñas, sudor, materia fecal y leche materna, la vida media del As inorgánico circulante es de 10 horas, del 50 al 80% es excretado en tres días (Giannuzzi, 2018).

2.4.3. Toxicodinámica

La toxicidad del As depende de la vía de entrada, valencia y su forma química, la arsina es el compuesto más toxico, el arseniato puede desacoplar la fosforilación oxidativa, dentro de la célula en las mitocondrias, al remplazar la el fosfato inorgánico en la síntesis de ATP (Deojaj, 2005), el mecanismo de acción del arsénico actúa formando enlaces covalentes, con el átomo de azufre con los grupos sulfidrilol, el As trivalente entra al sistema piruvato – oxidasa ligandose a los grupos sulfhidrilo de la proteína, el As orgánico compite con el fosfato, inorgánico, en las reacciones de fosforilación, esto genera la reducción de los esteres inestables (Ramírez, 2013).

2.5. Espectrofotometría de absorción atómica

La técnica (EAA) es un método de análisis cuantitativo, que determina la concentración elementos metálicos en unas muestras, por lo menos 70 elementos pueden ser cuantificados en fluidos biológicos, alimentos, agua, entre otras. En esta técnica los átomos de los elementos de una muestra absorben la radiación electromagnética, los átomos absorben la energía de radiación en un longitud de onda especifica, lo que se mide la cantidad de radiación absorbida, se hace pasar un haz de luz a través de la muestra, en ello se mide la cantidad de luz absorbida por los átomos en función a la longitud de onda, que permite

determinar la concentración de un elemento en interés en la muestra estudiada (Martínez, 2018), se aplican distintas técnicas analíticas, de acuerdo a su límite de detección de analitos.

- ❖ Espectrofotometría de absorción atómica mediante la técnica en llama.
- ❖ Espectrofotometría de absorción atómica con la técnica horno de grafito.
- ❖ Espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros.
- ❖ Espectrofotometría de absorción atómica mediante la técnica ICP - OES.

2.6. Antecedentes

2.6.1. Antecedentes a nivel internacional

En el estudio realizado por la universidad de Pamplona de Colombia, en el Municipio de Tibu se hizo la “Determinación y cuantificación de metales pesados en subproductos de bovinos, pasto, suelo y agua en veredas del municipio de Tibu, norte de Santander”, donde se evaluó la concentración de Cd, Cu, Pb, Mo y Zn en hígado, carne, riñón, piel, sangre, suelo, pastos y agua en zonas de contaminación destinadas al consumo de los animales, obteniendo resultados para el plomo una media en hígado de 1.178 mg/kg, en piel de 0.565 mg/kg, en riñón 1.213 mg/kg, en sangre 25.080 mg/kg, en carne 0.525 mg/kg, en agua 0.010 mg/kg, en pasto 0.370 mg/kg y en suelo 0.010 mg/kg, para cadmio se obtuvo una media para hígado de 1.100 mg/kg, para piel de 0.918 mg/kg, para riñón de 1.185 mg/kg, para sangre de 0.805 mg/kg, para carne de 0.795 mg/kg, para agua de 0.403 mg/kg, para pasto de 0.413 mg/kg y suelo de 0.790 mg/kg respectivamente, en la matriz de correlación se observa una correlación significativa en el hígado en relación al suelo y el agua, la piel, el agua y el pasto, el riñón y suelo, la sangre, agua y pasto, y carne con las variables ambientales, en esta investigación se concluyó que la concentración de Pb, Cd, Cu y Zn sobrepasan los límites

máximos permitidos de las normativas de la Unión Europea, por tanto representa un peligro de salud para los consumidores (Arrieta, 2017).

Recientemente se hizo la investigación en Colombia en “Residuos en medicamentos veterinarios y metales pesados en carne bovino Uraba (Antioquia-Colombia), un promotor de paso hacia la comercialización internacional”, con la finalidad de evaluar la presencia de residuos de medicamentos veterinarios y metales pesados en cortes de carne, para determinar 29 residuos de medicamento y de Cd y Pb, para la medición de metales se utilizó la absorción atómica electrotermica, de las muestras se obtuvo valores entre 0.023, y 0.071 mg/kg de plomo con diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$), por estos datos se concluyó que los metales Cd y Pb no superaron los niveles máximos permisibles de las normas nacionales e internacionales establecidos por la U.E (Restrepo *et al.*, 2021).

Otro estudio desarrollado en México próximo al volcán Popocatepetl denominado “Metales pesados en sangre, leche y orina de las vacas criadas en zonas regadas con aguas residuales”, con el objetivo de determinar el contenido y tasa de transferencia de la sangre a la leche y orina de Pb, Cr, Cd, As, Cu, Sr y Ti, en vacas alimentadas a base de forraje cultivadas y regadas con agua residual, la digestión se hizo en horno microondas y se determinó mediante un ICP-OES, donde la concentración de metales pesados en sangre no fue necesariamente superior que en la leche y orina, sin embargo el cadmio en la sangre es superior en la leche y orina, el Pb era superior en leche que en la sangre, en la tasa de transferencia, los metales son ingeridos por medio de forrajes, se transfieren fácilmente a la leche y orina a través de la sangre (Castro *et al.*, 2021).

En Etiopía también se realizó un estudio; “Contenido de metales pesados en tejidos bovinos (riñón, hígado y músculos) procedente de zona central de Gondar Etiopía”, con el

objetivo de conocer la concentración de Cu, Cr, Pb y Cd, muestras obtenidas de un matadero, las muestras fueron analizados por espectrofotometro de absorción atómica en llama, los resultados mostraron en (mg/kg) en un rango de 0.42 - 1.5 para Pb y BDL-0.41 para Cd, en la mayor parte de muestras de tejidos excedieron los límites máximos residuales establecido por FAO/OMS (Akele *et al.*, 2022).

Dado los estudios anteriores se han determinado que la exposición al Pb es un problema relevante en la salud pública, se estima que fue responsable de 0.90 millones de muertes a largo plazo y 21.7 millones de vidas han sido afectados con discapacidad, siendo los niños más afectados (OMS, 2021), por lo que se han desarrollado reglamentos que de establecimiento. Para carne se estableció un límite máximo de 0.10 mg/kg (MERCOSUR/GMC/RES. N°12/11, 2011) de igual forma de 0.10 mg/kg de carne de bovinos (REGLAMENTO (UE) 2021/1317 DE LA COMISIÓN, 2021). Para personas en 2012, se estableció el valor de referencia de Pb en sangre de 5 µg/dL (que vendría a ser y en 2021 se actualizo esto a 3.5 µg/dL(CDC, 2022) y el valor aceptado de un valor umbral por la organización mundial de la salud es de 5 µg/dL de sangre (OMS, 2022).

Para Cd, según UE se estableció un contenido máximo de 0.050 mg/kg en peso fresco de carne (REGLAMENTO (UE) 2021/1323 DE LA COMISIÓN, 2021) de igual forma el contenido máximo es de 0.050 mg/kg de carne según (MERCOSUR/GMC/RES. No12/11, 2011), Para personas el Cd se propuso para una exposición a largo plazo un valor de 10µg /L de sangre entera considerado como nivel de efecto no adverso (OMS, 1980). Finalmente, para arsénico. El límite máximo en carne de bovinos es de 0.50 mg/kg (MERCOSUR, 2011).

