

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN

ESCUELA DE POSGRADO

MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE



**METALES PESADOS EN AGUA, SUELO, PASTO Y SU
RELACION CON LECHE FRESCA PRODUCIDA EN LA
PROVINCIA DE LEONCIO PRADO 2022**

LINEA DE INVESTIGACION: MEDIO AMBIENTE

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN MEDIO
AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

TESISTA: FOLLEGATTI ROMERO LUZ MILAGROS

ASESOR: DR. GUERRA LU JOSE KALION

HUÁNUCO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mi gran familia con mucho amor

AGRADECIMIENTO

- Agradecer a la Universidad Hermilio Valdizán, por haber permitido obtener mi tan ansiado grado de doctor en Medio ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Agradecer a mi familia que siempre me ha brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos.
- Agradecer a mi amiga Yolanda Jesús Ramírez Trujillo por acompañarme, motivarme y darme su amistad en esta etapa de estudio de doctorado.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la presencia de metales pesados en agua, suelo, pasto y su relación con leche fresca de vaca en la provincia de Leoncio Prado. Investigación de tipo aplicada y nivel explicativo. Se recolectaron muestras de agua, suelo y pasto utilizado para alimentar al ganado lechero. El Pb, Cd y Hg se analizaron mediante el método de Digestión ácida/Determinación de elementos por Espectrofotómetro de Emisión Óptica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICPOES). El contenido de plomo (0.5926 ± 0.4159 mg/Kg) y Cadmio (0.0604 ± 0.0573 mg/kg) en agua, plomo ($2,7262 \pm 1,1938$ mg/kg) y cadmio ($0,1644 \pm 0,0441$ mg/kg) en pasto, plomo ($0,0044 \pm 0,0041$ mg/kg) y Cadmio ($0,0485 \pm 0,0288$ mg/kg) en leche, no tuvieron diferencia significativa existiendo una relación directa entre ellas, no se encontró mercurio en leche. En el suelo a 10 y 20 cm de profundidad las cantidades de metales pesados fueron el mismo. Las concentraciones de pb (0.5926 mg/kg), cadmio (0.0604 mg/kg) y mercurio ($0,0158$ mg/kg) en el agua superaron los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental en Perú (ECA). Similar situación ocurrió en leche fresca con 0.0485 mg/Kg de pb y $0,0044$ mg/Kg de Cd que estuvieron por encima de 0.02 y 0.002 mg/Kg dados por la Comisión conjunta de la FAO/OMS del Codex Alimentario (CODEX) y la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) respectivamente. El contenido de plomo ($22,2071$ mg/kg), cadmio ($1,0077$ mg/kg) y mercurio ($0,0111$ mg/kg) en el suelo fueron significativamente más elevados en comparación con el agua, el pasto y la leche. Estos hallazgos resaltan la importancia de monitorear la contaminación por metales pesados en la zona.

Palabras clave. Metales pesados, leche fresca, ganadería.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the presence of heavy metals in water, soil, grass and their relationship with fresh cow's milk in the province of Leoncio Prado. Applied research and explanatory level. Samples of water, soil and grass used to feed dairy cattle were collected. Pb, Cd and Hg were analyzed by the acid digestion method//Determination of elements by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrophotometer (ICPOES). The content of lead (0.5926 ± 0.4159 mg/kg) and cadmium (0.0604 ± 0.0573 mg/kg) in water, lead (2.7262 ± 1.1938 mg/kg) and cadmium (0.1644 ± 0.0441 mg/kg) in grass, lead (0.0044 ± 0.0041 mg/kg) and Cadmium (0.0485 ± 0.0288 mg/kg) in milk, had no significant difference, there being a direct relationship between them, no mercury was found in milk. In the soil at 10 and 20 cm depth the amounts of heavy metals were the same. The concentrations of pb (0.5926 mg/kg), cadmium (0.0604 mg/kg) and mercury (0.0158 mg/kg) in the water exceeded the limits established by the Environmental Quality Standards in Peru (ECA). A similar situation occurred in fresh milk with 0.0485 mg/Kg of bp and 0.0044 mg/Kg of Cd, which were above the 0.02 and 0.002 mg/Kg given by the Joint Commission of the FAO/WHO of the Codex Alimentarius (CODEX) and the Agency for Toxic Substances and the Registry of Diseases (ATSDR) respectively. The content of lead (22.2071 mg/kg), cadmium (1.0077 mg/kg) and mercury (0.0111 mg/kg) in the soil were significantly higher compared to water, grass and milk. . These findings highlight the importance of monitoring heavy metal contamination in the area.

Keywords. Heavy metals, fresh milk, livestock.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a presença de metais pesados na água, e não apenas no capim, bem como sua relação com o leite de vaca in natura na província de Leôncio Prado. Pesquisa aplicada e nível explicativo. Eles formam amostras coletadas de água, somente a 10 e 20 cm de profundidade, e de capim utilizado na alimentação do gado leiteiro. Pb, Cd e Hg foram analisados pelo método de digestão ácida //Determinação de elementos por Espectrofotômetro de Emissão Óptica de Plasma Acoplado Indutivamente (ICPOES). Os resultados revelarão que as concentrações de figo da Índia ($0,59 \pm 0,42$ mg/Kg), cádmio ($0,06 \pm 0,06$ mg/L) e mercúrio ($0,02 \pm 0,02$ mg/Kg) na água ultrapassarão os limites estabelecidos pela Qualidade Ambiental Padrões. (ECAS). Da mesma forma, altas concentrações de metais pesados são encontradas não apenas no capim utilizado na alimentação do gado. Além disso, a teoria da figos da Índia e do cádmio não só foi significativamente maior em comparação com água, grama e leite, respectivamente. Isso indica um acúmulo significativo de figo da Índia ($22,2 \pm 5,79$ mg/Kg), cádmio ($1,01 \pm 1,12$ mg/Kg) e mercúrio ($0,01 \pm 0,02$ mg/Kg), levantando preocupações tanto para a saúde do indivíduo quanto para o suprimento de comida. Esses metais pesados descascam o capim e sua posterior transferência para o leite de vaca fresco de $0,0485 \pm 0,028$ mg/Kg de figo da Índia e $0,0044 \pm 0,0041$ mg/Kg de cádmio excedendo os limites permitidos de 0,002 e 0,003 mg/Kg, respectivamente, estabelecidos pela Comissão do Codex Alimentarius (CODEX) e da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO), o que pode representar um risco para a segurança alimentar e a saúde humana. Esses números destacam a importância do monitoramento e controle da contaminação por metais pesados na área.

Palavras-chave. Gols pesados, leite fresco, gado.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	v
RESUMO	vi
INDICE	vii
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1. Fundamentación del problema	16
1.2. Justificación e importancia de la investigación.....	16
1.3. Viabilidad de la investigación	16
1.4. Formulación del problema.	17
1.4.1. Problema general	17
1.4.2. Problemas específicos.....	17
1.5. Formulación de objetivos.....	18
1.5.1. Objetivo general	18
1.5.2. Objetivos específicos.....	18
CAPITULO II. MARCO TEÒRICO	20
2.1. Antecedentes de la investigación	20
2.2. Bases teóricas.....	24

2.3. Bases conceptuales.....	28
2.4. Bases filosóficas.....	34
2.5. Bases epistemológicas.....	35
2.6. Bases antropológicas.....	37
CAPITULO III. SISTEMA DE HIPOTESIS.....	387
3.1. Formulación de hipótesis	387
3.1.1. Hipótesis general	387
3.1.2. Hipótesis específicas.....	38
3.2. Operacionalización de variables	39
3.3. Definición operacional de variables.....	40
CAPITULO IV. MARCO METODOLÓGICO	41
4.1. Ámbito.....	41
4.2. Tipo y nivel de investigación	42
4.3. Población y muestra	43
4.3.1. Descripción de la población	43
4.3.2. Muestra y método de muestreo.....	46
4.3.3. Criterios de inclusión y exclusión	48
4.4. Diseño de investigación	49
4.5. Técnicas e instrumentos	50
4.5.1. Técnicas	50
4.5.2. Instrumentos	50

4.6. Técnica para el procesamiento y análisis de datos.....	51
4.7. Aspectos éticos.....	51
CAPÍTULO V. RESULTADOS	52
5.1. Análisis descriptivo	52
5.2. Análisis inferencial y/o contrastación de hipótesis	57
5.3. Discusión de resultados.....	61
5.4. Aporte científico de la investigación	83
CONCLUSIONES	84
SUGERENCIAS	85
REFERENCIAS	86
ANEXOS.....	<u>94</u>

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	39
Tabla 2. Descripción de la población.....	44
Tabla 3. Proporción de muestra de leche en las ganaderías de Leoncio Prado.....	46
Tabla 4. Concentración de metales pesados en agua de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado	52
Tabla 5. Concentración de metales pesados en suelo de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.	53
Tabla 6. Concentración de metales pesados en pasto de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.	54
Tabla 7. Concentración de metales pesados en leche fresca de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado	55
Tabla 8. Concentración de metales pesados a diferentes profundidades de suelo en las ganaderías de provincia de Leoncio Prado.	57
Tabla 9. Concentración de plomo (Pb) en agua, suelo, pasto y leche fresca de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado	58
Tabla 10. Concentración de cadmio (Cd) en agua, suelo, pasto y leche fresca de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado	59
Tabla 11. Concentración de mercurio (Hg) en agua, suelo, pasto y leche fresca de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la provincia de Leoncio Prado	411
Figura 2. Población de estudio (mapa de la provincia de Leoncio Prado con sus distritos) ubicada en la región Huánuco - Perú.....	45
Figura 3. Concentración de metales pesados en agua de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado	52
Figura 4. Concentración de metales pesados en suelo de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.	53
Figura 5. Concentración de metales pesados en pasto de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.	54
Figura 6. Concentración de metales pesados en leche fresca de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado	55
Figura 7. Concentración de metales pesados en agua, suelo, pasto y leche fresca de vaca, de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.....	56

INTRODUCCIÓN

Diversas investigaciones llevadas a cabo en Perú han identificado la presencia de metales pesados en el medio ambiente, incluyendo aguas, suelos y pastizales. Esta contaminación tiene consecuencias adversas en las actividades ganaderas de la región.

Los metales pesados son elementos con una alta densidad, superando los 4 g/cm^3 , y un peso atómico superior a 20. En las actividades ganaderas, la presencia de estos metales puede tener consecuencias graves, como la mortalidad del bovino y el desequilibrio de los agroecosistemas. Los animales pueden absorber estos metales por la ingestión, inhalación o contacto dérmico, factores como la exposición duradera y la alta cantidad en la sangre pueden influir en la intoxicación de los órganos y la contaminación de la leche (Londoño, 2016).

La calidad ambiental desempeña un papel crucial en la capacidad de llevar a cabo diversas actividades en un entorno determinado. Sin embargo, la contaminación tiene un impacto negativo en esta calidad ambiental. La acumulación de metales pesados en agua, suelo y pasto se ha identificado como una causa significativa de problemas de toxicidad, lo cual también afecta a la actividad ganadera, entre otros aspectos (Sibello – Hernández, 2021)

Es importante resaltar que la actividad humana es una de las principales causas del aumento de metales pesados en las zonas agrícolas. Esto debido a la exposición de productos químicos como fertilizantes, herbicidas y pesticidas, así como al uso de abono animal y la presencia de aguas residuales. Investigaciones realizadas por Iyaka et al. (2012) y Montagne et al. (2007) y mencionadas por Salazar-Matarruta (2020) respaldan esta afirmación, evidenciando cómo estas prácticas antropogénicas contribuyen a su acumulación.

El plomo (Pb) es uno de los principales metales pesados que contaminan, y su origen puede estar relacionado con actividades como fundiciones, procesamiento de metales, reciclaje de baterías, uso de gasolina, minería y contaminación atmosférica. Este metal puede llegar al agua y al suelo en forma de partículas, y tiende a adherirse y permanecer en la capa superficial. Su duración media oscila entre 740 y 5900 años,

y su concentración podría ser afectada por diversos factores como el tipo de suelo, la topografía, las propiedades fisicoquímicas de superficies y las condiciones climáticas. Aunque algunos compuestos de este elemento pueden sufrir transformaciones químicas, el plomo elemental en sí no se degrada. Es decir, permanece en el medio ambiente durante extensos períodos de tiempo sin descomponerse (Montes, 2022).

El cadmio (Cd) es un elemento pesado que se caracteriza por su gran movilidad en el medio ambiente, esto se debe a la solubilidad de sus compuestos. Esto lo convierte en un contaminante ampliamente distribuido en diversas fuentes. Una vez que el cadmio entra en el cuerpo humano, puede acumularse durante un largo período de hasta 30 años, principalmente en el riñón, debido a su lenta eliminación a través de la orina. Esta acumulación a largo plazo puede ocasionar problemas renales, alteraciones óseas como osteoporosis y dolores en los huesos, así como disfunciones en el sistema reproductor. Se estima que alrededor del 5% presente en los alimentos es absorbido por el organismo, aunque este porcentaje puede crecer a un 15% en casos de falta de hierro. Esta absorción adicional puede ser perjudicial para el riñón, ya que puede resultar en la acumulación de un máximo de 85% de la ingesta total de cadmio. Es importante tener en cuenta los efectos adversos a largo plazo que puede tener la exposición al cadmio y tomar medidas para reducir su presencia en el medio ambiente y limitar la exposición humana a este metal tóxico (Franco, 2014, citando a Fox, 1988 y WHO, 1992).

La diseminación del mercurio (Hg) en el ambiente está influenciada por su gran capacidad de unirse firmemente a suelos y sedimentos en formas no volátiles. Se estima que alrededor del 92% al 96% del mercurio presente se encuentra fuertemente adherido y no se desprende hacia las aguas subterráneas. El pH tiene una participación muy primordial en el comportamiento del mercurio, ya que, a un pH por debajo de 3, tiende a volatilizarse más fácilmente desde los suelos, mientras que, a partir de un pH de 4, se adsorbe de manera más intensa a los materiales húmicos presentes en el suelo. (Franco, 2014, citando a Quinche, 1987 y Rauret, 1998).

En vista del incremento de la contaminación y sus impactos en diferentes regiones geográficas, es necesario desarrollar nuevas estrategias que permitan ofrecer

soluciones en un tiempo reducido. En la actualidad, resulta de gran importancia llevar a cabo el control de las cantidades de metales pesados, los cuales actúan como contaminantes en las áreas destinadas a la actividad agrícola y pecuaria. En este contexto, el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar las concentraciones de plomo, cadmio y mercurio presentes en el agua, suelo, pasto, y su posible relación con la contaminación de leche fresca de vaca en la Provincia de Leoncio Prado, en Perú.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Fundamentación del problema

La contaminación ambiental es uno de los desafíos más significativos en la actualidad a nivel mundial y de gran interés para los científicos, ya que repercute directamente sobre el equilibrio de los ecosistemas. Los hechos antropogénicos e industriales favorecen la distribución de elementos químicos contaminantes hacia medio ambiente, con efectos negativos sobre la salud del ser humano, los animales y de la vegetación en general, ya que la interacción de los seres vivos con el medio físico permite que estas sustancias sean transferidas a través de la cadena alimentaria, siendo en su mayoría sustancias no biodegradables y con tendencia a bioacumularse en el organismo sin efectuar una función biológica (Martínez, 2019).

Los metales pesados que se encuentran en los alimentos son de diferentes fuentes, siendo las más significativas el suelo, agua, lodos residuales, los fertilizantes químicos y los plaguicidas utilizados en la agricultura. Estos elementos se encuentran en el suelo donde se cultivan los alimentos destinados al consumo humano y animal. En la leche se mencionan el uso de equipos y utensilios tóxicos para la extracción de leche, almacenamiento y transporte, así también, indirectamente mediante alimentos y agua contaminada que ingieren el ganado, afectando directamente a la leche y la salud pública (Rodríguez, 2005).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha llevado a cabo investigaciones que han confirmado la existencia de metales pesados como plomo, cadmio y mercurio en la leche de vaca. Estos estudios han demostrado que el ganado que pascua en áreas cercanas a ríos contaminados por desechos mineros está expuesto a la polución por estos minerales tóxicos a través del agua, así como a la exposición aérea por fumigaciones en las aguas residuales, que contienen elementos tóxicos. Estos tienen un impacto negativo en la calidad y seguridad alimentaria de la leche, además esta detección puede servir como un indicador directo del grado de contaminación del

ambiente local, incluyendo la calidad del suelo, agua y vegetación en el área de crianza de bovinos (González-Montaña, 2009).

Desde este punto de vista, es importante desarrollar la presente investigación, ya que no existen evidencias científicas de la existencia plomo, cadmio y mercurio en agua, suelo y pasto de la provincia de Leoncio Prado. Así mismo, nos permitirá conocer el grado de contaminación de la leche fresca de vaca de esta zona, que pueda alterar su composición y repercutir en la salud humana. Finalmente se pretende también dar a conocer el nivel de contaminación ambiental de esta zona, para implementar alternativas de solución que corrijan dicho fenómeno y beneficien a la población de la Provincia de Leoncio Prado.

1.2. Justificación e importancia de la investigación

La presente investigación se justifica porque constituye un tema actual de impacto ambiental, como resultado de la contaminación de los alimentos con repercusiones muy graves en la salud pública, además es importante conocer la existencia de metales pesados como el plomo, cadmio, mercurio y su relación en la leche fresca de vaca en las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado, dado que el contenido de estos elementos puede estar influenciado por el agua, pasto y suelo contaminado donde vive el animal (Monteza, 2018).

Por ello, es necesario conocer como está relacionado el contenido de metales pesados del agua, suelo, pasto y su relación con leche fresca de vaca producida en la provincia de Leoncio Prado. Así mismo, que sirva como material didáctico para futuros trabajos de investigación que orienten a descubrir las causas de la contaminación y sirva de solución a los efectos negativos sobre el hombre, específicamente en la población infantil de la provincia, que constituyen los mayores consumidores, siendo por ello los más sensibles a los efectos nocivos.

1.3. Viabilidad de la investigación

Es oportuno mencionar las competencias que se adquirieron a lo largo de la formación profesional sobre esta temática, que dio sustento teórico y metodológico al

trabajo de investigación, sumado a la experiencia como docente investigador. Por otro lado, el estudio enmarca un gasto significativo para la recopilación de muestras y el análisis de plomo, cadmio y mercurio en agua, suelo, pasto y leche en la provincia de Leoncio Prado, siendo tiempos difíciles económicamente que definieron en gran medida el número de muestras y zonas de la provincia. Sin embargo, se superó todas estas limitaciones por lo que se consideró una investigación viable, así mismo oportuna y provechosa, por el interés de conocer los indicadores actuales de contaminación ambiental.

1.4. Formulación del problema.

1.4.1. Problema general

¿Cuál es la concentración de metales pesados en agua, suelo y pasto, y su relación con la leche fresca de vaca en la provincia de Leoncio Prado 2022?

1.4.2. Problemas específicos

- a)* ¿Existe presencia de metales pesados como plomo, cadmio y mercurio en el suelo a diferentes niveles de profundidad (10 y 20 cm) en la ubicación geográfica estudiada, indicando una posible contaminación en esa área?
- b)* ¿Existe una relación entre los niveles de plomo en el agua, suelo y pasto con leche fresca de vaca en las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado?
- c)* ¿Existe una relación entre las cantidades de cadmio en el agua, suelo y pasto con la leche fresca de vaca en las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado?
- d)* ¿Existe una relación entre los niveles de mercurio en el agua, suelo y pasto con la leche fresca de vaca en las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado?

1.5. Formulación de objetivos.

1.5.1. Objetivo general

Evaluar la concentración de metales pesados en agua, suelo y pasto y su relación con la leche fresca de vaca producida en la provincia de Leoncio Prado.

1.5.2. Objetivos específicos

- a)* Determinar si existe la presencia de metales pesados como plomo, cadmio y mercurio, en el suelo a diferentes niveles de profundidad (10 y 20 cm) en la ubicación geográfica estudiada, con el fin de determinar si hay contaminación en esa área.
- b)* Determinar si hay relación entre los niveles de plomo en el agua, suelo y pasto con la leche fresca de vaca en las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.
- c)* Determinar la posible relación entre las cantidades de cadmio en el agua, suelo y pasto, con la leche fresca de vaca en las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.
- d)* Analizar la posible relación entre los niveles de mercurio en el agua, suelo y pasto con la leche fresca de vaca en las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.

CAPITULO II. MARCO TEÒRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacional

Gonzales - Montana (2009) en *Concentración de metales pesados en leche cruda de vaca en la provincia de León – España* concluye, que, en las granjas de la provincia de León, se encontró que las muestras de leche de vaca presentaban concentraciones medias de diversos metales pesados. El plomo tuvo una concentración media de 4,34 µg/kg, el aluminio de 192,16 µg/kg, el cromo de 69,28 µg/kg, el níquel de 45,11 µg/kg, el molibdeno de 45,20 µg/kg, el zinc de 4.860 µg/kg, el hierro de 300 µg/kg, el manganeso de 31,82 µg/kg y el cobre de 63,51 µg/kg. Sin embargo, elementos como el mercurio, el arsénico y el cadmio presentaron concentraciones por debajo del límite de detección. Estas concentraciones se encuentran dentro de los rangos reportados en otras investigaciones, lo que indica que el riesgo para la salud del consumidor de leche de vaca en la provincia de León es muy bajo, aunque no nulo.

Garcés (2020), en “*Determinación de la presencia de metales pesados en leche cruda bovina en la parroquia Bilován provincia Bolívar – Ecuador*”, concluye que, a pesar de no haber encontrado metales pesados en la leche, es importante destacar que la ausencia de detección no descarta la existencia de contaminantes en el ambiente, suelo o agua que puedan tener un impacto significativo en la calidad de la leche y, potencialmente, acreditar un riesgo para el estado sanitario de la humanidad. Es crucial mantener una vigilancia constante y realizar monitoreos regulares para asegurar que los contaminantes en la leche estén dentro de los rangos permitidos y que la producción ganadera se realice en condiciones seguras y sostenibles.

Reyes, Vergara, Torres, Lagos, y Jiménez, (2016), en “*Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria – Colombia*”, concluyen que la existencia de estos elementos pesados como mercurio, arsénico, cadmio y plomo en la leche y carne de bovinos se ve influenciada por el hecho de que estos animales pastorean y consumen agua, pasto o forraje contaminados

con estos elementos. Asimismo, las condiciones de cultivo, incluyendo el aire, agua, suelo y plantas, también pueden afectar la cantidad de metales pesados en estas diferentes matrices. Por lo tanto, la alimentación de los bovinos como las condiciones ambientales en las que se desarrollan pueden contribuir a las cantidades de metales pesados en leche y carne bovina.

De la Cueva, F., Naranjo, A., Puga Torres, B., & Aragón, E. (2021), en “*Presencia de metales pesados en leche cruda bovina de Machachi, Ecuador*”. Según las conclusiones del estudio, se identificó la presencia de contaminación por plomo en el lugar investigada, pero se observó que dos compuestos muy tóxicos, como el mercurio, fueron las principales responsables de la contaminación. Por lo tanto, se enfatiza la necesidad de realizar una inspección continua de la leche y, especialmente, de investigar los orígenes de contaminación.

2.1.2. Nacional

Según Velarde (2021) en “*Determinación de metales pesados en leche de vaca, pasto y agua de la microcuenca del río Llallimayo, Melgar-Puno*”, se encontraron diferentes cantidades de cadmio, plomo y mercurio en la leche de vaca, pasto y agua analizadas. Los niveles de cadmio fueron de 0,00121 mg/L en la leche, 0,00309 mg/kg en el pasto y 0,00121 mg/L en el agua ($P < 0,05$). En cuanto al plomo, se observaron niveles de 0,0199 mg/L en la leche, 0,0746 mg/kg en el pasto y 0,0880 mg/L en el agua ($P > 0,05$). Para el mercurio, se registraron concentraciones de 0,0026 mg/L en la leche, 0,0021 mg/kg en el pasto y 0,0017 mg/L en el agua ($P > 0,05$). A partir de esta determinación, se concluye que las concentraciones de cadmio y mercurio en la leche de vaca, pasto y agua utilizada para el riego proveniente del río Llallimayo están dentro de los límites superiores permitidos.

Ninaquispe Vasquez, E., & Vasquez Chacon, I. E. (2021) en *Determinación de la presencia de metales pesados (Hg, As, Pb y Cd) en leche y agua de regadío de la cuenca de Santa Eulalia, agosto 2020* en su investigación doctoral concluye, que se encontró que al menos uno de los minerales cuantificados en leche y agua supera límites permitidos para consumo humano.

Según el estudio realizado por López Salazar y Vásquez Huaranca (2021), a través de una revisión sistemática, determina que la existencia de metales pesados en leche de vaca podría tener graves consecuencias tanto para la salud humana como animal, así como para el medio ambiente. Estas consecuencias pueden incluir intoxicaciones con efectos irreversibles, como teratogénesis, cáncer e inclusive la muerte. Es importante destacar que la toxicidad de estos no solo se debe a sus propiedades químicas, sino también a las cantidades en las que se presentan. En este sentido, las altas concentraciones representan un peligro significativo para el bienestar humano y animal.

De acuerdo con el estudio realizado por Pacco en (2018), en ***"Determinación de metales pesados en la leche y el pelo de vacas en la cuenca del río Llallimayo en Melgar, Puno"***, se concluye que las cantidades en promedio de estos elementos en la leche fueron de 0,0256 mg/kg de plomo, 0,022 mg/kg de mercurio y 0,0012 mg/kg de cadmio. En cuanto al pelo de las vacas, se encontraron concentraciones de 0,38 mg/kg de mercurio y 0,0098 mg/kg de cadmio, sin detectarse presencia de plomo. Estos resultados indican que tanto la leche como el pelo de las vacas alimentadas con vegetación regadas con aguas del río Llallimayo presentan concentraciones por encima de los límites máximos permitidos. Este hallazgo es preocupante, ya que evidencia una contaminación significativa en la zona estudiada, lo que representa un riesgo para la salud de los seres humanos, animal y medio ambiente.

Según el estudio realizado por Chata en (2015), que evaluó la ***"Presencia de metales pesados en el agua y la leche en la cuenca del río Coata en Puno"***, en el análisis de la leche, se observaron los siguientes resultados: la cantidad media de mercurio fue de 0,0028 mg/l, por debajo de lo establecido por la norma técnica del Ecuador de 0,005 mg/kg. En cuanto al plomo, se obtuvo una concentración promedio de 0,21 mg/l, superior a los estándares establecidos por el Codex Alimentario y la Unión Europea de 0,020 mg/kg. Por último, la cantidad media de cadmio fue de 0,0037 mg/l, arriba del tope máximo indicado por la normativa técnica de Rumania de 0,010 mg/kg.

De acuerdo con la investigación realizada por Choque en 2019, que examinó los “*Efectos tóxicos de los metales pesados en la flora, fauna y la salud humana en el Perú*”, se llega a la siguiente conclusión: los estudios demuestran que la existencia de estos elementos como mercurio (Hg), cadmio (Cd) y plomo (Pb) en el agua, pasto y forraje que consumen los bovinos que pastorean, tiene un impacto directo en el contenido de estos minerales en leche y carne de dichos animales. Asimismo, formas de cultivo, incluyendo la calidad del aire, agua, suelo y plantas, también tienen que ver con la presencia de estos minerales en el medio ambiente.

Núñez (2015), en “*Contaminación del agua por metales pesados en el Distrito Mariscal Cáceres–San José en la Provincia de Camaná-Arequipa*”, concluye que el agua suministrada al centro poblado de San José cumple con las concentraciones admisibles establecidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA) en cuanto a la concentración de arsénico, hierro y manganeso. El promedio de arsénico en el agua fue de 0,017 mg/L, de hierro fue de 0,9835 mg/L y de manganeso fue de 0,8455 mg/L. Estos valores están dentro de los límites permitidos establecidos por el Ministerio de Salud, que son de 0,010 mg/L para arsénico, 0,300 mg/L de hierro y 0,400 mg/L manganeso. Sin embargo, a pesar de cumplir con los estándares establecidos, se determina que el agua no sirve para el consumo de seres humanos en el poblado de San José - Mariscal Cáceres - Camaná - Arequipa.