2.6.2. Antecedentes nacionales

En el ámbito nacional, no se cuenta estudio a nivel de la sangre, sin embargo se cuentan con estudios similares, el estudio realizado por (Condori y Málaga, 2021), en la cuenca lechera del valle de Moquegua, en “Niveles de plomo y arsénico en leche y pelo de vacas lecheras del valle de Moquegua”, con el fin de determinar niveles de Pb y As en leche y pelo de vacas, con 12 muestras de leche y 12 muestras de pelo, que fueron analizados por medio de la técnica absorción atómica con horno de grafito, donde los resultados fueron en leche de 0.2687 ± 0.082 mg de Pb/kg, para pelo de 2.04 ± 0.438 mg de Pb, los niveles para As se obtuvo 0.9616 ± 0.53 mg/kg en pelo y 0.0916 ± 0.046 mg/kg en leche, hello supera los límites máximos permisibles considerando las normas técnicas internacionales.

En un estudio realizado por (Perez, 2020), en su trabajo de “ Concentración de Pb, Cd y Zn en musculo de alpaca (*vicugna pacos*) beneficiados en el camal de Huancavelica”, con el objetivo de determinar la concentración de Pb, Cd y Zn, en el musculo de *vicugna paccos* macho y hembra beneficiados en camal de Huancavelica, recolectaron 30 muestras de musculo pectoral (15 de machos, 15 de hembras) 20 gr cada uno, se hizo la medición utilizando espectrofotometría de absorción atómica, donde se obtuvo datos para Cd en el musculo de 0.335 ± 0.115 ppm que supera el nivel máximo permisible de Comisión Europea y el Codex Alimentarios y para Pb de 0.0029 ± 0.0025 ppm, para Zn de 33.356 ± 29.795 ppm que no supera los límites regulados, además no se presentaron diferencia significativa en concentraciones según sexo.

En un estudio realizado en Ananea puno, “ Determinación de metales pesados en pastos, fibra, carne y vísceras de alpacas en comunidades del distrito de Ananea – Puno”, con el objetivo de determinar las concentraciones de As, Cd, Hg y Pb en; pastos, fibra y vísceras

en alpacas criadas en ámbito de actividad minera, donde para Pb y As no se detectó en las muestras de musculo y vísceras de alpacas, para Cd se obtuvo 271.65 ± 60.00 ug/kg en hueso, que fue superior al del muslo y pulmón 163.54 ± 88.03 y 105.39 ± 48.96 ug/kg, en los riñones e hígado fue inferiores al anterior 32.02 y $15,88$ ug/kg respectivamente estos resultados no superaron los limites permisibles reportados como consta en la Norma General de Codex para los contaminantes y toxinas en alimentos (Huanqui, 2018).

En otro estudio “ Determinación cuantitativa de Pb, Cd y As en hígado de bovino expendido en el mercado ciudad de Dios San Juan de Miraflores, durante el periodo de mayo-agosto 2015”, realizado en hígado de ganado bovino por método de Espectrofotometría de Absorción Atómica, encontrando un promedio para Pb de $0,4452$ mg/kg, un mínimo 0.26 mg/kg y máximo de 0.87 mg/kg, para Cd se encontró un promedio de 0.3965 mg/kg, un mínimo de 0.14 mg/kg y un máximo 0.77 mg/kg, para arsénico se encontró un promedio de 1.2521 mg/kg, un mínimo de 0.28 mg/kg, un máximo de 2.66 mg/kg respectivamente, los resultado obtenidos superan los parámetros establecidos de por el reglamento técnico de Mercosur y diario oficial de Unión Europea, llevando estos resultados un riesgo potencial para la salud del consumidor (Ñaccha y Aguilar, 2015).

Chata (2015) determinó la relación de metales pesados como Hg, As, Pb y Cd en agua y leche de la cuenca del rio Coata, mediante el método espectrofotometría de absorción atómica-llama (EPA), en la leche determino valores promedio de 0.0028 mg de Hg/litro de leche, no superando los límites máximos permisibles que es de $(00.005$ mg/kg determinado según la norma Técnica Ecuatoriana) y el Pb se halló el valor de 0.21 mg/L por lo que viene superando los límites máximos permisible que es de $(0.020$ mg/kg, estipulado por el Codex

Alimentarius y la UE) y referente al Cd un valor de 0.0037 mg/L por lo que no superan los límites permisibles (0.010 mg/kg argumentadas en la norma técnica de Rumana).

En nuestro país se cuenta con la resolución ministerial N° 400-2017/MINSA, donde se toma valores de referencia para Pb en sangre para niños y gestantes menor a 10 µg/dL, para persona adultas no expuestas menor a 20 µg/dL y para personas expuestas ocupacionalmente menor a 40 µg/dL (RESOLUCION MINISTERIAL No 400-2017/MINSA, 2017), en cuanto a Cd y As se tiene datos para valores de evaluación en orina.

2.6.3. Antecedentes a nivel regional

En la investigación realizada por (Vera y Ppacco, 2023) en la comunidad de Patacollana del distrito de Condoroma, “Determinacion de metales pesados en pastos y suero sanguíneo de alpacas de la Comunidad de Patacollana del Distrito de Condoroma”, para medir los niveles de Hg y Pb en suero sanguíneo de Alpaca y en los pastos de los bofedales y secano de la comunidad de Patacollana, con el uso de la técnica de espectrofotometria de absorción atómica con horno de grafito, donde se obtuvo promedios de concentración de Pb en suero sanguíneo de 0.05 ± 0.03 , $0.06 \pm 0.05 \pm 0.03$ y 0.04 ± 0.02 mg/L, para las alpacas jóvenes, adultas, primíparas, los niveles de concentración media de Pb en pastizales fueron 0.70 ± 0.19 y 0.57 ± 0.27 mg/kg para zonas bofedales y secanos, con estos resultados se concluyó que la concentración de Pb en suero sanguíneo de alpacas jóvenes, adultas y primíparas superan los límites establecidos por la OMS de 0.05mg/L.

Cardenas y Mansilla (2023) en su tesis de pregrado en “Evaluación de la concentración de metales pesados por la generación de lixiviados en los suelos agrícolas aledañas al botadero controlado de Haquira de provincia de cusco 2022” de la universidad

Andina de Cusco, con la finalidad de evaluar la concentración de metales pesados por los lixiviados del botadero controlado de Haquira, respecto a los estándares de calidad ambiental, donde se tomaron muestras simples y compuestas en 10 puntos, para analizar concentración de metales pesados, As, Ba, Cd, Cr, Pb, Hg y análisis de parámetros fisicoquímicos, obteniendo datos de concentraciones de As de 2.58 a 6.78 mg/kg, va de 101 a 353 mg/kg, Cd de 0.02 a 0.327 mg/kg, Hg de 0.03 mg/kg y Pb de 4.54 a 16.9 mg/kg para tiempos de estiaje y precipitación, las cuales no superaron las ECA's en suelos agrícolas,

Se realizó un estudio en “concentración de metales pesados y nivel de riesgo en el área de influencia del botadero Rumicruz en el poblado de Marangani, Canchis, Cusco” realizado en el botadero Rumicruz, se evaluó los niveles de metales pesados en agua, vegetales, las muestras se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica, para determinar la concentración de Hg, Pb, Cd, Cr, en el área de influencia directa, los valores promedio fueron para Cr (0.07mg/kg), Pb (0.03mg/kg), Hg (0.02mg/kg), Cd (0.01mg/kg) y para el lugar de influencia directa en Pb y Cd (0.13 mg/kg), Cr (0.005 mg/kg), Hg (0.004 mg/kg), en *Zea mays* se registró concentraciones de Cd (0.1mg/100g), Cr(0.05mg/100g), Hg (0.015 mg /100 g) y Pb (0.015 mg/100g), siendo un riesgo para la salud pública y en especies testigo se indica que los vegetales contienen ciertos niveles de metales pesados por influencia del botadero Rumicruz (Choquenaira y Estofanero, 2021).