2.1.3. Regional

No existe información regional respecto al tema

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Metales pesados

Los metales pesados son elementos químicos que tienen una alta densidad (superior a 4 g/cm³), masa y peso atómico por encima de 20, y pueden ser tóxicos en concentraciones bajas. Aunque generalmente se considera que los metales pueden ser perjudiciales, es importante destacar que algunos de ellos son esenciales para nuestra

dieta y desempeñan funciones fisiológicas importantes. El organismo necesita una serie de elementos como hierro, cobalto, cobre, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio y zinc en cantidades adecuadas para mantener una buena salud. Sin embargo, tanto la falta como la demasía de estos elementos pueden ocasionar problemas de salud.

Por otro lado, existen metales que no cumplen una función fisiológica conocida y pueden tener efectos perjudiciales para la salud. En estos casos, es recomendable evitar su exposición siempre que sea posible. Es importante tener en cuenta los riesgos asociados con la presencia y acumulación de metales pesados en el medio ambiente y tomar medidas para minimizar su impacto en nuestra salud (Londoño-Franco, Londoño-Muñoz, y Muñoz-García, 2016).

2.2.2. El plomo

El plomo no tiene una función conocida en el cuerpo humano, pero su presencia podría causar intoxicación crónica e incluso ser fatal. Los compuestos de plomo pueden cambiar debido a la exposición a la luz del sol, aire y agua. Se utiliza en la para fabricar óxido de plomo, tetraetilo de plomo y aleaciones con otros metales como estaño, cobre, arsénico, antimonio, bismuto, cadmio y sodio. El plomo se encuentra en pilas, baterías de automóviles y computadoras, grifos y accesorios de bronce, soldaduras de en instalaciones de tubos de cobre, entre otros productos.

En áreas urbanas, el polvo puede ser una fuente significativa de contaminación por metales debido a las actividades humanas. La intoxicación crónica por plomo perjudica a todos los sistemas y órganos del cuerpo humano. Los niños y las mujeres embarazadas son especialmente vulnerables, ya que incluso una exposición prenatal a dosis bajas de plomo puede afectar el desarrollo temprano y causar retraso en el crecimiento físico y alteraciones neurológicas.

Según lo investigado por IPCS en 1998 mencionado por Franco 2014, aproximadamente el 10% del plomo consumido por la boca es absorbido en adultos, mientras que en niños esta absorción puede aumentar hasta un 50%. Una vez

absorbido, este metal se disemina en diversos órganos y tejidos del cuerpo, como los riñones, el hígado, el cerebro y los huesos. Debido a que el calcio y el plomo se parecen en comportamiento de formar sales, normalmente se acumulan principalmente en los tejidos óseos.

En general, los suelos presentan concentraciones bajas de plomo, y la absorción de este metal por parte del pasto es relativamente baja, a menos que la zona de cultivo este contaminada. Sin embargo, estudios realizados por Siebe en 1994 han demostrado que, en lugares regados durante mucho tiempo con aguas contaminadas con plomo, puede ocurrir una reasignación del metal, aumentando su movilidad y, por lo tanto, su disponibilidad para las plantas. Esto puede incrementar la absorción de plomo por los cultivos (Franco, 2014).

En cuanto a la diseminación de metales en suelos con pHs bajos, Brumer et al. en 1986 establecieron el siguiente orden: $Cd > Ni > Zn > Mn > Cu > Pb > Hg$. Esto indica que el cadmio es el metal más móvil en suelos ácidos, seguido por el níquel, el zinc, el manganeso, el cobre, el plomo y el mercurio (Franco, 2014).

En la atmósfera, el plomo se encuentra principalmente en forma de contaminación por partículas, como óxidos y carbonatos. Estas partículas pueden acumularse en la tierra debido a la gravedad, dependiendo de su tamaño y densidad. Sin embargo, si las partículas son muy finas, pueden permanecer suspendidas en el aire y transportarse a distancias significativas desde el lugar donde se emitieron. Esto significa que el plomo puede ser transportado por el aire y dispersarse en diferentes áreas lejos de su fuente de emisión original (Franco, 2014).

La eliminación del plomo del cuerpo se lleva a cabo primordialmente a través de la orina, aunque también puede ocurrir mediante la transpiración y la leche materna. Tiene la manera de traspasar la placenta, lo que resulta en la aglomeración de este metal en los tejidos fetales, y la cantidad acumulada es proporcional a los niveles de plomo sanguíneo materno. Es importante destacar que, durante en el embarazo y lactancia, se produce un movimiento de este metal retenido en los huesos (Boudene, 1982 mencionado por Franco 2014).

2.2.3. Cadmio

El cadmio tiende a acumularse principalmente en los riñones e hígado de los animales, mientras que el plomo se deposita principalmente en los huesos largos y puede ser liberado en leche de los bovinos, especialmente después del alumbramiento. La contaminación de los suelos y la edad de los animales son factores que predicen la presencia de contaminación en los animales. Los niveles de metales en el suelo utilizados como base indican la presencia de contaminación, además de considerarse la edad de las vacas, que superan los tres años, período en el cual puede haber aglomeración en el organismo de los bovinos. (Castro-González, 2018).

El cadmio tiene la capacidad de acumularse en el cuerpo humano durante un período de hasta 30 años, primordialmente en los riñones, ya que su eliminación a través de la orina es muy lenta. Esto puede resultar en problemas renales, trastornos óseos como la osteoporosis y dolores óseos, así como fallas en el sistema reproductivo. Además, existe la posibilidad de que el cadmio actúe como carcinógeno pulmonar cuando se inhala. En un informe emitido el 2 de junio de 1995, el Comité Científico de Alimentos de la Comisión Europea recomendó tomar medidas adicionales para disminuir la ingesta de este metal en los alimentos diarios, ya que los alimentos son una de las importantes fuentes de cadmio en los seres humanos (Franco, 2014).

Cuando hay un aumento en la exposición al cadmio, ya sea a través del uso de fertilizantes abundante en cadmio o de desechos urbanos, se pueden observar niveles más altos de este metal. En este sentido, las plantas tienen la capacidad de absorber perfectamente, lo que representa una vía significativa de contaminación tanto para los bovinos como para las personas. (Franco, 2014).

2.2.4. Mercurio

El mercurio (Hg) es un metal pesado que ha sido utilizado y conocido desde tiempos antiguos. Puede encontrarse en diferentes formas químicas, como mercurio elemental y diversos compuestos mercuriosos y mercúricos. Estas formas inorgánicas del mercurio son comunes en las aguas de los ríos. Además, el mercurio también puede encontrarse en compuestos orgánicos, siendo el metilmercurio el más destacado debido

a sus efectos tóxicos y ambientales. El metilmercurio puede tener impactos negativos en el desarrollo cerebral de los infantes y, en concentraciones elevadas, puede causar alteraciones cerebrales en las personas adultas. Es importante tener en cuenta que este metal es el único líquido conocido que presenta muchos efectos tóxicos. (Méndez, 2002 mencionado por Pacco, 2018).

Los deshidratados de pescado representan una única forma probable de introducir mercurio en la cadena alimentaria por los animales terrestres. Debido a que el mercurio presente en estas harinas es de naturaleza orgánica, es fácilmente absorbido y acumulado en los músculos en cantidades significativas. Por tanto, es fundamental garantizar que las harinas de pescado utilizadas en la alimentación de los animales estén dentro de los rangos según la ley establecidos para evitar la contaminación (Méndez Batán, 2002 mencionado por Franco 2014).

Los efectos tóxicos más significativos del metilmercurio en adultos están relacionados con el sistema nervioso, mientras que la exposición durante el embarazo puede ocasionar malformaciones congénitas en el sistema nervioso. Los efectos teratogénicos son extremadamente perjudiciales, ya que la exposición prenatal del feto afecta el desarrollo y migración normales de las neuronas, provocando alteraciones en la estructura cerebral normal. (Clarkson, 1983; Sager et al., 1984 mencionado por Franco 2014).

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Agua

Además de ser esencial para la vida, el agua también es utilizada por los seres humanos en una amplia variedad de actividades, como consumo humano, agricultura, industria y generación de energía. El tener la posibilidad de tener agua potable y saneamiento adecuado es un derecho humano fundamental y es crucial para la salud, la higiene y el desarrollo sostenible.

Los metales pesados pueden estar en el agua como resultado de diversas fuentes naturales y actividades antropogénicas. Algunos ejemplos comunes de metales pesados

que pueden encontrarse en el agua son el plomo, el mercurio y cadmio. Los metales pesados pueden contaminar el agua debido a fuentes naturales y actividades humanas. Su presencia en el agua representa un peligro para el bienestar sanitario del ser humano y el ambiente, por ello es fundamental tomar medidas para prevenir la contaminación, controlar las fuentes de emisión y garantizar una gestión adecuada del agua para proteger nuestra salud y el ecosistema acuático. Por lo tanto, el agua es una sustancia esencial para la vida, con un papel crucial en los procesos biológicos y ambientales. Su disponibilidad, calidad y gestión sostenible son aspectos fundamentales para el bienestar de los seres vivos y el equilibrio de los ecosistemas.

2.3.2. Antropogénicas

El término "antropogénico" se refiere a todo aquello que es producido o causado por la actividad humana. Se utiliza para describir la afectación de los procesos o fenómenos que son resultado directo o indirecto de la influencia humana en el medio ambiente.

La actividad humana ha sido la principal causa de la existencia de metales en los suelos utilizados para la agricultura. Estos metales poseen alta movilidad y son tóxicos para los seres vivos. Además, las actividades humanas generan sustancias químicas peligrosas, aunque también es importante destacar que existen eventos naturales que pueden dar lugar a la presencia de sustancias químicas peligrosas en el medio ambiente.

2.3.3. Biodiversidad

La biodiversidad es una amplia variedad de formas de vida presentes en el planeta tierra, abarcando desde la diversidad genética dentro de cada especie hasta especies en los diferentes ecosistemas y de los propios ecosistemas. Es la combinación de genes, especies y ecosistemas que interactúan y se relacionan en un equilibrio dinámico.

La biodiversidad desempeña un papel esencial en el funcionamiento saludable de los ecosistemas y es crucial para mantener los servicios que nos brindan, como la producción de alimentos, la modulación del estado climático, la purificación del agua,

la polinización de los vegetales y la prevención del desgaste del suelo, entre otros. Además de su importancia funcional, la biodiversidad también tiene un valor intrínseco como un tesoro natural, cultural y científico, y presenta un potencial significativo para el descubrimiento de nuevas sustancias medicinales, materiales y tecnologías.

La biodiversidad se encuentra amenazada en todo el mundo debido a factores como la desaparición y fragmentación de hábitats, la contaminación, el cambio climático, la superexplotación de recursos naturales, las especies invasoras y las prácticas insostenibles. La pérdida de biodiversidad puede tener consecuencias negativas tanto para los ecosistemas como para el bienestar humano, ya que los seres vivos dependen de la interacción y dependencia mutua entre las diferentes formas de vida.

La conservación y uso sostenible de la biodiversidad son importantes para prevenir la salud y el equilibrio de los ecosistemas, así como el bienestar de las personas en muchos años. Esto implica la implementación de medidas de protección de hábitats, la promoción de prácticas agrícolas y pesqueras sostenibles, la adopción de políticas de gestión ambiental y la promoción de la educación y conciencia ambiental.

2.3.4. Desarrollo sostenible

Este concepto se basa en la idea de satisfacer las necesidades de la actualidad sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Busca alcanzar equilibrio entre el progreso económico, la protección del medio ambiente y el bienestar sociedad. Se reconoce la importancia del crecimiento económico y el desarrollo para mejorar la calidad de vida del ser humano, pero también se consideran los límites y la capacidad de la naturaleza para mantener los recursos naturales y el medio ambiente en buen estado. Se busca promover un desarrollo que sea respetuoso con el medio ambiente, socialmente justo y económicamente viable.

2.3.5. Ganadería

La sostenibilidad de la producción ganadera de bovinos a menudo es objeto de debate debido a los impactos ambientales y sociales que se le atribuyen. Sin embargo,

es importante reconocer que la ganadería bovina desempeña un papel crucial e irremplazable en el desarrollo humano. Existen mitos y realidades asociados a la ganadería bovina que señalan que esta actividad puede contribuir a mitigar algunas anomalías del cambio climático, garantiza la generación de alimentos seguros de un máximo nutricional, y mejora la calidad de vida de las personas que dependen de estos sistemas de producción.

2.3.6. Impacto ambiental

El impacto ambiental se refiere a las consecuencias que las acciones humanas tienen sobre el entorno natural, tanto a nivel local como global. Estas actividades pueden tener efectos perjudiciales o beneficiosos en los ecosistemas, los recursos naturales y la calidad de vida de las personas.

La existencia de los metales pesados puede ocasionar graves problemas ambientales, como el deterioro y eliminación de la vegetación, la contaminación de ríos, la afectación a los ganados e incluso daños significativos en los seres humanos. Los metales tóxicos son capaces de contaminar el suelo y acumularse en el pasto y tejidos orgánicos, siendo especialmente peligrosos debido a su resistencia a la degradación química y biológica. Estos metales no pueden descomponerse y tienden a acumularse en los organismos, lo que resulta en diversos efectos tóxicos.

La gestión del impacto ambiental busca minimizar los efectos negativos de las actividades humanas en el entorno natural y promover prácticas más sostenibles. El objetivo es preservar el medio ambiente para las generaciones presentes y futuras, adoptando medidas que reduzcan la contaminación, conserven los recursos naturales y fomenten la sostenibilidad.

2.3.7. Leche fresca

La “leche fresca” es un término que se refiere a la leche recién obtenida de la vaca u otros animales productores de leche, sin haber sido sometida a procesos u otros tratamientos térmicos o químicos para prolongar su vida útil. Es un alimento natural y nutritivo, ya que conserva su composición original de nutrientes como proteínas,

vitaminas, minerales y grasas. Tiene un sabor y aroma característicos y puede variar ligeramente dependiendo de la alimentación y la salud del animal

Los metales pesados en leche fresca pueden estar presentes en niveles bajos, pero su presencia es preocupante debido a su toxicidad potencial. Estos elementos como el plomo, el cadmio y el mercurio pueden contaminar la leche a través de diversas fuentes, tanto naturales como antropogénicas.

2.3.8. Límites permisibles de metales pesados

Son niveles máximos de concentración de estos elementos que se consideran seguros para la salud humana y el medio ambiente. Estos límites son establecidos por organismos reguladores y autoridades sanitarias a nivel nacional e internacional con el objetivo de proteger a las personas y prevenir la contaminación ambiental.

Los límites permisibles pueden variar según el tipo de metal pesado, la vía de exposición (como la ingesta de alimentos, el agua potable o la inhalación de aire contaminado) y el contexto en el que se aplica (por ejemplo, límites para alimentos, agua potable, suelos contaminados, emisiones industriales, entre otros).

Estos límites son determinados a partir de estudios científicos y evaluaciones de riesgo que consideran los efectos tóxicos de estos elementos minerales en la salud del ser humano y el medio ambiente. Se tienen en cuenta factores como la toxicidad aguda (efectos inmediatos a corto plazo) y la toxicidad crónica (efectos acumulativos a largo plazo), así como la sensibilidad de diferentes grupos de población, como niños, mujeres embarazadas y personas con condiciones de salud preexistentes.

Estos límites sirven como referencia para establecer estándares de calidad y regulaciones en diferentes sectores, como la industria, la agricultura, la alimentación y la gestión de residuos, entre otros. Además, se realizan monitoreos y análisis periódicos para verificar el cumplimiento de estos límites y tomar medidas correctivas en caso de superarlos.

2.3.9. Medio ambiente

El término "medio ambiente" se refiere al entorno en el que los seres vivos, incluyendo los seres humanos, interactúan con el mundo que les rodea. Es un sistema complejo compuesto por elementos naturales, como el aire, el agua, el suelo, la flora y la fauna, así como por aspectos sociales, culturales y económicos que influyen en la calidad de vida de las personas.

El medio ambiente es fundamental para la supervivencia y el bienestar de todas las formas de vida en el globo terrestre. Proporciona recursos necesarios para sustentar la vida, como alimentos, agua limpia y aire puro. Además, ofrece hábitats adecuados para las especies y tiene una participación importante en la regulación de los ciclos naturales, como del agua y del carbono.

Sin embargo, el medio ambiente también se ve afectado por las actividades humanas. La explotación excesiva de los recursos naturales, la contaminación, la deforestación y el cambio climático son algunas de las formas en que nuestras acciones impactan negativamente en el medio ambiente. Estas actividades pueden llevar a la desaparición de biodiversidad, la degradación de ecosistemas y la alteración del equilibrio ambiental.

2.3.10. Suelo

El suelo es la capa superficial de la tierra que provee una base vital para el crecimiento de la vegetación. Es una mezcla de minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos, y desempeña funciones esenciales en los ecosistemas terrestres. La conservación y cómo se maneja el suelo son fundamentales para garantizar su salud y productividad a largo plazo. Los metales pesados en el suelo se refieren a la presencia de elementos metálicos con alta densidad y toxicidad en niveles superiores a los naturales. Algunos ejemplos comunes en el suelo incluyen el plomo, el cadmio y el mercurio. Su existencia puede ser tanto natural como resultado de actividades humanas. Su acumulación en el suelo puede tener efectos negativos para la salud humana, la calidad del agua y la biodiversidad. La gestión adecuada es esencial para minimizar los impactos negativos y garantizar la salud de los ecosistemas y las personas.

2.3.11. Toxicidad por metales pesados

La toxicidad por metales pesados se refiere a los efectos perjudiciales que pueden tener en los organismos vivos, incluyendo a los seres humanos, animales, plantas y microorganismos. Estos metales, como el plomo, el mercurio y el cadmio, son elementos químicos que presentan alta densidad y pueden acumularse en los tejidos biológicos.

Estos metales pesados son considerados tóxicos debido a su capacidad para interferir con las funciones normales del organismo. Pueden tener efectos en sistemas y órganos, como el nervioso, cardiovascular, renal, hepático y el reproductivo. Los efectos tóxicos pueden variar desde leves, como irritación de la piel o trastornos digestivos, hasta graves, como daño cerebral, enfermedades respiratorias, disfunción renal o incluso la muerte.

La exposición a metales pesados puede ocurrir de diversas formas, como la ingestión de alimentos o agua contaminados, la inhalación de partículas o vapores en el aire, el contacto dérmico con productos químicos que contienen metales pesados, o la absorción a través de la piel en entornos ocupacionales.

Es importante destacar que esta toxicidad depende de factores como la dosis, la duración y la frecuencia de exposición, así como la sensibilidad individual. Algunas poblaciones, como los infantes, las embarazadas y los trabajadores expuestos de manera ocupacional, pueden ser más susceptibles a los efectos dañinos de estos metales.

La evaluación y control de la toxicidad por minerales pesados son fundamentales para cuidar la salud de los seres humanos y el medio ambiente. Se llevan a cabo estudios científicos y regulaciones para establecer límites de exposición seguros, desarrollar actividades de prevención y control, y promover prácticas de gestión adecuadas para reducir su liberación en el entorno.

2.4. Bases filosóficas

La filosofía del medio ambiente y el desarrollo sostenible se enfoca en explorar los principios y fundamentos filosóficos que sustentan nuestra comprensión del medio

ambiente, así como en examinar cómo se aplican las teorías y normas ambientales. Esta disciplina busca reflexionar y analizar de manera crítica el tema del medio ambiente desde una perspectiva filosófica.

Además, adentra en cuestiones profundas sobre nuestra relación con la naturaleza, la ética ambiental, la justicia intergeneracional y la responsabilidad hacia las futuras generaciones. Ofrece además un espacio para la reflexión profunda y el análisis crítico, permitiendo así una comprensión más amplia de los problemas ambientales y de las implicaciones éticas, sociales y políticas que estos conllevan. A través de esta disciplina, se busca fomentar un enfoque más consciente y responsable hacia el medio ambiente, con el objetivo de promover la sostenibilidad y el bienestar tanto presente como futuro.

Por lo tanto, la filosofía de la investigación sobre *la concentración de metales pesados en el agua, suelo, pasto y su relación con leche fresca producida en la provincia de Leoncio Prado* se basa en la corriente filosófica del positivismo, que busca medir y observar los hechos o fenómenos en un contexto específico. Además, se ubica dentro del campo de las ciencias naturales fácticas, según la clasificación propuesta por Mario Bunge. En el área de la filosofía del ambiente y el desarrollo sostenible, así como en la investigación relacionada, surgen importantes interrogantes relacionadas con la epistemología (el estudio del conocimiento), la ontología (la naturaleza de la realidad) y la axiología (los valores y principios) en el contexto del medio ambiente y el desarrollo sostenible

2.5. Bases epistemológicas

Las bases epistemológicas del estudio "*Metales pesados en agua, suelo, pasto y su relación con leche fresca producida en la provincia de Leoncio Prado*" se fundamentaron en diferentes áreas del conocimiento, tales como:

Ciencias ambientales: Se basaron en los principios y conceptos relacionados con el medio ambiente, la contaminación del agua, el suelo, el pasto y la leche fresca de vaca.

Química analítica: Se emplearon los principios de la química analítica para determinar y cuantificar la presencia de metales pesados en las diferentes matrices, como el agua, el suelo, el pasto y la leche. Esto incluyó técnicas de muestreo, preparación de muestras y análisis instrumental para obtener resultados precisos y confiables.

Estadística: Se utilizaron métodos estadísticos para examinar los datos, incluyendo el cálculo de promedios, desviaciones estándar y pruebas de significancia. Estas técnicas permitieron evaluar las relaciones entre las concentraciones de metales pesados en las diversas muestras y la leche fresca.

Estas bases epistemológicas se apoyaron en la combinación de conocimientos científicos, metodologías de investigación y herramientas analíticas para obtener conclusiones y recomendaciones fundamentadas en el estudio de los metales pesados y su relación con la leche fresca en la provincia de Leoncio Prado.

2.5.1. Ontología ambiental

El enfoque ontológico de la investigación se centró en identificar y analizar la existencia y las propiedades de los metales pesados encontrados en agua, suelo, pasto y leche fresca de vaca en la provincia de Leoncio Prado. Además, consideró la existencia de estos elementos como entidades químicas presentes en el medio ambiental y su posterior aparición en la leche producida en la región.

En términos generales, la ontología ambiental de esta investigación implicó reconocer y estudiar la realidad ambiental relacionada con los metales pesados y su presencia en los diferentes elementos del entorno estudiado, con el fin de comprender sus efectos y establecer una base sólida para el análisis y la evaluación de la contaminación y los riesgos asociados en la producción de leche en la provincia de Leoncio Prado.

2.5.2. La axiología ambiental

La axiología se refiere al estudio de los valores y principios que guían nuestras acciones y decisiones. En el caso de "Metales pesados en agua, suelo, pasto y su

relación con leche fresca producida en la provincia de Leoncio Prado", la axiología estuvo relacionada con los siguientes aspectos:

Valoración de la salud y el bienestar: La investigación dio a conocer la importancia de saber si existe contaminación ambiental por metales pesados y como afectan estas a un producto alimentario como la leche fresca de vaca.

Sostenibilidad ambiental: La investigación estuvo fundamentada en el valor de preservar y conservar el medio ambiente. Se busca evaluar la presencia de metales pesados en el agua, suelo, pasto y su relación con la leche fresca de vaca, con el fin de identificar posibles fuentes de contaminación y promover prácticas sostenibles en la producción ganadera.

Responsabilidad social: El estudio puede tuvo como base el valor de la responsabilidad social, es decir, el compromiso de proteger el entorno y asegurar la calidad de los productos que se consumen. Se busca generar conocimiento que pueda ser utilizado para implementar medidas de control y mitigación de la contaminación por metales pesados.

Ética de la investigación: La axiología también incluyó la ética de la investigación científica, como el respeto por los derechos de los participantes, la transparencia en los métodos utilizados y la divulgación de resultados de manera objetiva y verificable.

2.6. Bases antropológicas

La base antropológica de "Metales pesados en agua, suelo, pasto y su relación con leche fresca producida en la provincia de Leoncio Prado" se trata de la interacción entre los seres humanos y su entorno natural. Algunos aspectos de la base antropológica pueden incluir:

Impacto humano en el entorno: La investigación pudo explorar el impacto de las actividades antropogénicas, como la agricultura, la crianza de ganado para la producción de leche y la industria, en la calidad del agua, el suelo y la vegetación. Se

buscó comprender cómo las acciones humanas pueden generar la existencia de metales pesados en el entorno natural.

Sostenibilidad y equidad: La base antropológica pudo enfatizar la importancia de abordar los problemas ambientales de manera sostenible y equitativa. Se busca garantizar la conservación de los recursos naturales para las generaciones futuras y promover la equidad en el acceso a un entorno saludable.

CAPITULO III. SISTEMA DE HIPOTESIS

3.1. Formulación de hipótesis

3.1.1. *Hipótesis general*

Ho: No existe una relación significativa entre las concentraciones de metales pesados en agua, suelo y pasto, y la presencia en leche fresca de vaca producida en la provincia de Leoncio Prado.

Ha: Existe una relación significativa entre las concentraciones de metales pesados en agua, suelo y pasto, y la presencia en leche fresca de vaca producida en la provincia de Leoncio Prado.

3.1.2. *Hipótesis específicas*

Ho1: No existe presencia significativa de metales pesados (plomo, cadmio y mercurio) en suelo entre 10 y 20 cm de profundidad.

Ha1: Existe presencia significativa de metales pesados (plomo, cadmio y mercurio) en suelo entre 10 y 20 cm de profundidad.

Ho2: No existe presencia de plomo en el agua, suelo, pasto que se relacione con leche fresca de vaca de las ganaderías en la provincia de Leoncio Prado.

Ha2: Existe presencia de plomo en el agua, suelo, pasto que se relaciona con leche fresca de vaca de las ganaderías en la provincia de Leoncio Prado.

Ho3: No existe presencia de cadmio en el agua, suelo, pasto que se relacione con leche fresca de vaca de las ganaderías en la provincia de Leoncio Prado.

Ha3: Existe presencia de cadmio en el agua, suelo, pasto que se relaciona con leche fresca de vaca de las ganaderías en la provincia de Leoncio Prado.

Ho4: No existe presencia de mercurio en el agua, suelo, pasto que se relacione con leche fresca de vaca de las ganaderías en la provincia de Leoncio Prado.

Ha4: Existe presencia de mercurio en el agua, suelo, pasto que se relacione con leche fresca de vaca de las ganaderías en la provincia de Leoncio Prado.

3.2. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Técnica
Concentración de metales pesados en leche	La concentración de metales pesados en el agua, suelo, pasto y leche se refiere a la cantidad o proporción de metales pesados presentes en cada uno de estos elementos o componentes ambientales. Los metales pesados son elementos químicos con alta densidad y toxicidad, como el plomo, el cadmio, el mercurio, entre otros. La medición de su concentración se realiza a través de técnicas analíticas, como espectrofotometría, que permiten determinar la	Concentración (mg/L) de metales pesados (Pb, Cd y Hg) en leche fresca de vaca producida en la provincia de Leoncio Prado	Técnica de espectrofotometría por Digestión ácida//Determinación de elementos por espectrofotómetro de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICPOES). (UNE-EN ISO 17294-1:2007, UNE-EN ISO 17294-2:2005 y UNE-EN ISO 11885:2010)
Concentración de metales pesados en el agua, suelo y pasto		Concentración (mg/L) de plomo en agua, suelo y pasto de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado	
		Concentración (mg/L) de cadmio en agua, suelo y pasto de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado	
		Concentración (mg/L) de mercurio en agua, suelo y pasto de las	

	cantidad de metales presentes en una muestra. (Lerma, 2006 citado por Monteza 2018)	ganaderías de la provincia de Leoncio Prado	
--	---	---	--

3.3. Definición operacional de variables

Metales pesados en agua, suelo, pasto y leche fresca

La concentración de metales pesados en el agua, suelo, pasto y leche se refiere a la cantidad o proporción presentes en cada uno de estos elementos o componentes ambientales. Estos son elementos químicos con alta densidad y toxicidad, como el plomo, el cadmio, el mercurio, entre otros. La medición de su concentración se realiza a través de técnicas analíticas, como espectrofotometría o cromatografía, que permiten determinar las cantidades presentes en una muestra (Lerma, 2006 citado por Monteza 2018).