Guzman (2020), en “factores de riesgo asociados por exposición a metales pesados en personas evaluadas del distrito de Pallpata, provincia de Espinar, departamento de Cusco, Enero a Diciembre del 2019”, de la universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, con el fin de conocer los factores de riesgo relacionados a la exposición de metales pesados, exposición a consumo de agua contaminada, alimentación que se originan de animales y

plantaciones agrícolas de lugares donde resume el relave minero o aledaños, para este estudio se tomó una muestra de 45 personas por muestreo aleatorio simple, donde se obtuvo resultados con datos muy elevadas de As, donde el rango mayor fue de 335.9 $\mu\text{g/g}$, en Cd el rango mayor fue 18.85 $\mu\text{g/g}$ de creatinina y otra persona con moderado rango de Hg de 6.98 $\mu\text{g/g}$ de creatinina, no se presentó casos positivos de intoxicación por Pb con 8.45 $\mu\text{g/dL}$.

III MÉTODOLOGIA DE INVESTIGACION

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación realizada, es de tipo observacional, cuantitativo por los datos numéricos obtenidos, según nivel de alcance o nivel de conocimiento es de tipo descriptivo, según temporalidad es de tipo transversal debido a que se tomó las muestras en un solo tiempo.

3.2. Ubicación de la investigación

El trabajo se ha realizado en vacas en producción de leche en la cuenca Ccañipía del distrito de Espinar, Provincia de Espinar, Región Cusco, esta localidad está ubicado a una altitud de 3950 msnm, al Sur de la región del Cusco, geográficamente la cuenca inicia entre las coordenadas UTM WGS 84: Este 251557 a 250697 y Norte 8337641 a 8327151, (Senamhi, 2025) con una altitud que varía entre 4212 msnm, hasta 5126 msnm (Antícona, 2022).

3.3. Población y muestra de animales de estudio

Para la determinación del tamaño muestral de animales para el estudio se ha considerado un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a las características de la población en estudio; Por la limitada disponibilidad de recursos, su aplicabilidad, Acceso limitado a las unidades de estudio por los problemas sociales que se presentaron en la zona,

En el presente estudio, se trabajó con la muestra de un total de 24 vacas de la raza *Brown swiss*, según los siguientes criterios.

3.3.1. Criterios de selección

a) Criterios de inclusión

- ❖ Vacas de la raza *Brown Swiss*.
- ❖ Vacas en producción del primer, segundo y tercer parto.
- ❖ Vacas aparentemente sanas.

b) Criterios de exclusión

- ❖ Vacas de otras razas y/o cruces.
- ❖ Vacas que no están en producción de leche.
- ❖ Vacas con aparentes problemas sanitarias.

TABLA 01.

Numero de vacas en producción, según número de partos.

Nº de Parto	Primer parto	Segundo parto	Tercer parto	Total
Nº de Vacas	8	8	8	24

3.4. Materiales, equipos y reactivos.

3.4.1. Materiales para la prueba de metales tóxicos en suero sanguíneo de vacas.

- ❖ Tubos vacutainer (para suero).
- ❖ Aguja.
- ❖ Holder
- ❖ Cooler

- ❖ Registro de evaluación.
- ❖ Tablero de trabajo.
- ❖ Gel refrigerante.
- ❖ Jeringas.
- ❖ Lapicero.

3.4.2. Material biológico

- ❖ Muestras de sangre.

3.5. Obtención de la muestra

Las muestras de sangre (7.0 ml) se obtuvieron en tubos vacutainer desde la vena coccígea del animal y se almacenaron a 4 °C aproximadamente hasta la realización de la centrifugación.

3.5.1. Obtención de suero sanguíneo

Después de la obtención de las muestras de sangre, se llevaron las muestras al laboratorio de SENASA de la provincia de Espinar, donde se realizó la centrifugación en 2000 revoluciones por minuto, programándose un periodo de 4 minutos, al concluir se retiró el suero sanguíneo a viales de 2 ml estas fueron codificados, y enviados al laboratorio de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Ciudad de Lima, (Zhou, Zheng, Su, Wang, y Soyeurt, 2019). en una termo cooler hermética y gel refrigerante para mantener la temperatura de refrigeración de 4°C.

3.6. Materiales, reactivos, equipos de laboratorio (equipos e instrumentos)

a) Materiales

- ❖ Viales
- ❖ Fiolas de 10 ml, 25 ml y 100 ml
- ❖ Pipetas de 5 ml y 10 ml.
- ❖ Probetas de 10 mL
- ❖ Vasos de precipitados.
- ❖ Papel de filtrado de celulosa Whatman Nro. 40.
- ❖ Embudo de líquidos.

b) Reactivos

- ❖ Standard certificado de Pb, Cd y As
- ❖ Estándar certificado de arsénico de 1000 µg/ml
- ❖ Solución diluyente compuesta por ácido clorhídrico de 10 % en la preparación de los estándares.
- ❖ Ácido sulfúrico, H₂SO₄
- ❖ Diluyente; Agua ultra pura

c) Equipos

- ❖ Equipo de absorción atómica de la marca SHIMADZU AA-6800
- ❖ Horno de grafito GFA-EX7
- ❖ Inyector automático Autosampler ASC-6100
- ❖ Centrifugadora
- ❖ Computadora

- ❖ Plancha térmica, Marca CAT y Modelo H30/45
- ❖ Balón de argón, 99.999% de pureza
- ❖ Balanza analítica SHIMADZU AUW120 d: 0,1mg

3.7. Determinación de metales toxico en suero sanguíneo por espectroscopia de absorción atómica por la técnica de horno de grafito.

Las muestras obtenidas fueron analizadas en el laboratorio de “Unidad de Servicios de Análisis Químicos en la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Ciudad de Lima”, este método de ensayo establece la metodología para el análisis total mediante espectroscopia de absorción atómica, siendo aplicable para la determinación del contenido de Pb, Cd y As, según lo establecido en la norma (NCh 409/1 – Of, 2005).

Esta normativa técnica se utiliza para la determinación de As en aguas y efluentes industriales con rango de 0.001mg/L a 0.05mg/L, permite concluir mayores o menores concentraciones por dilución de la muestra.

3.7.1. Protocolo de determinación de metales pesados mediante técnica de espectrofotometría de absorción atómica mediante la técnica de horno de grafito.

Se pesa 0,1 gr de muestra en un vaso de precipitado y con una pipeta graduada se agrega 5ml de HNO₃ (cc) y 5ml de HCL(cc) para la digestión, luego se lleva a calentamiento hasta reducir a una cantidad de 5ml de ebullición lenta antes de mostrar una precipitación; se agrega 5ml de agua desionizada, evitar que la muestra se seque en el proceso de la digestión.