CAPITULO IV. MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ámbito

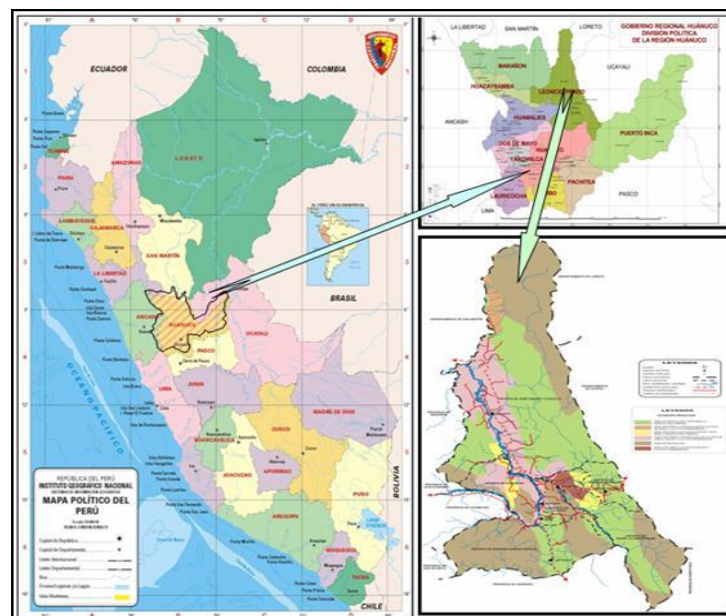
4.1.1. Espacial

4.1.1.1 Política. La provincia de Leoncio Prado forma parte del departamento de Huánuco en el país de Perú. Está situada en la región central del país y limita al norte con el departamento de San Martín, al este con el departamento de Ucayali, al sur con las provincias de Puerto Inca, Pachitea y Huánuco, y al oeste con las provincias de Marañón, Huacaybamba, Huamalíes y Dos de Mayo. Esta provincia se encuentra ubicada entre la cordillera oriental y abarca tanto zonas de selva alta como de selva baja, como se aprecia en el mapa de la figura 01.

4.1.1.2 Geográfica. Leoncio Prado como provincia se encuentra a una altitud de 660 metros sobre el nivel del mar y está ubicada en el kilómetro 528 de la Carretera Central Lima - Huánuco. Sus coordenadas geográficas son 09°18'00" de latitud sur y 76°9'11"00" de longitud oeste.

Figura 1

Ubicación geográfica de la provincia de Leoncio Prado (Campero, 2008).



4.1.2. Social

El ámbito social abarcó los centros de producción de leche de vaca en la Provincia de Leoncio Prado. En consecuencia, los resultados, conclusiones y recomendaciones tendrán un impacto positivo en la industria ganadera de la zona, mediante la implementación de estrategias, programas y metodologías específicas para mejorar la alimentación del ganado lechero, preservar el medio ambiente y fomentar la conciencia ecológica como base para futuras investigaciones ambientales.

4.1.3. Tiempo

Se trató de una investigación de actualidad porque, generó conocimiento de la existencia de **metales pesados** en agua, suelo, pasto y su relación con leche fresca de vaca producida en la provincia de Leoncio Prado y crear conciencia ecológica en el manejo ganadero.

4.1.4. Conceptual

Se utilizaron los enfoques conceptuales proporcionados por especialistas en la investigación de metales pesados en agua, suelo y pasto, y su posible relación con la leche fresca de vaca en la provincia de Leoncio Prado. También se tuvo en cuenta la formación académica en medio ambiente y desarrollo sostenible para respaldar el análisis y la interpretación de los datos recopilados.

4.2. Tipo y nivel de investigación

4.2.1. Tipo de investigación

Aplicada, ya que se utilizaron los conocimientos de las ciencias químicas para analizar y cuantificar metales pesados en agua, suelo, pasto y su relación con leche fresca de vaca producida en la provincia de Leoncio Prado. Con este tipo de investigación se buscó generar conocimientos de realidades utilizando pruebas científicas que posteriormente servirán para ser aplicados directamente a los problemas de la sociedad o sector productivo (Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. 2018).

4.2.2. Nivel de investigación

Explicativo, ya que se realizó una cuantificación de metales pesados como plomo, cadmio y mercurio en agua, suelo, pasto, y se estableció su relación con los presentes en leche fresca de vaca producida en la provincia de Leoncio Prado. Este enfoque se sustenta en la definición de Sánchez (1998), quien indica que este tipo de investigación se centra en explicar un fenómeno o una situación mediante el estudio detallado de las características y circunstancias temporales y espaciales específicas.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Descripción de la población

Las muestras de agua, suelo, pasto y leche utilizadas en la investigación fueron obtenidas de las ganaderías ubicadas en diversos distritos de la provincia de Leoncio Prado, perteneciente a la región de Huánuco. Estos distritos incluyen Pucayacu, Mariano Damaso Beraun, Hermilio Valdizán, Luyando, José Crespo y Castillo (1), Castillo Grande (2), Rupa Rupa (1), Santo Domingo de Anda (2), Pueblo Nuevo (1) y Daniel Alomias Robles (1). (Ver tabla 2, ver figura 2 y anexo 2 y 4).

Tabla 2*Descripción de la población*

Distrito	Ganadería	Número de ganados	Producción de leche (l/día)	Extensión de terreno (ha)
José Crespo y Castillo	Módulo de Aucayacu- FZ- UNAS	7	50	8
Castillo Grande	Manuel Diaz	14	70	8
	Carlos M.	15	80	8
Rupa Rupa	Granja zootécnica-FZ- UNAS	25	100	12
Santo Domingo de Anda	Ludgardo Monjaraz	10	30	5
	José Monjaraz	20	100	30
Pueblo Nuevo	Centro de investigación Tulumayo- UNAS	20	100	60
Daniel Alomias Robles	Naranjillo Enrique C.	10	80	10

Fuente: Elaboración propia

Figura 2

Población de estudio (mapa de la provincia de Leoncio Prado con sus distritos) ubicada en la región Huánuco - Perú.



Fuente. Colaboradores de Wikipedia, "Provincia de Leoncio Prado," en *Wikipedia: La enciclopedia libre*, https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Leoncio_Prado. Visitado el 28 de junio de 2020.

4.3.2. Muestra y método de muestreo

Muestras

Leche

La muestra fue de 500 mL de leche recolectada de cada ganadería de los 7 distritos de la Provincia de Leoncio Prado. Cada tanque por muestrear fue agitado con una barra de metal (regla) para homogenizar la muestra. Se envasaron en recipientes para ser rotulados y luego ser trasladados al laboratorio general de la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA (Monteza, 2018). (Ver tabla 3 y anexo 3).

Tabla 3.

Proporción de muestra de leche en las ganaderías de Leoncio Prado

Distrito	Ganadería	Producción de leche (L/día)	Muestra de leche (ml)	Proporción
José Crespo y Catillo	Módulo de Aucayacu- FZ-UNAS	50	500	1/100
Castillo Grande	Moisés Diaz Carlos Manrique	70 80	500 500	1/140 1/160
Rupa Rupa	Granja Zootécnica-FZ-UNAS	100	500	1/200
Santo Domingo de Anda	Ludgardo Monjaraz José Monjaraz	30 100	500 500	1/60 1/200
Pueblo Nuevo Daniel Alomias Robles	Centro de investigación Tulumayo-UNAS Naranjillo	100 80	500 500	1/200 1/160

Fuente: Elaboración propia

Agua

Se recolectaron las muestras directamente de las matrices subterráneas usadas para el consumo del ganado lechero. Los recipientes utilizados para la recolección fueron de plástico polipropileno, previamente enjuagados con una pequeña cantidad de muestra. Se tomaron 500 mL de muestra, asignando un código al recipiente, y posteriormente se trasladaron al laboratorio CENTRAL de la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA (Ninaquispe Vásquez, E., & Vásquez Chacón, 2021) (Ver anexo 3).

Suelo

Se tomaron muestras de suelo agrícola en áreas donde se encuentran los ganados, específicamente en la capa superficial del suelo (0 a 20 cm). La elección de esta profundidad se basó en la distribución homogénea de los metales en los suelos cultivados, influenciada por factores como la aplicación de abonos, fertilizantes y el contenido de materia orgánica del suelo. Para obtener cada muestra compuesta, se recolectaron 10 submuestras en cada sitio, las cuales fueron mezcladas y codificadas según su profundidad. Luego, se realizó el cuarteo de la muestra compuesta hasta obtener un kilogramo de suelo por ganadería (Mendoza, 2017 y MINAN, 2014).

Las muestras fueron colocadas en bolsas de plástico y posteriormente trasladadas al laboratorio para su análisis. Allí, se procedió a secar en una bandeja de papel, manteniéndolas a una temperatura de 70 °C durante un período de 3 días, hasta que alcanzaron un peso constante. Luego, fueron trituradas y tamizadas para obtener una partícula de menor a 2 mm. (Castro, 2017) (Ver anexo 3).

Pasto

Se recolectaron alrededor de 300 g de pasto en cada sitio, utilizando el mismo lugar donde se recolectó muestras de suelo. Estas muestras de pasto se colocaron en bolsas de plástico y se transportaron al laboratorio. Allí, se lavaron con agua desionizada para eliminar cualquier residuo de suelo y se pesaron en su totalidad.

Luego, se secaron, se molieron, se tamizaron y se almacenaron para su posterior análisis (Castro, 2017) (Ver anexo 3).

Método de muestreo

El método de muestreo utilizado fue probabilístico, específicamente la técnica de selección aleatoria simple. Esta técnica implicó un enfoque objetivo y aleatorio para la selección del muestreo de agua, suelo, pasto y leche fresca de vaca. Cada unidad dentro de la población de estudio tuvo una probabilidad conocida y no nula de ser seleccionada para formar parte de la muestra. Es decir, todas las zonas productoras de leche en los distintos distritos de la provincia de Leoncio Prado tuvieron la misma probabilidad de ser seleccionadas y formar parte del estudio.

Esto con la finalidad de generalizar los resultados y obtener una muestra que refleje de manera más precisa las características de la población objetivo reduciendo el sesgo de subjetividad en la selección. Además, permite realizar inferencias estadísticas sobre la población en general a partir de los datos recopilados (Aveiga, E. D. L. M., Antepara, E. J. H., Méndez, M. R. C., Wagnio, M. F. R., & Montejo, Y. M. T. 2022).

4.3.3. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión

Se incluyeron todas las ganaderías ubicadas en la provincia de Leoncio Prado, todas las razas de ganado vacuno y los pastos existentes en el lugar.

Criterios de exclusión

Las ganaderías de dueños que no accedieron a colaborar con la toma de muestras, así mismo, muestras que en el proceso de transporte y análisis no se encuentren con los parámetros establecidos.

4.4. Diseño de investigación

No experimental transversal por cuanto se hará un corte en el tiempo para la toma de las muestras y con enfoque cuantitativo y se evaluará cantidad de plomo, cadmio y mercurio en agua, suelo, pasto y su relación con la leche fresca de vaca producida en la provincia de Leoncio Prado 2022 (Sánchez, 1998).

El diseño utilizado para el trabajo de investigación fue:

	O_i	X	O_f	
G1	-	-	-	O1
G2	-	-	-	O2
G3	-	-	-	O3
G4	-	-	-	O4

Dónde: G₁=unidad de análisis (muestras)

O_f=Concentración metales pesados

O_i= observación inicial (no aplica)

X= intervención (no aplica)

4.4.1. Para la recolección de muestras

La estrategia fue ubicar las ganaderías con la ayuda de un mapa o croquis de la Provincia de Leoncio Prado y considerarlo para la recolección de las muestras.

Se recolectaron muestras en recipientes inocuos oportunamente rotulados (código y lugar). Se tomaron nota de algunos datos como ubicación de la ganadería, extensión de terreno, clase de fertilización, litros de leche que produce la ganadería por día, sistema de producción, raza de animal, número y edad de las vacas y demás observaciones. Luego fueron llevadas al laboratorio general de la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA de la ciudad de Tingo María (Pacco, 2018) (Ver anexo 3 y 4).

4.4.2. Para el análisis de laboratorio

El análisis de metales pesados (plomo, cadmio y mercurio) se realizó por aplicación de la técnica espectrofotométrica por Digestión ácida//Determinación de elementos por espectrofotómetro de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP - OES). (UNE-EN ISO 17294-1:2007, UNE-EN ISO 17294-2:2005 y UNE-EN ISO 11885:2010 mencionado por Seijo, 2016).

4.5. Técnicas e instrumentos

4.5.1. Técnicas

1) Técnicas bibliográficas

- a) Fichaje
- b) Análisis de contenidos.

2) Técnicas de campo

La observación.

4.5.2. Instrumentos

a) Instrumentos bibliográficos:

Fichas de localización

Se indican el autor, año, título, subtítulo si lo hubiera, edición, lugar de ejecución, editorial y paginación.

Fichas de contenido o de investigación

Resúmenes textuales o de transcripción, comentario y de paráfrasis.

b) Instrumentos de campo

Guías de laboratorio y libretas de campo.

c). Instrumentos estadísticos

SSPS versión 24 (Di Rienzo, Casanoves, Balzarini, Gonzalez, Tablada, Robledo, 2018).

4.5.2.1 Validación de los instrumentos para la recolección de datos: En esta tesis no se contempla la validación de los instrumentos para la recolección de datos.

4.5.2.2 Confiabilidad de los instrumentos para la recolección de datos: En esta tesis no se contempla la confiabilidad de los instrumentos para la recolección de datos.