Se hace filtración y se transfiere a fiola con 200ml de agua ultra pura y se lleva al equipo de absorción atómica para su análisis.

Al prender el equipo marca SHIMADZU Modelo AAA-7000, se colocó la lámpara de cátodo hueco, siguiendo el procedimiento de operación para la TÉCNICA EN HORNO DE GRAFITO, se ha verificado la calibración del instrumento para asegurar el alineamiento del quemador con el haz de luz, que emite la lámpara antes de empezar la lectura analítica.

3.8. Análisis estadístico

Se analizó mediante análisis de varianza (ANOVA) y los resultados fueron interpretados por medias, tendencia central y de dispersión (promedio, desviación estándar); el modelo aditivo lineal es el siguiente:

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

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

μ = Efecto de la media poblacional

δ_i = Efecto del i -ésimo número de partos de las vacas (1, 2 y 3)

E_{ijk} = Error experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Niveles de Plomo en el suero sanguíneo de las vacas en producción de leche de la cuenca del río Ccañipia.

Los resultados de niveles de concentración de Pb en suero sanguíneo de vacunos del primero, segundo y tercer, en la cuenca Ccañipia, se precisan en la tabla 2.

Tabla 2

Concentración de plomo (mg) en el suero sanguíneo de las vacas, según número de parto.

Nº de parto	N	Promedio $\pm$ D.S.	Valor min-Valor max.
Primer	8	0.26 ^a $\pm$ 0.12	0.14 – 0.48
Segundo	8	0.32 ^a $\pm$ 0.14	0.11 – 0.48
Tercer a mas	8	0.31 ^a $\pm$ 0.13	0.10 – 0.47
P = 0.6630			

Nota: ^a Letras similares indican que no existen diferencias significativas (P>0.05)

N: Numero de animales

DS: Desviación Estándar

P: Valor de p

En el presente estudio de nivel de concentración de plomo en vacas de primero, segundo y tercer parto fueron de: 0.26 ± 0.12 , 0.32 ± 0.14 y 0.31 ± 0.13 mg de Pb/ litro de plasma sanguíneo respectivamente con (P>0.05), estos resultados superan los límites máximos permisibles del reglamento técnico de Mercosur (MERCOSUR, 2011) , donde indica que no debe ser mayor a 0.10 mg/kg de plomo en carne de bovino (que incluye vasos sanguíneos); mientras para personas la (CDC, 2022) en 2021 actualizo a 0.035 mg/L de Pb

en sangre, por otro lado la (OMS, 2022), establecido un valor máximo permisible de 0.05 mg/L de Pb en sangre. Considerando que no se tiene estudios en niveles de metales pesados en suero sanguíneo de vacunos, además de no tener normas nacionales e internacionales exclusivas que den un parámetro que defina los niveles máximos permisibles en suero sanguíneo de vacunos.

En ese contexto, se tiene la investigación realizada en suero sanguíneo de alpacas en el distrito de Condoroma, donde se obtuvo promedios de concentración de plomo de 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 múltiparas los que superan los límites establecidos por la OMS (Vera & Ppacco, 2023) estos resultados fueron inferiores a los resultados obtenidos en el presente trabajo, pudiendo deberse a la diferencia de las especies en estudio, además de que la actividad minera en Condoroma no está en desarrollo, mientras que en la zona de estudio se tiene actividad continua. Otro estudio se realizó en el distrito de Pallpata en personas donde se obtuvo una media para plomo de 8,45 microgramos de Cd/dl sangre, donde no se presentó casos positivos de intoxicación por este metal a los datos establecidos en R.M. N° 511-2007/MINSA. (Guzmán, 2020)

Basándonos a estudios realizados a nivel nacional, se reportó el nivel de Pb en musculo de alpacas en camal de Huancavelica, obteniendo un valor de 0.0029 ± 0.0025 ppm, que no supero los límites regulados (Pérez, 2020). En hígado bovino (Ñaccha y Aguilar, 2015), reporto para Pb de 0.4452 mg/kg, un mínimo 0.26 mg/kg y máximo de 0.87 mg/kg, en el mercado san juan de Miraflores, que supero los parámetros establecidos por reglamentos Mercosur al igual que los promedios del presente trabajo.

En estudio a nivel internacionales en Colombia realizado en cortes de carne de bovinos se obtuvo valores entre 0.023 y 0.071 mg/kg de Pb con diferencia estadísticamente significativa ($p>0.05$) lo que no supero las normas nacionales e internacionales por la UE (Restrepo *et al.*, 2021), Mientras que en el estudio desarrollado en México por (Castro *et al.*, 2021) en las proximidades del volcán Popocatepetl donde se obtuvo en sangre de 0.015 mg/L, en leche de 0.024 mg/L y orina de 0.028 mg/L por lo que en la orina y leche el contenido de Pb fue superior que en la sangre y en cuanto al índice de transferencia no tiene valores significativas, estos estudios se desarrollaron en diferentes condiciones, los niveles de metales es mayor en proximidades a actividad volcánica pero inferior a los datos obtenidos en el siguiente estudio, esto podría deberse a las actividades antropogénicas en el lugar de estudio.

4.2. Niveles de cadmio en el suero sanguíneo de las vacas en producción de leche de la cuenca del río Ccañipia.

Los resultados de los niveles de concentración de Cd en suero sanguíneo de vacunos del primero, segundo y tercer parto, en la cuenca de Ccañipia, se precisan en la tabla 3.

Tabla 3

Concentración de cadmio (mg) en el suero sanguíneo de las vacas, según número de parto.

Nº de parto	N	Promedio $\pm$ D.S.	Valor min – Valor max
Primer	8	0.06 ^a $\pm$ 0.01	0.04 – 0.07
Segundo	8	0.06 ^a $\pm$ 0.02	0.02 – 0.07
Tercer	8	0.06 ^a $\pm$ 0.004	0.05 – 0.06
P = 0.9246			

Nota: ^a Letras similares indican que no existen diferencias significativas ($P>0.05$)

N: Numero de vacas.

D.S: Desviación estándar

P: Valor de p

Los valores en promedio de Cd en plasma sanguíneo de las vacas de primer parto, segundo parto y tercer parto de la Cuenca de Rio Ccañipia Espinar – Cusco; fueron de 0.06 mg de cadmio/litro de plasma sanguíneo de las vacas en los tres grupos de partos, donde no existe diferencia significativa ($P>0.05$), dichos valores sobrepasan los límites máximos de 0.050 mg/kg para carne bovino (que incluye vasos sanguíneos), establecido por MERCOSUR (Mercosur, 2011), mientras para personas la (OMS, 1980) estableció un límite máximo de 0.01 mg /L de sangre. Al igual que el anterior en este metal no se cuenta con estudios anteriores y las normativas que rigen al tema relacionado.

En la localidad, se realizó un estudio en el distrito de Pallpata por (Guzman, 2020), Reporto nivel de concentración para cadmio un rango mayor de 18.85 ug/gr en creatinina, esta cifra se encuentra dentro de los parámetros normales normas establecidos en R.M. N° 757-2013/MINSA, cabe mencionar que este último estudio se evaluó en personas y en creatinina, pudiendo ser la razón de la diferencia.

En el ámbito nacional se tiene el estudio en musculo de alpaca en Huancavelica, se reportó para Cd 0.335 ± 0.115 ppm y supera el nivel máximo permisible de Comisión Europea y el Codex Alimentarios (Pérez, 2020), mientras en hígado de bovino se reportó la concentración de Cd con promedio de 0.3965 mg/kg, un mínimo de 0.14 mg/kg y un máximo 0.77 mg/kg, en el mercado de San Juan de Miraflores, los resultado obtenidos superan los parámetros establecidos por el reglamento técnico de Mercosur (Ñaccha y Aguilar, 2015), pudiendo deberse a la facilidad de acumulación de este metal en el hígado.

En el ámbito internacional, se tiene un estudio realizado en Etiopia, donde se reportó que en hígado y músculo fueron inferiores al límite de detección (Akele *et al.*, 2022), localidad con actividad principal la actividad agrícola y ganadera, sin embargo, se tiene un almacén de carbón en sus proximidades, a ello le atribuyen la presencia de metales tóxicos. En otro de México se reportó para Cd en sangre de 0.001mg/L, en la leche 0.002 mg/kg y orina 0.004 mg/ L (Castro *et al.*, 2021), esto sugiere que los metales son ingeridos por medio de forrajes, se transfieren fácilmente a la leche y orina por medio de la sangre, estos datos son inferiores a lo obtenido en el presente estudio, sin embargo estos estudios fueron realizados en órganos, por lo que los niveles de concentración son diferentes y los niveles máximos permisibles manejados también difieren.

4.3. Niveles de arsénico en el suero sanguíneo de las vacas en producción de leche de la cuenca del río Ccañipia.

Los resultados para niveles de concentración de As en suero sanguíneo de vacas del primero, segundo y tercer parto, en la cuenca de Ccañipia, se precisan en la tabla 4.

Tabla 4

Concentración de arsénico (mg) en el suero sanguíneo de las vacas, según número de parto.

N° de parto	N	Promedio ± D.S.	Valor min. – Valor máx.
Primer	8	0.03 ^a ± 0.02	0.01 – 0.06
Segundo	8	0.04 ^a ± 0.02	0.01 – 0.06
Tercer	8	0.04 ^a ± 0.02	0.02 – 0.07
P = 0.3561			

Nota: ^a Letras similares indican que no existen diferencias significativas (P>0.05)

N: Numero de vacas.

D.S: Desviación estándar

P: Valor de p

Los valores promedios de concentración de As en plasma sanguíneo de vacas de la Cuenca de Rio Ccañipia Espinar – Cusco, fueron de 0.03, 0.04 y 0.04 mg de As/litro de plasma en vacas de primer, segundo y tercer parto; donde no se observa diferencia significativa ($P>0.05$). Dichos valores son inferiores al límite establecido por (Mercosur, 2011) de 0.50 mg/kg de carne de bovino. Según la guía técnica referida, los resultados en sangre suelen ser poco precisos, donde se recomienda realizar en orina, debido a su inestabilidad de arsénico a nivel del torrente sanguíneo (RM 2011-PARAMETRO, 2011), considerando que en al igual que los dos anteriores, no se cuenta con estudios similares ni normativas que defina estándares en suero sanguíneo de vacunos.

En este contexto, en el estudio hecho en Moquegua en vacas lecheras, se reportó promedios para As 0.9616 ± 0.53 mg/kg en pelo y 0.0916 ± 0.046 mg/kg en leche, ello supera los límites máximos permisibles considerando las normas técnicas internacionales (Condori y Málaga, 2021), considerando que en esta localidad hay actividad minera y los suelos son irrigados con aguas provenientes del rio contaminado por dicha minera, pudiendo ser la razón de estos resultados. Mientras en el mercado San Juan de Miraflores se reportó en hígado de bovino para As un promedio de 1.2521 mg/kg un mínimo de 0.28 mg/kg, un máximo de 2.66 mg/kg respectivamente, que superan los parámetros establecidos por el reglamento técnico de Mercosur y diario oficial de Unión Europea (Ñaccha y Aguilar 2015), pudiendo deberse estos resultados al factor contaminación en la ciudad como la carga vehicular y actividades industriales.

V. CONCLUSIONES

La concentración de Pb en vacas de la cuenca del río Ccañipía, fue de 0.26 ± 0.12 , 0.32 ± 0.14 y 0.31 ± 0.13 mg/litro de plasma sanguíneo y no existen diferencia significativa entre las vacas de primer, segundo y tercer parto respectivamente

La concentración de Cd en vacas de la cuenca del río Ccañipía, fue de 0.06 ± 0.01 , 0.06 ± 0.02 y 0.06 ± 0.004 mg/litro de plasma sanguíneo y no existen diferencia significativa entre las vacas de primer, segundo y tercer parto, respectivamente.

La concentración de As en vacas de la cuenca del río Ccañipía, fue de 0.03 ± 0.02 , 0.04 ± 0.02 y 0.04 ± 0.02 mg/litro de plasma sanguíneo y no existen diferencia significativa entre las vacas de primer, segundo y tercer parto, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

En investigaciones futuras considerar un muestreo probabilístico, con mayor número de muestras que permita inferir los resultados.

Realizar investigaciones similares en otras zonas, comunidades o distritos con la finalidad de comparar los resultados, las personas se informen sobre el tema y puedan prevenir y manejar las consecuencias que generan los metales tóxicos.

Realizar investigaciones que impliquen órganos tales como hígado, riñón, musculo pelo, uñas, u otras, en diferentes especies, con la finalidad de hacer mediciones del contenido de metales tóxicos y niveles de bioacumulación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, A. (2023). Toxicidad por metales pesados en aves de corral: una revisión exhaustiva. <https://axoncomunicacion.net/toxicidad-por-metales-pesados-en-aves-de-corral-una-revision-exhaustiva/>.
- Akele, M. L., Desalegn, S. K., Asfaw, T. B., Assefa, A. G., Alemu, A. K., & de Oliveira, R. (2022). Heavy metal contents in bovine tissues (kidney liver and muscle) from Central Gondar Zone Ethiopia. *Heliyon*, 8(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12416>.
- Alburaidi, B. S., Alsenaidy, A. M., Al Hasan, M., Siddiqi, N. J., Alrokayan, S. H., Odeibat, H. A., Abdulnasir, A. J., & Khan, H. A. (2022). Comparative evaluation of cadmium-induced oxidative stress in camel and bovine erythrocytes. *Journal of King Saud University - Science*, 34(2). <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101772>.
- AMNISTIA INTERNACIONAL. (2021). Nueva evidencia confirma crisis de salud por metales tóxicos en Espinar. <https://www.amnesty.org/es/latest/news/2021/05/peru-crisis-de-salud-metales-toxicos-espinar/>
- Anticona, A. (2022). Estimación del caudal ecológico del río Cañipia en el represamiento trasvase proyectado de la represa Jattarana usando la metodología de simulación de hábitat, Cuzco, Perú.
- Arrieta, A. (2017). Determinación y cuantificación de metales pesados en subproductos de bovino, pastos, suelo y agua en veredas del municipio de Tibu, Norte de Santander.
- Atitsogbey, P., Kyereh, E., Ofori, H., Johnson, P. N. T., & Steiner-Asiedu, M. (2023). Heavy metal, microbial and pesticides residue contaminations are limiting the potential