4.6. Técnica para el procesamiento y análisis de datos

Se realizó estadística descriptiva como media y DE (Desviación Estándar). Para conocer la diferencia de las concentraciones de los metales pesados en los diferentes tipos de muestra, se realizó la prueba de ANOVA (Análisis de Varianza) de una vía, con prueba de comparación de promedio de Bonferroni. Así mismo, se empleó T-Student de muestras independientes, para conocer la diferencia de concentraciones de los metales pesados según la profundidad del suelo, con un nivel de confianza del 95%.

4.7. Aspectos éticos

Fue **autónoma** porque se tramitó los permisos correspondientes a la toma de muestra de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado, **benevolente** porque no causaron daño al medio ambiente y **justo** por que todas las muestras tuvieron la oportunidad de ser analizadas.

CAPÍTULO V. RESULTADOS

5.1. Análisis descriptivo Tabla 4

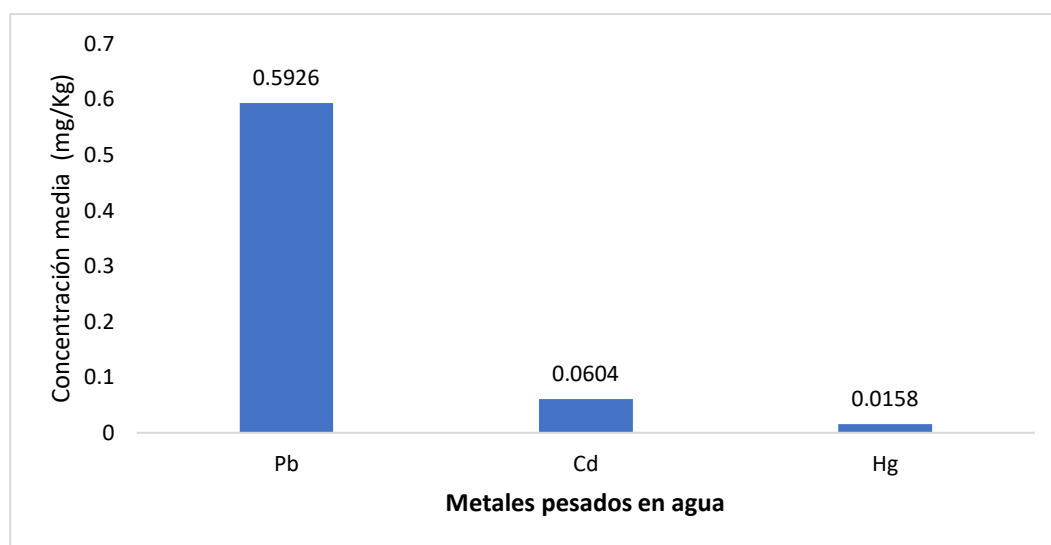
Concentración de metales pesados en agua de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado

Metales pesados	N	Media (mg/Kg)	Desviación estándar (DE)
Plomo (Pb)	8	0,5926	0,4159
Cadmio (Cd)	8	0,0604	0,0573
Mercurio (Hg)	8	0,0158	0,0185

N = Numero de muestras

Figura 3.

Concentración de metales pesados en agua de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado



Interpretación: En tabla 04 y figura 03, se muestra la concentración de Pb, Cd y Hg. Se halló una concentración de plomo de $0,5926 \pm 0,4159$ mg/Kg, cadmio de $0,0604 \pm 0,0573$ mg/Kg y mercurio de $0,0158 \pm 0,0185$ mg/Kg.

Tabla 5

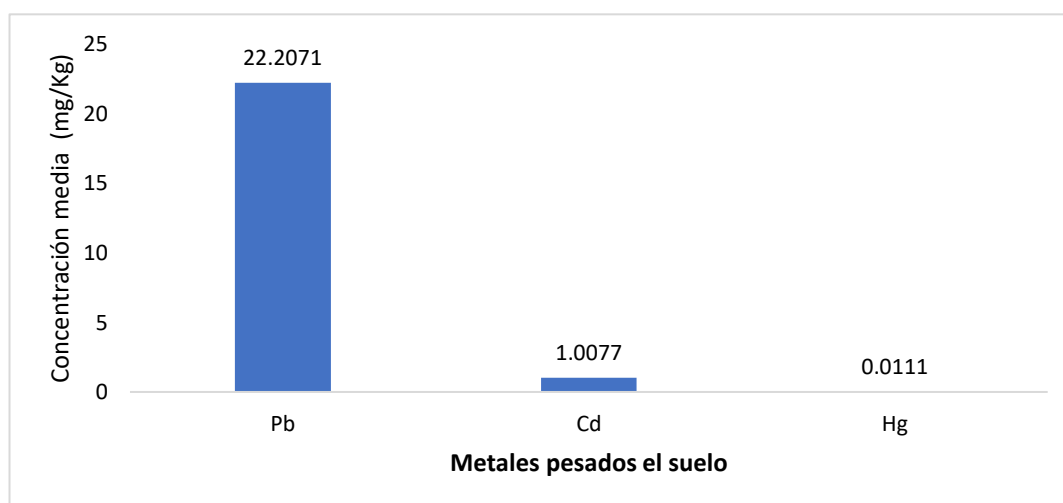
Concentración de metales pesados en suelo de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado

Metales pesados	N	Media (mg/Kg)	Desviación estándar (DE)
Plomo (Pb)	16	22,2071	5,7983
Cadmio (Cd)	16	1,0077	1,1182
Mercurio (Hg)	16	0,0111	0,0168

N = Numero de muestras

Figura 4

Concentración de metales pesados en suelo de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado



Interpretación: En la tabla 05 y figura 04, se muestra la cantidad de Pb, Cd y Hg. Se halló una gran concentración de plomo con 22.2071 ± 5.7983 mg/Kg, en segundo

lugar, cadmio con 1.0077 ± 1.1182 mg/Kg y por último mercurio con 0.0111 ± 0.0168 mg/Kg.

Tabla 6

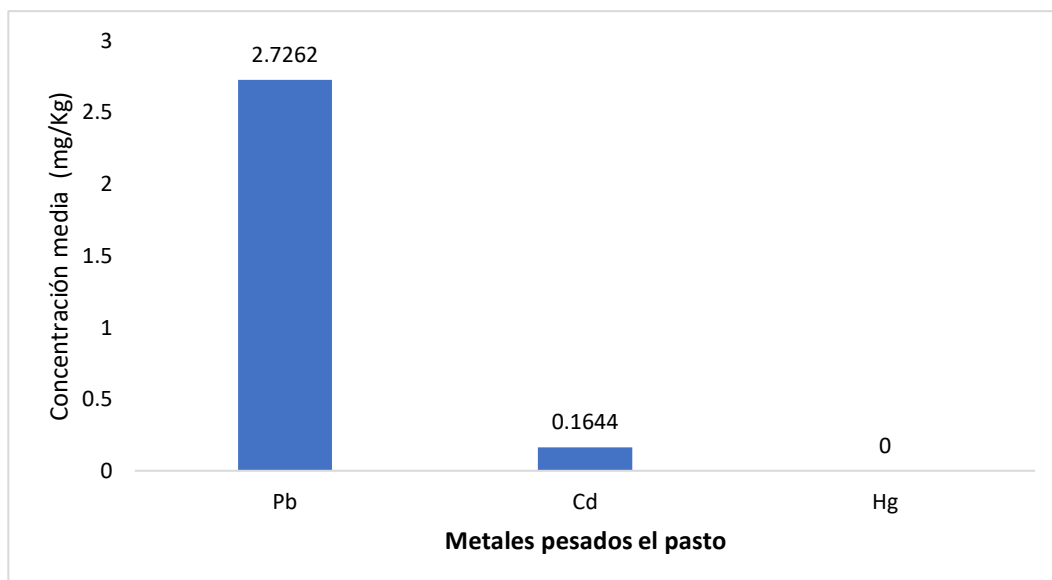
Concentración de metales pesados en pasto de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado

Metales pesados	N	Media (mg/Kg)	Desviación estándar (DE)
Plomo (Pb)	8	2,7262	1,1938
Cadmio (Cd)	8	0,1644	0,0441
Mercurio (Hg)	8	0,0000	0,0000

N= Número de muestra

Figura 5

Concentración de metales pesados en pasto de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado



Interpretación: En tabla 06 y figura 05, se muestra la concentración de Pb, Cd y Hg en pasto. Se halló una concentración de plomo 2.7262 ± 1.1938 mg/Kg, de cadmio 0.1644 ± 0.0041 mg/Kg y ninguna de mercurio.

Tabla 7

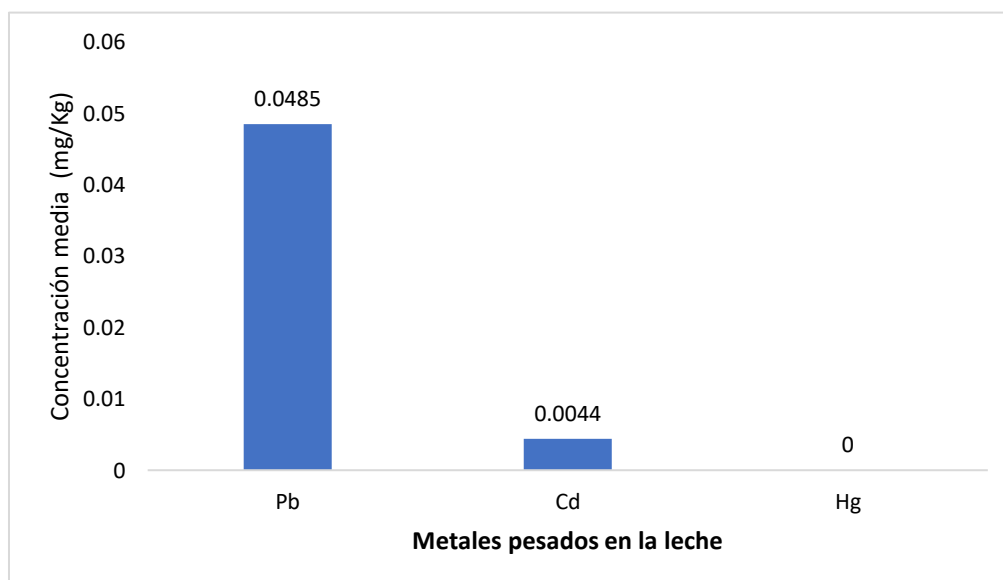
Concentración de metales pesados en leche fresca de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado

Metales pesados	N	Media (mg/Kg)	Desviación estándar (DE)
Plomo (Pb)	8	0,0485	0,0288
Cadmio (Cd)	8	0,0044	0,0041
Mercurio (Hg)	8	0,0000	0,0000

N = Numero de muestras

Figura 6

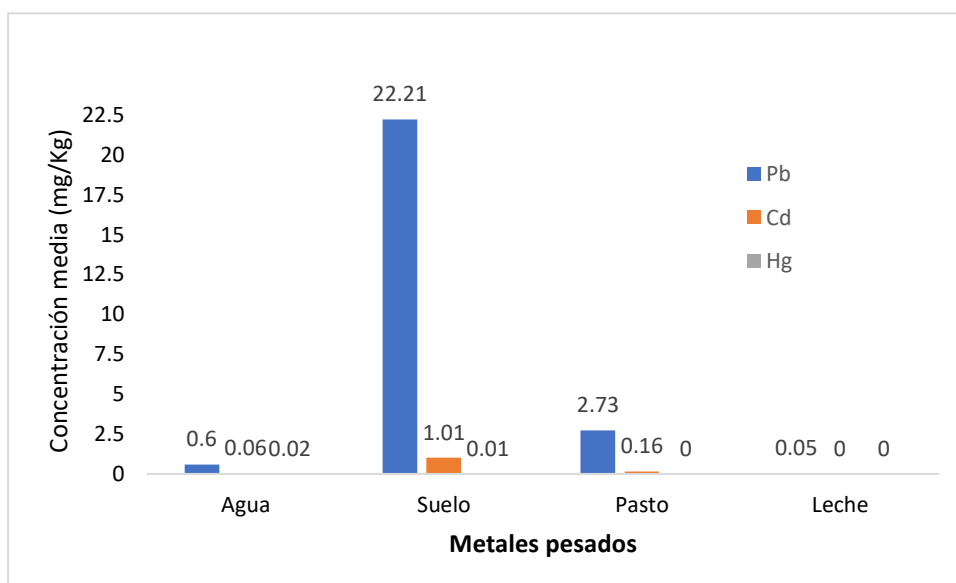
Concentración de metales pesados en la leche fresca de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado



Interpretación: La tabla 07 y la figura 06 presentan cantidades de plomo, cadmio y mercurio encontrados en leche fresca de vaca. Se observó una concentración de 0.0485 ± 0.0288 mg de plomo por kilogramo, 0.0044 ± 0.0041 mg de cadmio por kilogramo y ninguna presencia de mercurio.

Figura 7

Concentración de metales pesados en agua, suelo, pasto y leche fresca de vaca, de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado



Interpretación: La figura 07 muestra las concentraciones de metales pesados en agua, suelo y pasto de las áreas ganaderas de la provincia de Leoncio Prado. Se observa que no se detectó mercurio en el pasto y leche. Sin embargo, en el agua y la leche, las cantidades de plomo y cadmio superaron los límites establecidos.

5.2. Análisis inferencial y/o contrastación de hipótesis

Tabla 8

Concentración de metales pesados a diferentes profundidades de suelo en las ganaderías de provincia de Leoncio Prado

Metales pesados	Profundidad	Media (mg/Kg)	Desviación estándar	p valor
Pb	10cm	23,2398	5,7986	0,495
	20cm	21,1744	5,9986	
Cd	10cm	1,3943	1,3709	0,175
	20cm	0,6211	0,6771	
Hg	10cm	0,0141	0,0217	0,494
	20cm	0,0081	0,0107	

*Estadística inferencias T-Student muestras independientes. Anexo 06. N = número de muestras

Interpretación: En la tabla 08 se muestra la concentración de Pb, Cd y Hg en el suelo de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado 2022, a 10 y 20cm de profundidad. La concentración de Pb fue de: $23,2398 \pm 5,7986$ mg/Kg a 10cm y de $21,1744 \pm 5,9986$ mg/Kg a 20cm, con P valor mayor a 0,05 sin diferencia estadística significativa ($p=0.495$) con respecto a las profundidades.

Los resultados de cadmio $1,3943 \pm 1,3709$ mg/Kg a 10 cm y $0,6211 \pm 0,6771$ a 20 cm, con P valor mayor a 0,05 sin diferencia estadística significativa ($p=0.175$) con respecto a las profundidades.

En el caso del mercurio sucedió lo mismo, se encontraron concentraciones de $0,0141 \pm 0,0217$ mg/Kg a 10 cm y $0,0081 \pm 0,0107$ a 20 cm, con P valor mayor a 0,05 sin diferencia estadística significativa ($p=0.494$) con respecto a las profundidades.

Tabla 9

Concentración de plomo (Pb) en agua, suelo, pasto y leche fresca de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado

Muestra	N	Media (mg/Kg)	Desviación estándar	p valor
Leche	8	0,0485 ^a	0,0288	0,001
Agua	8	0,5926 ^a	0,4159	
Suelo	16	22,2071 ^b	5,7983	
Pasto	8	2,7261 ^a	1,1938	

*Estadística inferencial ANOVA prueba de diferenciación Bonferroni. Letras iguales no existe diferencia significativa. Anexo 07.

Interpretación: En la tabla 09 se presentan las concentraciones de plomo (Pb) en la leche fresca de vaca, agua, suelo y pasto de las ganaderías de Leoncio Prado en el 2022. Se encontró que la cantidad en el suelo (22.2071 ± 5.7983 mg/kg) difiere significativamente ($p=0.001$) de la concentración de plomo en el pasto (2.7261 ± 1.1938 mg/kg), el agua (0.5926 ± 0.4159 mg/kg) y la leche (0.0485 ± 0.0288 mg/kg). Además, se observó una relación directa entre las concentraciones de plomo en el agua, el pasto y la leche, ya que fueron estadísticamente iguales.

Esto implica que las cantidades de plomo en el agua y el pasto son similares a la de la leche. Esto sugiere que este metal pesado presente en el agua y el pasto fue ingerido por las vacas y posteriormente excretado a través de sus glándulas mamarias en la leche. Por lo tanto, se confirma la hipótesis alternativa de que existe presencia de plomo en el agua, el suelo y el pasto, y que esta presencia se relaciona con el plomo existente en la leche fresca de vaca de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.

Tabla 10

Concentración de cadmio (Cd) en agua, suelo, pasto y leche fresca de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado

Muestra	N	Media (mg/Kg)	Desviación estándar	p valor
Leche	8	0,0044 ^a	0,0041	0,004
Agua	8	0,0604 ^a	0,0573	
Suelo	16	1,0077 ^b	1,1182	
Pasto	8	0,1644 ^a	0,0441	

*Estadística inferencial ANOVA prueba de diferenciación Bonferroni. Letras iguales no existe diferencia significativa. Anexo 07. N = número de muestra.

Interpretación: En la tabla 10 se presentan las cantidades de cadmio (Cd) en leche fresca de vaca, agua, suelo y pasto de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado en el año 2022. Se encontró que la cantidad de cadmio en suelo fue de 1.0077 ± 1.1182 mg/kg, seguido por el pasto con 0.1644 ± 0.0441 mg/kg, el agua con 0.0604 ± 0.0573 mg/kg y la leche con 0.0044 ± 0.0041 mg/kg. Estas tres últimas concentraciones (agua, pasto y leche) son estadísticamente similares.

Por lo tanto, se confirma la hipótesis alternativa de que existe presencia de cadmio en el agua, el suelo y el pasto, y que esta presencia se relaciona con el existente en la leche fresca de vaca de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.

Tabla 11

Concentración de mercurio (Hg) en agua, suelo, pasto y leche fresca de ganaderías de la provincia de Leoncio Prado

Muestra	N	Media (mg/Kg)	Desviación estándar	p valor
Leche	8	0,0000 ^a	0,0000	0,043
Agua	8	0,0158 ^b	0,0185	
Suelo	16	0,0111 ^b	0,0168	
Pasto	8	0,0000 ^a	0,0000	

*Estadística inferencial ANOVA prueba de diferenciación Bonferroni. Letras iguales no existe diferencia significativa. Anexo 07.

Interpretación: En la tabla 11 se presentan las cantidades de mercurio (Hg) en leche fresca de vaca, agua, suelo y pasto de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado en el año 2022. Se encontró que en el suelo la concentración de mercurio fue de 0.0111 ± 0.0168 mg/kg, mientras que en el agua fue de 0.0158 ± 0.0185 mg/kg. Estos valores son estadísticamente similares, lo que indica que no hay una diferencia significativa entre el mercurio contenido en el suelo y en el agua.

No se encontró mercurio en el pasto ni en la leche fresca del ganado vacuno. Por lo tanto, se confirma la hipótesis nula de que no existe presencia de mercurio en el agua, el suelo y el pasto que se relacione con el mercurio presente en leche fresca de bovino de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.

5.3 Discusión de resultados

5.3.1 Concentración de metales pesados a diferentes profundidades del suelo de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado

La concentración de plomo a 10 cm fue de: $23,2398 \pm 5,7986$ mg/Kg y de $21,1744 \pm 5,9986$ mg/Kg a 20cm, de Cd fue de $1,3943 \pm 1,3709$ mg/Kg a 10 cm y de $0.6211 \pm 0,6771$ a 20 cm y de Hg 0.0141 ± 0.0217 a 10 cm y de 0.0081 ± 0.0107 a 20 cm sin diferencia significativa para todos los metales.

Después de ser depositados en el suelo, estos suelen quedarse en la capa superficial. Este proceso es más notable en aquellos con una cantidad de material orgánico por encima del 5% y un pH más alto que 5. Estos metales pesados no tienden a filtrarse sencillamente hacia capas más profundas del suelo ni hacia el agua subterránea, a menos que el entorno sea muy ácido. En suelos húmedos, la concentración de estos elementos químicos en el agua subterránea es baja, ya que estos metales tienen la capacidad de generar precipitaciones con diferentes aniones, como los hidróxidos, carbonatos, sulfatos y fosfatos (Franco 2014).

Al respecto Miras (2009), añade que efectivamente el pH es importante en el desplazamiento de estos minerales pesados. En suelos ácidos, estos son mucho más solubles y, por lo tanto, pueden moverse más fácilmente hacia capas más profundas. Por otro lado, en suelos alcalinos, los metales pesados tienden a formar compuestos insolubles y tienen una menor movilidad. Además, menciona que el material orgánico en el suelo puede influir en el transporte de los metales pesados y puede formar complejos, lo que puede disminuir su disponibilidad y movilidad. Sin embargo, en suelos con una alta carga de metales pesados o en presencia de ciertos iones, la sustancia orgánica puede competir con estos elementos por los sitios de adsorción y favorecer su liberación y movimiento hacia capas más profundas.

Por lo tanto, en un muestreo ambiental se pueden encontrar metales pesados en dos zonas importantes del suelo: la capa superficial, a una profundidad de 0 cm y 15 cm, donde se reflejan los contaminantes transportados por el aire o recientemente depositados y que no acostumbran a moverse verticalmente más allá de la superficie; y

la capa subsuperficial. Sin embargo, a partir de los 20 cm de profundidad o más, es posible encontrar contaminantes que han sido depositados por derrames de líquidos o entierros, especialmente cuando son solubles y tienen la capacidad de migrar a través del suelo (Sepúlveda, 2005).

5.3.2 Concentración de plomo agua, suelo, pasto y su relación con plomo de la leche fresca de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado

Agua

Según ECA (Estándares de Calidad Ambiental) del agua Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (Ministerio de Ambiente), el valor máximo de plomo para aguas superficiales es 0.05mg/kg y el contenido en el agua de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado fue de 0.5926 mg/kg \pm 0.4159, superior a los indicado por las normas para el agua en el Perú (Espinoza, 2019).

Las actividades humanas, especialmente las industriales, son las principales causantes de la polución del agua por metales pesados a través de las descargas de aguas residuales. El uso constante de estos metales en la industria contribuye al aumento de su concentración en el agua, lo cual representa un riesgo tanto para la humanidad como para otros seres vivos expuestos a ellos. Es preocupante notar que los niveles permitidos de plomo en el agua para consumo humano son muy bajos en Europa en comparación con Perú, estableciéndose en 0.005 mg/L según la legislación española RD 140/23 y la NTC 183. Mientras tanto, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos establece un valor máximo de 0.015 mg/L (EPA, 2017).

De acuerdo con la investigación de Carrillo (2013) citado por López (2021), la calidad del agua consumida por el ganado bovino y, por ende, la calidad de la leche producida por estos animales puede verse afectada por el uso de fertilizantes químicos y plaguicidas en la actividad agrícola que contienen plomo. Estos productos químicos agrícolas se consideran como los principales contaminantes que pueden tener un impacto en la calidad de los recursos hídricos utilizados por el ganado bovino, lo cual se refleja en la composición y características de la leche producida.

La existencia de plomo en el ambiente es la principal fuente de contaminación, y su consumo a través de tuberías de plomo es una causa adicional de exposición. Incluso en cantidades mínimas, no se recomienda utilizar agua que contenga plomo. Los síntomas asociados a la intoxicación por plomo incluyen desnutrición, falta de apetito, debilidad ósea, fatiga y problemas digestivos. Los animales pueden experimentar dolor dental y malestar intestinal (ATSDR, 2007).

Según la FAO, la concentración máxima permitida de plomo en el agua destinada para que el ganado beba es de 0.1 mg/L. Sin embargo, en la provincia se ha encontrado niveles superiores a este límite en el agua que es consumida por el ganado. A medida que aumentan los niveles de plomo en el agua, existe una mayor peligrosidad de intoxicación por plomo del ganado, lo que puede afectar la composición de la leche producida por estos animales (Anastasio, A; et, al, 2006 mencionado por Rodríguez, 2016)

El agua, como parte del medio ambiente, es susceptible de sufrir impactos significativos debido a la descarga de sustancias químicas y materia orgánica provenientes de asentamientos humanos cercanos. Estos vertimientos no están controlados ni tratados por las autoridades responsables, lo que resulta en una contaminación directa del sistema hídrico (Suarez, 2013). Debido a la falta de técnicas y estrategias de medición adecuadas, resulta complicado determinar con precisión la extensión de la contaminación y sus efectos. Además, la falta de programas establecidos para la conservación y uso responsable del agua ha contribuido a altos niveles de contaminación por plomo en la provincia de Leoncio Prado.

Un aspecto importante, es la contaminación de plomo por volatilización se refiere a la liberación de partículas de plomo al ambiente en forma de gases o vapores. Este tipo de contaminación puede ocurrir en diversas situaciones, como la quema de combustibles fósiles que contienen plomo, la fundición de metales, la industria química, entre otros procesos industriales, sobre todo, es importante destacar que el plomo volatilizado también puede ser transportado por el viento a distancias mayores, especialmente si las emisiones ocurren a gran altura o en áreas abiertas sin obstáculos.

En estos casos, las partículas de plomo pueden dispersarse y ser transportadas a través de corrientes de aire a distancias más significativas (Valles, 2018).

Suelo

De acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del suelo establecidos en el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM, el valor máximo permitido para suelos agrícolas destinados a cultivos, forrajes, pastos cultivados y la ganadería es de 70 mg/kg. En el caso específico de la provincia de Leoncio Prado, se encontró una concentración de $22,2071 \pm 5,7983$ mg/kg, la cual se encuentra considerablemente por debajo del límite establecido. La contaminación del suelo puede ser atribuida principalmente al uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos y pesticidas, los cuales pueden alterar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Pozo, 2021 y Plaza, 2020).

La movilidad de los metales pesados, como el plomo, desempeña un papel fundamental en la contaminación del suelo. Cuando estos metales se encuentran en forma soluble, pueden desplazarse a través del perfil del suelo, lo que puede afectar su disponibilidad y su capacidad de causar contaminación a largo plazo. La movilidad está influenciada por las características físicas del suelo, así como por su pH. Específicamente, se ha observado una mayor absorción de plomo en suelos con pH ácido (García, Moreno, Hernández y Polo, 2002 citado por Pozo 2021 y Huaranga 2022 y Ramírez 2019).

En el botadero de Carhuashirca, ubicado en Huaraz, Perú, se ha detectado una concentración de plomo en el suelo que excede los estándares de calidad ambiental establecidos para suelos destinados a uso agrícola. En todas las ubicaciones muestreadas y durante las dos estaciones del año, se encontró una alta concentración de este metal (922,64 - 584,53 mg/kg), lo cual representa un riesgo para cualquier actividad realizada en las áreas cercanas al sitio de estudio, donde se llevan a cabo actividades agrícolas y ganaderas. Es importante destacar que también se observó la presencia de niños en la zona durante el estudio. Esta elevada concentración de plomo se atribuye a fuentes naturales a través de la deposición atmosférica (Rosario, 2020).

Las concentraciones de plomo varían notablemente, como es caso de las investigaciones de suelos cubanos que indican, que los rangos de cantidades de plomo están entre 5,0 a 113,6 mg/kg reportado por Rodríguez (2016), de 0,15 a 135 mg/kg reportado por Kabata (2010) y 7.3 a 17 mg/kg reportado por Sibello-Hernandez (2014) mencionados por Sibello – Hernandez (2021).

Yacomelo (2014) en Ecuador, encontró concentraciones de plomo más bajas en municipios del departamento del Atlántico. Los valores reportados para los municipios de Santa Lucía, Suan, Manatí, Campo de la Cruz y La Candelaria fueron de 4.21 mg/kg, 7.17 mg/kg, 5.06 mg/kg, 6.84 mg/kg y 7.06 mg/kg respectivamente. Estas concentraciones se encuentran dentro de los rangos aceptables establecidos por el TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente de Ecuador). Estos hallazgos difieren de lo mencionado por Kabata y Pendias (2001), quienes indican que una concentración de plomo superior a 100 mg/kg es necesaria para considerar un suelo como contaminado. Además, Micó et al. (2006) señalan que la presencia de plomo en los suelos agrícolas está directamente relacionada con la aplicación de agroquímicos y fertilizantes, como la urea y el superfosfato, que fueron mencionados por los agricultores de la zona como las principales formas de fertilización utilizadas en sus cultivos (Pozo, 2021).