- consumption of green leafy vegetables in Ghana: An overview. In *Heliyon* (Vol. 9, Issue 4). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15466>.
- ATSDR. (2019, April 11). Estudio de sustancias tóxicas. Módulo IV – Estudio de Sustancias Tóxicas. https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/4/es_lecturenotes.html
- ATSDR. (2021). Resúmenes de Salud Pública - Cadmio (Cadmium).
- Ayala, J., & Romero, H. (2013). Presencia de metales pesados (Arsenico y Mercurio) en leche de vaca al sur de Ecuador. *La Granja*, 17(1), 36–46. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047401002>.
- Azcona, M. I., Ramírez, R., & Vicente, G. (2015). Toxic effects of lead. <http://www.who.int/ipcs/features/lead..pdf>.
- Bhattacharjee, H., Rosen, B. P., & Mukhopadhyay, R. (2009). Aquaglyceroporins and Metalloid Transport: Implications in Human Diseases. <http://www.atsdr.cdc.gov/cercla/05list.html>.
- Calderón, M. N., Carpio, N. Y., & Galarza, W. G. (2023). Metales pesados Cd, Pb y Hg: Una problemática de salud pública en el contexto de las relaciones internacionales e importancia de la academia en su mitigación. *MQRInvestigar*, 7(3), 2545–2578. <https://doi.org/10.56048/mqr20225.7.3.2023.2545-2578>.
- Cardenas, L. G., & Mansilla, S. A. (2023). Evaluación de la concentración de metales pesados por la generación de lixiviados en los suelos agrícolas aledañas al botadero controlado de Haquira, provincia de Cusco - 2022.

- Castro, N. p, Calderón, F., Fuentes de María, M. T., Samuel, S., Morales, S., & González, F. E. (2021). Heavy metals in blood, milk and cow's urine reared in irrigated areas with wastewater. *Heliyon*, 7(4), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06693>.
- CDC. (2022). *CDC's Recommended Terminology When Discussing Children's Blood Lead Levels*. <https://www.cdc.gov/nceh/lead/docs/cdcs-recommended-terminology-discussing-childrens-blls-508.pdf>.
- Choquenaira, Y., & Estofanero, M. (2021). Concentración de metales pesados y nivel de riesgo en el área de influencia del botadero Rumicruz en el poblado de Marangani - Canchis - Cusco.
- Condori, R. G., & Málaga, J. (2021a). Niveles de plomo y arsénico en leche y pelo de vacas lecheras del valle de Moquegua. *Revista de Investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 1(4), 10–17. <https://doi.org/10.25127/riagrop.20214.717>
- Condori, R. G., & Málaga, J. (2021b). Niveles de plomo y arsénico en leche y pelo de vacas lecheras del valle de Moquegua. *Revista de Investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 1(4), 10–17. <https://doi.org/10.25127/riagrop.20214.717>.
- De la rosa, P. M. (2018). “Toxicología forense estudia los métodos de investigación médico-legal en los casos de envenenamiento y muerte.”
- Deojaj, C. (2005). A Field Guide for Detection, Management and Surveillance of Arsenicosis Cases. <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/ARSENIC%20OMS%20INGLES.pdf>.
- DICTAMEN N°068-2020-2021/CSP-CR (2021). https://www.congreso.gob.pe/Docs/comisiones2020/Salud/files/dictamen_nro68_pl_7005.pdf.

- Doadrio, A. L. (2016). Los elementos quimicos. <https://www.mendeley.com/reference-manager/reader-v2/984061af-e375-3860-ad6c-6cf39d7e8ee0/77a5cf42-6fba-6e07-2d68-0292e0578ef6>.
- Galan, E., & Romero, A. (2008). Contaminación de Suelos por Metales Pesados.
- Giannuzzi, L. (2018). Toxicología general y aplicada. <https://fcen.uncuyo.edu.ar/upload/62018giannuzzi-toxicologia-generalaplicadaunlp.pdf>.
- González, R. (2009). Metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea (UE). <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295023525006.pdf>.
- GUÍA TÉCNICA PARA EL ABORDAJE INTEGRAL A PERSONAS EXPUESTAS A ARSÉNICO., PUB. L. No. N.º 168-2022-MINSA, 1 (2022). <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/2793103-168-2022-minsa>.
- Guzman, M. O. (2020). Factores de riesgo asociado por exposición a metales pesados en personas evaluadas del distrito de Pallpata, Provincia de Espinar departamento de cusco, enero - diciembre 2019.
- Hao, R., Li, F., Sun-Waterhouse, D., & Li, D. (2024). The roles of MicroRNAs in cadmium toxicity and in the protection offered by plant food derived dietary phenolic bioactive substances against cadmium induced toxicity. Food Chemistry, 460, 140483. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2024.140483>.
- Huanqui, R. (2018). UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DOCTORADO EN CIENCIA.

https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/8960/Roger_Huanqui_Perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Kar, I., & Patra, A. K. (2021). Tissue Bioaccumulation and Toxicopathological Effects of Cadmium and Its Dietary Amelioration in Poultry—a Review. In *Biological Trace Element Research* (Vol. 199, Issue 10, pp. 3846–3868). Humana Press Inc. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02503-2>.

Kothapalli, C. R. (2021). Differential impact of heavy metals on neurotoxicity during development and in aging central nervous system. In *Current Opinion in Toxicology* (Vol. 26, pp. 33–38). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2021.04.003>

Ruiz, L. (2022). Guía de actuación y diagnóstico de enfermedades laborales.

Martínez, G. (2018). Análisis instrumental: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA).

MERCOSUR. (2011). *MERCOSUR/GMC/RES. N°12/11*.

Ñaccha, J. L., & Aguilar, W. V. (2015). Determinación cuantitativa de plomo, cadmio y arsénico en hígado de ganado bovino expandido en el mercado ciudad de dios-San Juan de Miraflores, durante el periodo de mayo-agosto 2015. Universidad Inca Garcilaso de la Vega.

NCh 409/1 – Of. 2005., 27 de junio del 2006 1 (2005). <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12011-020-02503-2>.

Nordberg, G. F., Bernard, A., Diamond, G. L., Duffus, J. H., Illing, P., Nordberg, M., Bergdahl, I. A., Jin, T., & Skerfving, S. (2018). Risk assessment of effects of cadmium

- on human health (IUPAC Technical Report). In Pure and Applied Chemistry (Vol. 90, Issue 4). Walter de Gruyter GmbH. <https://doi.org/10.1515/pac-2016-0910>.
- Nordberg, G. F., Fowler, B. A., & Nordberg, M. (2007). Handbook on the toxicology of metals.
- Oleru, U. G. (1976). Kidney, liver, hair and lungs as indicators of cadmium absorption. American Industrial Hygiene Association Journal, 37(11), 617–621. <https://doi.org/10.1080/0002889768507533>.
- OMS. (1980). Límites de metales pesados, file: [///E:/tesis/bibliografia/oms/LIMITES%20DE%20METALES%20PESADOS%20OMS.pdf](file:///E:/tesis/bibliografia/oms/LIMITES%20DE%20METALES%20PESADOS%20OMS.pdf)
- OMS. (2017). Reciclaje de baterías de plomo - ácido usadas (pp. 1–60). <https://doi.org/http://apps.who.int/iris>.
- OMS. (2022a). Directriz de la OMS para el tratamiento clínico de la exposición al plomo.
- OMS. (2022b, October 23). Casi un millón de personas mueren cada año debido al envenenamiento por plomo, y más niños sufren efectos a largo plazo en su salud. <https://www.who.int/news/item/23-10-2022-almost-1-million-people-die-every-year-due-to-lead-poisoning--with-more-children-suffering-long-term-health-effects>.
- OMS. (2022c, December 7). Arsenico. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>.
- Organizacion Internacional del trabajo. (2019). Exposición a arsénico y sus compuestos minerales(pp.1–16) https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/11_arsenic_guia_de_actuacion_y_diagnostico.pdf.

- Perez, L. (2020). Concentración de plomo, cadmio y zinc en musculo de alpaca (Vicugna pacos) beneficiados en el camal de Huancavelica.
- Podgorski, J., & Berg, M. (2020). Global threat of arsenic in groundwater. Global threat of arsenic in groundwater. Podgorski J, Berg M. Science. 2020;368(6493):845-850.
- Ramirez, A. (2013). Exposición ocupacional y ambiental al arsénico. Actualización bibliográfica para investigación científica.
- REGLAMENTO (UE) 2021/1317 DE LA COMISIÓN, Diario oficial de Union Europea 1 (2021). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1570>.
- REGLAMENTO (UE) 2021/1323 DE LA COMISIÓN, 7 EFSA Journal 1 (2021). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.980>.
- Resolucion Ministerial N° 400-2017/MINSA (2017).
- Restrepo, D. A., Lopez, J. H., Berdugo, J. A., Gallo, A., & Duarte, Y. (2021). Residues of veterinary drugs and heavy metals in bovine meat from Urabá (Antioquia, Colombia), a promising step forward towards international commercialization. Veterinary and Animal Science, 13. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100192>.
- RM 2011-PARAMETRO. (2011).
- Salas, C., Garduño, M. A., & Mendiola, P. (2019). Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81359562002>.

- Sani, A., Darma, A. I., Abdullahi, I. L., Musa, B. U., & Imam, F. A. (2023). Heavy metals mixture affects the blood and antioxidant defense system of mice. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100340>
- Schaefer, H. R., Flannery, B. M., Crosby, L., Jones, O. E., Punzalan, C., & Middleton, K. (2022). A systematic review of adverse health effects associated with oral cadmium exposure. In *Regulatory Toxicology and Pharmacology* (Vol. 134, pp. 1–24). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2022.105243>.
- Senamhi. (2025, February 1). Senamhi.
- Tahir, I., & Alkheraije, K. A. (2023). A review of important heavy metals toxicity with special emphasis on nephrotoxicity and its management in cattle. A review of important heavy metals toxicity with special emphasis on nephrotoxicity and its management in cattle. <https://www.frontiersin.org/journals/veterinaryscience/articles/10.3389/fvets.2023.1149720/full>.
- Valdivia, M. M. (2005). Intoxicación por plomo. In *Valdivia Infantas 22 | Rev. Soc. Per. Med. Inter* (Vol. 18, Issue 1).
- Vera, R., & Ppacco, E. (2023). Determinacion de metales pesados en pastos y suero sanguineo de alpacas de la comunidad de Patacollana del distrito de Condoroma. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/9070/253T20230919_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Zhang, Z., Wang, Q., Gao, X., Tang, X., Xu, H., Wang, W., & Lei, X. (2024). Reproductive toxicity of cadmium stress in male animals. In *Toxicology* (Vol. 504). Elsevier Ireland Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2024.153787>.

Zhou, X., Zheng, N., Su, C., Wang, J., & Soyeurt, H. (2019). Relationships between Pb, As, Cr, and Cd in individual cows' milk and milk composition and heavy metal contents in water, silage, and soil. *Environmental Pollution*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113322>.

VIII ANEXOS

Anexo 1. Información de la investigación en vacas en producción de la cuenca Ccañipia.

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

INFORME DE ENSAYO**Nº 073-2022**

Cliente	VILMA VALDEZ UMIYAUARI
Dirección del cliente	Av. Caylloma s/n Barrio Atalaya Espinar.
Referencia USAQ	073
Denominación de la muestra	SUERO DE SANGRE DE VACA
Fecha de recepción	10/02/2022
Fecha de análisis	11/02/2022
Fecha de emisión de informe	21/02/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
073-01	Plomo N° 01		0.17	ppm
073-02	Plomo N° 02		0.18	ppm
073-03	Plomo N° 03		0.29	ppm
073-04	Plomo N° 04		0.47	ppm
073-05	Plomo N° 05		0.11	ppm
073-06	Plomo N° 06		0.27	ppm
073-07	Plomo N° 07		0.40	ppm
073-08	Plomo N° 08		0.16	ppm
073-09	Plomo N° 09		0.10	ppm
073-10	Plomo N° 10		0.48	ppm
073-11	Plomo N° 11		0.48	ppm
073-12	Plomo N° 12		0.14	ppm

Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Plomo	0.03 ppm	USAQ-ME-04.AAS


 PERCY YAQUE LÓPEZ MARILLUZ
 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**Nº 073-2022**

Cliente	VILMA VALDEZ UMIYAURO
Dirección del cliente	Av. Caylloma s/n Barrio Atalaya Espinar.
Referencia USAQ	073
Denominación de la muestra	SUERO DE SANGRE DE VACA
Fecha de recepción	10/02/2022
Fecha de análisis	11/02/2022
Fecha de emisión de informe	21/02/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
073-13	Plomo	Nº 13	0.45	ppm
073-14	Plomo	Nº 14	0.39	ppm
073-15	Plomo	Nº 15	0.42	ppm
073-16	Plomo	Nº 16	0.22	ppm
073-17	Plomo	Nº 17	0.23	ppm
073-18	Plomo	Nº 18	0.30	ppm
073-19	Plomo	Nº 19	0.22	ppm
073-20	Plomo	Nº 20	0.48	ppm
073-21	Plomo	Nº 21	0.38	ppm
073-22	Plomo	Nº 22	0.30	ppm
073-23	Plomo	Nº 23	0.26	ppm
073-24	Plomo	Nº 24	0.22	ppm

Límites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Plomo	0.03 ppm	USAQ-ME-04 AAS

PERCY YAQUE LÓPEZ MARILLUZ
 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
Nº 074-2022

Cliente	VILMA VALDEZ UMIYAUARI
Dirección del cliente	Av. Caylloma s/n Barrio Atalaya Espinar.
Referencia USAQ	074
Denominación de la muestra	SUERO DE SANGRE DE VACA
Fecha de recepción	10/02/2022
Fecha de análisis	11/02/2022
Fecha de emisión de informe	21/02/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
074-01	Cadmio	Nº 01	0.05	ppm
074-02	Cadmio	Nº 02	0.06	ppm
074-03	Cadmio	Nº 03	0.06	ppm
074-04	Cadmio	Nº 04	0.06	ppm
074-05	Cadmio	Nº 05	0.06	ppm
074-06	Cadmio	Nº 06	0.07	ppm
074-07	Cadmio	Nº 07	0.06	ppm
074-08	Cadmio	Nº 08	0.06	ppm
074-09	Cadmio	Nº 09	0.06	ppm
074-10	Cadmio	Nº 10	0.07	ppm
074-11	Cadmio	Nº 11	0.07	ppm
074-12	Cadmio	Nº 12	0.05	ppm

Límites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Cadmio	0.008 ppm	USAQ-ME-04 AAS


PERCY YAQUE LÓPEZ MARILLUZ
QUÍMICO
CQP. 878
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° 074-2022

Ciente	VILMA VALDEZ UMIYAURI
Dirección del cliente	Av. Caylloma s/n Barrio Atalaya Espinar.
Referencia USAQ	074
Denominación de la muestra	SUERO DE SANGRE DE VACA
Fecha de recepción	10/02/2022
Fecha de análisis	11/02/2022
Fecha de emisión de informe	21/02/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
074-13	Cadmio N° 13		0.06	ppm
074-14	Cadmio N° 14		0.04	ppm
074-15	Cadmio N° 15		0.04	ppm
074-16	Cadmio N° 16		0.06	ppm
074-17	Cadmio N° 17		0.06	ppm
074-18	Cadmio N° 18		0.02	ppm
074-19	Cadmio N° 19		0.05	ppm
074-20	Cadmio N° 20		0.04	ppm
074-21	Cadmio N° 21		0.06	ppm
074-22	Cadmio N° 22		0.05	ppm
074-23	Cadmio N° 23		0.07	ppm
074-24	Cadmio N° 24		0.07	ppm

Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Cadmio	0.008 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	
---	---	---

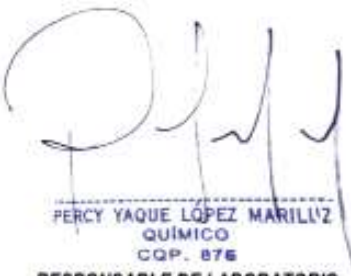
INFORME DE ENSAYO**N° 075-2022**

Cliente	VILMA VALDEZ UMIYAURI
Dirección del cliente	Av. Caylloma sin Barrio Atalaya Espinar.
Referencia USAQ	075
Denominación de la muestra	SUERO DE SANGRE DE VACA
Fecha de recepción	10/02/2022
Fecha de análisis	11/02/2022
Fecha de emisión de informe	21/02/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
075-01	Arsénico	N° 01	0.03	ppm
075-02	Arsénico	N° 02	0.01	ppm
075-03	Arsénico	N° 03	0.02	ppm
075-04	Arsénico	N° 04	0.04	ppm
075-05	Arsénico	N° 05	0.02	ppm
075-06	Arsénico	N° 06	0.03	ppm
075-07	Arsénico	N° 07	0.03	ppm
075-08	Arsénico	N° 08	0.01	ppm
075-09	Arsénico	N° 09	0.03	ppm
075-10	Arsénico	N° 10	0.04	ppm
075-11	Arsénico	N° 11	0.04	ppm
075-12	Arsénico	N° 12	0.04	ppm

Límites 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	
---	---	---

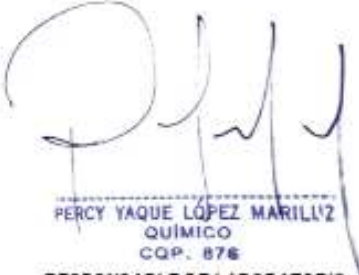
INFORME DE ENSAYO**N° 075-2022**

Cliente	VILMA VALDEZ UMIYAUPI
Dirección del cliente	Av. Caylloma s/n Barrio Atalaya Espinar.
Referencia USAQ	075
Denominación de la muestra	SUERO DE SANGRE DE VACA
Fecha de recepción	10/02/2022
Fecha de análisis	11/02/2022
Fecha de emisión de informe	21/02/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
075-13	Arsénico	N° 13	0.05	ppm
075-14	Arsénico	N° 14	0.04	ppm
075-15	Arsénico	N° 15	0.06	ppm
075-16	Arsénico	N° 16	0.07	ppm
075-17	Arsénico	N° 17	0.06	ppm
075-18	Arsénico	N° 18	0.06	ppm
075-19	Arsénico	N° 19	0.04	ppm
075-20	Arsénico	N° 20	0.02	ppm
075-21	Arsénico	N° 21	0.05	ppm
075-22	Arsénico	N° 22	0.04	ppm
075-23	Arsénico	N° 23	0.01	ppm
075-24	Arsénico	N° 24	0.05	ppm

Límites 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

PLOMO

Medidas resumen

Partos	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana	P(05)
1er	plomo	8	0.26	0.12	0.04	45.25	0.14	0.48	0.25	0.14
2do	plomo	8	0.32	0.14	0.05	43.87	0.11	0.48	0.33	0.11
3ro	plomo	8	0.31	0.13	0.05	41.67	0.10	0.47	0.30	0.10

Nueva tabla_2 : 03/11/2022 - 3:57:44 p. m. - [Versión : 30/04/2020]

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	2	0.01	0.42	0.6630
Partos	0.01	2	0.01	0.42	0.6630
Error	0.35	21	0.02		
Total	0.36	23			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.16261

Error: 0.0166 gl: 21

Partos Medias n E.E.

1er	0.26	8	0.05	A
2ro	0.31	8	0.05	A
3do	0.32	8	0.05	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

CADMIO

Medidas resumen

Partos	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máy	Mediana	P(05)
1er	Cadmio	8	0.06	0.01	4.2E-03	21.73	0.04	0.07	0.06	0.04
2do	Cadmio	8	0.06	0.02	0.01	31.43	0.02	0.07	0.06	0.02
3er	Cadmio	8	0.06	4.6E-03	1.6E-03	8.05	0.05	0.06	0.06	0.05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.5E-05	2	1.2E-05	0.08	0.9246
Partos	2.5E-05	2	1.3E-05	0.08	0.9246
Error	3.3E-03	21	1.6E-04		
Total	3.4E-03	23			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01589

Error: 0.0002 gl: 21

Partos	Medias	n	E.E.
1er	0.06	8	4.5E-03 A
2do	0.06	8	4.5E-03 A
3er	0.06	8	4.5E-03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ARSENICO

Medidas resumen

Partos	Variable	n	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana	P(05)
1er	Arsenico	8	0.03	0.02	0.01	56.34	0.01	0.06	0.03	0.01
2do	Arsenico	8	0.04	0.02	0.01	43.82	0.01	0.06	0.05	0.01
3ro	Arsenico	8	0.04	0.02	0.01	37.80	0.02	0.07	0.04	0.02

Nueva tabla : 03/11/2022 - 3:59:55 p. m. - [Versión : 30/04/2020]

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.1E-04	2	3.0E-04	1.08	0.3561
Partos	6.1E-04	2	3.0E-04	1.08	0.3561
Error	0.01	21	2.8E-04		
Total	0.01	23			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02110

Error: 0.0003 gl: 21

Partos Medias n E.E.

1er	0.03	8	0.01	A
3ro	0.04	8	0.01	A
2do	0.04	8	0.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO 3.**Figura N° 01**

Nota: Toma de muestra de sangre de vaca Lola de primer parto cuenca Cañipia Provincia de Espinar.

**Figura N° 02**

Nota: Toma de muestra de sangre de vaca Clara de segundo parto de la cuenca Ccañipia Provincia de Espinar.



Figura N° 03

Nota: Toma de muestra de sangre de vaca de tercer parto cuenca Cañipia Provincia de Espinar.

**Figura N° 04**

Nota: toma de muestra de vaca de nombre lola de nombre Nidia en la cuenca Ccañipina Provincia de Espinar.



Figura N° 05

Nota: Toma de muestra de sangre de vaca de nombre sara de cuarto parto en la Cuenca Ccañipia, Provincia de Espinar.