Pasto

En la provincia de Leoncio Prado, se detectó un contenido de plomo (Pb) en el pasto de $2,7261 \pm 1,1938$ mg/kg, dentro del rango recomendado para plantas de 2 a 5 mg/kg (Covarrubias y Peña, 2017). Aunque aún no se ha determinado el nivel fitotóxico del plomo en el pasto, por otro lado, en la investigación realizada por Gordillo (2020) en la Oroya - Junín, se encontró un contenido promedio de Pb en el pasto consumido por el ganado altoandino de 20,09 mg/kg, valor inferior al Límite Máximo Permisible (LMP) establecido por la Unión Europea para alimentos de animales destinados a forraje verde, que es de 30 mg/kg.

En comparación con México, los valores de Pb encontrados en las localidades de Lerma ($38,2 \pm 6,9$ mg/kg) y Atasquillo (17,026 mg/kg) son superiores. Por lo tanto,

el contenido de Pb en el pasto de esta zona de estudio se considera un factor de exposición para los animales y no una contaminación, ya que cantidades excesivas de plomo podrían afectar los componentes estructurales o los procesos bioquímicos de los organismos, según mencionado por Méndez y Bertsch (2012) citados por Salazar-Matarrita (2020).

Mediante experimentos se han encontrado que los forrajes cultivados en viveros tienen una mayor capacidad de absorción de plomo en comparación con aquellos cultivados en condiciones de terreno, utilizando el mismo tipo de suelo. Esta diferencia se atribuye a diversos factores que influyen en el desarrollo de la vegetación, como la cantidad de agua, el pH, el tamaño y la cantidad de raíces. Sin embargo, estas variaciones son mínimas cuando se mantienen condiciones controladas.

En cuanto a la distribución interna del plomo dentro de la vegetación, se ha hallado que este metal pesado tiene una manera de transporte limitada. Su diseminación varía en función de la capa del suelo, la etapa vegetativa y el órgano de la planta. Las cantidades más altas de plomo están generalmente en las raíces y el tallo (Montes, 2022).

Relación de plomo en leche fresca

Dentro del territorio de Leoncio Prado, se encontró que la concentración de plomo en la leche fue de 0.0485 ± 0.0288 mg/kg, lo cual excede los límites acordados. Según las recomendaciones de la Comisión conjunta FAO/OMS del Codex Alimentario, la normativa de la Unión Europea y el Reglamento de la Comunidad Europea (CE) 466/2001, aplicable desde el 5 de abril de 2002, establecieron valores máximos permitidos obligatorios para el contenido de plomo diferentes productos. Entre ellos para la leche fresca, el límite máximo permitido es de 0.02 mg/kg, esto debe ser cumplido de acuerdo con las regulaciones vigentes (Pernia, 2014)

Este valor elevado de concentración de plomo se puede deber a que es un metal pesado que se encuentra naturalmente en el medio ambiente. Sin embargo, su presencia puede aumentar debido a actividades humanas como la industria, la minería, el uso de combustibles fósiles, la contaminación del agua y el suelo, entre otros. Estas fuentes

de contaminación pueden liberar plomo al aire, agua y suelo, y posteriormente, los animales pueden ingerirlo a través de su alimentación y agua de consumo (Pernía 2014, Argumedo 2021).

También el plomo puede acumularse en el suelo debido a su persistencia y baja capacidad de degradación. Si las ganaderías se encuentran en áreas donde el suelo está contaminado con plomo, los animales pueden ingerirlo al pastar o al consumir forraje cultivado en suelos contaminados. Esto puede llevar a que el plomo se acumule en los tejidos de los animales, incluyendo la glándula mamaria de las vacas, y se excrete en la leche (Gordillo, 2020).

Además, en la provincia de Leoncio Prado el agua utilizada para el riego de los pastizales y el suministro de los animales contiene plomo por encima de lo establecido por los ECA de nuestro país, debido indudablemente a la contaminación ambiental. Por lo tanto, si los animales consumen agua contaminada por este metal, muy probablemente puede ser absorbido por su organismo y posteriormente excretado en la leche. En general todos los alimentos que consumen, como el pasto o los alimentos concentrados, si están contaminados con plomo, este metal puede ser absorbido por el sistema digestivo de los animales y posteriormente transferido a la leche (Pernía, 2014)

La cantidad de plomo en leche generalmente es baja, a menos que las vacas hayan comido alimentos contaminados, incluyendo suplementos en sus dietas. Sin embargo, se han realizado estudios en diferentes países que han revelado concentraciones peligrosamente elevadas de plomo en la leche. Por ejemplo, se han encontrado niveles altos de hasta 23,30 ppm en suelos regados con aguas residuales en Colombia (Franco, 2014).

En estudios realizados en Asturias - España, hallaron cantidades de plomo en leche fresca de bovinos que oscilaron entre 0,71 y 16,06 ppb en áreas cercanas a antiguas explotaciones mineras. Es importante tener en cuenta que existen numerosas investigaciones que han relacionado plomo en el lácteo con diversos factores, como

formas de crianza, tipos de leche, razas, ubicación territorial y condiciones climáticas (Franco, 2014).

Por otro lado, la presencia de plomo en los animales puede estar relacionada con la ingestión de diversas fuentes como pinturas a base de plomo, incluyendo pintura seca o restos de pintura en envases vacíos, aceite usado de motores, gasolina con plomo, soldaduras y desechos industriales presentes en corrientes de agua o forrajes. La hierba que crece cerca de carreteras con tráfico intenso también puede contener cantidades tóxicas de plomo provenientes de los escapes de los vehículos. Además, el lamido de baterías descargadas por parte de los animales y la leche producida por aquellos con altas concentraciones de plomo en su organismo pueden representar riesgos para los consumidores.

Una de las principales fuentes de contaminación de plomo en la leche se debe al incorrecto lavado de manos durante el proceso de ordeño manual, lo que puede comprometer la calidad del producto. Una vez que el metal pesado es absorbido, se distribuye por todo el cuerpo, afectando diversos órganos y sistemas. Aproximadamente el 2% del contenido total es plomo, y el 95% se transporta en los eritrocitos junto con la hemoglobina. Inicialmente, el plomo circula por el torrente sanguíneo y luego se acumula en tejidos, especialmente en huesos, dientes y cabello (López, 2021).

La existencia elevada de plomo en leche fresca de vaca en Leoncio Prado representa un riesgo para los consumidores, especialmente para los niños de la zona, quienes pueden ser más vulnerables. Se ha observado que la exposición al plomo en los niños afecta negativamente el sistema nervioso central, provocando disminución de las funciones cognitivas, problemas de atención, e impulsividad e hiperactividad (Lassiter et al., 2015 mencionado por Pernia, 2014). Estos hallazgos sugieren la posibilidad de que la contaminación esté relacionada con aditivos químicos añadidos a las leches o que pueda provenir de los tanques de transporte de la leche que contienen soldaduras de plomo.

La cantidad ideal de plomo, al igual que cualquier otro tóxico, sería cero en el organismo. Sin embargo, debido a la contaminación tanto natural como generada por actividades humanas, esto no es posible. A lo largo del tiempo, los valores considerados "normales" de concentración de plomo en sangre han ido cambiando a medida que se han relacionado efectos tóxicos con dichas concentraciones. Inicialmente se adoptó un límite de 0,1 mg/l, que aún es válido, pero en la actualidad se busca reducirlo a 0,05 mg/l debido a la evidencia que muestra que concentraciones entre 0,08 y 0,1 mg/l pueden causar daño neurológico en niños, manifestándose en deficiencias académicas, falta de concentración y disminución de la atención (Calderón.J., et al., 2008 mencionado por Rodríguez 2016)

Después de la circulación inicial en los eritrocitos, el plomo ingerido realiza un segundo recorrido a través de los tejidos blandos, como el riñón, el hígado, la médula de los huesos y el sistema nervioso. Estos tejidos representan alrededor del 10% del total de plomo en el organismo y tienen una vida media de alrededor de 40 días. Una pequeña cantidad de plomo también puede acumularse en el cerebro. Luego, el plomo realiza un tercer recorrido a través de los huesos y los dientes, que almacenan aproximadamente del 90% del plomo total en el cuerpo. En esta etapa, el plomo forma compuestos altamente estables y tiene una existencia entre 10 a 30 años en el cuerpo humano (López, 2021).

El plomo se elimina principalmente por la orina, mediante procesos de filtración glomerular y secreción tubular. También puede ser excretado en menor medida a través de la descamación de la piel y algunas secreciones. En el caso de mamíferos expuestos al plomo, también puede ser eliminado a través de la leche. Sin embargo, la excreción total de plomo es lenta y limitada, ya que tiende a retenerse unido a macromoléculas y sales de fosfato. Además, el organismo tiende a confundir el plomo con el calcio, lo que dificulta su eliminación. Por lo tanto, el proceso de eliminación del plomo puede llevar años. Pequeñas cantidades de plomo también se excretan en la saliva, el sudor, las uñas y el cabello (Ramírez A., 2005 mencionado por Rodríguez 2016).

5.3.3 Concentración de cadmio agua, suelo, pasto y su relación con leche fresca de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado

Agua

La concentración de cadmio en agua que consumen los vacunos de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado fue de $0,0604 \pm 0,0573$ mg/kg, concentración superior a lo establecido por los estándares de calidad ambiental en Perú ECA agua, que es de 0.003 mg/kg.

En zonas no afectadas, el cadmio presenta concentraciones bajas en el agua como, por ejemplo, entre 0,00004 y 0,0003 mg/L en océanos, y cerca de 0,001 mg/L en ríos. Por tanto, en lugares afectadas por la presencia por cadmio, las concentraciones pueden elevarse significativamente, llegando a cantidades de 0,001 hasta 0,115 mg/L. El consumo de alimentos o agua con cantidades altas de cadmio puede causar daño severo en el estómago, ocasionando síntomas como vómitos y diarreas (Mendoza, 2021). Debido a su alta toxicidad y capacidad de disolverse en agua, el cadmio se distribuye fácilmente en los ecosistemas acuáticos, siendo considerado un contaminante de gran importancia. (Franco, 2014).

La Unión Europea ha establecido recomendaciones para limitar el contenido de cadmio (Cd) en aguas residuales a menos de 3 mg/L. Según el BOE (Boletín Oficial del Estado N.º 96 de España, 1998), los vertidos industriales al sistema de saneamiento no deben superar los 0,5 mg/L de Cd. Es importante tener en cuenta que la contaminación por cadmio puede ser significativa en aguas residuales fangosas, donde las concentraciones pueden variar y, en ocasiones, superar los 20 mg/L (Peris, 2006). En investigaciones adicionales, se ha observado que el uso continuo de residuos de agua puede incrementar las cantidades de cadmio y plomo hasta alcanzar valores de 3 mg/L y 200 mg/L, respectivamente (Franco, 2014).

Suelo

En el territorio de Leoncio Prado, el contenido de cadmio en el suelo se encontró en una cantidad de $1,0077 \pm 1,1182$ mg/kg, la cual está por debajo de los

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos para suelos agrícolas en el país, que es de 1.4 mg/kg (Ministerio de Agricultura del Perú MINAM, 2017 citado por Huacho, 2022). Esto indica que el suelo en las áreas estudiadas es apto para actividades agrícolas y ganaderas sin riesgo de contaminación por cadmio. Además, este valor es inferior a los registrados en otras investigaciones, como la realizada por Vásquez-Alarcón et al. (2005) en el Valle Mesquital, Hidalgo - México, donde se encontraron niveles de 4.15 mg/kg. Asimismo, se han reportado concentraciones altas en diferentes países, como Francia (2 mg/kg), Alemania (rango de 1 a 1.5 mg/kg), Holanda (0.8 mg/kg), España (2.5 mg/kg) e Inglaterra (3 mg/kg) (Smith, 1996; Norma lodos 2952, 2004; Porta, 1994 citados por Huacho, 2022).

El cadmio en el suelo puede tener efectos perjudiciales en el sistema, como la disminución de nutrientes, incapacidad de autodepuración del suelo, alteración de su ciclo biogeoquímico, composición, reducción del crecimiento de microorganismos y disminución del rendimiento de los cultivos, lo que puede afectar la composición de los productos y las funciones de soporte de las actividades (Franco, 2014).

El cadmio tiene una alta tendencia a bioacumularse en los seres vivos, incluyendo humanos, plantas y animales, debido a sus características físicas similares al zinc. Se absorbe fácilmente en el organismo y en concentraciones pequeñas puede ser perjudicial para la salud, ya que es un compuesto tóxico (Rosario, 2020). Además, se ha identificado un riesgo cancerígeno a largo plazo, especialmente en el riñón, debido a su acumulación en los túbulos renales y los posibles mecanismos necróticos en este órgano. Se ha establecido que niveles que excedan los 0.004 mg/kg/día podrían ocasionar estos daños graves en personas expuestas a este metal pesado (Duran, 2022).

Según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 1992), en suelos contaminados la presencia de cadmio puede oscilar en el rango de 3 y 10 ppm. En suelos con arcilla, la absorción del pasto es baja, por lo que generalmente los suelos no contienen cantidades mayores a 1 ppm. Sin embargo, en algunas oportunidades, estos pueden estar tratados con fertilizantes que contienen altos niveles de cadmio o con residuos de la minería y fundición de metales, como es el caso del zinc y plomo.

En el país inglés y Gales, se considera que un valor superior a 2,4 ppm de cadmio es elevado, habiéndose registrado un valor superior de 10,5 ppm (Franco, 2014).

Pasto

En la provincia de Leoncio Prado la concentración de cadmio en el pasto fue de $0,1644 \pm 0,0441$ mg/kg, lo cual está por debajo del límite máximo permitido de 0,2 mg/kg establecido por las normas de las comisiones del Codex Alimentarius de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Esto indica que no hay contaminación por este metal y representa una situación favorable en relación con la ausencia de contaminación en el suelo. Sin embargo, es importante destacar que las cantidades de este metal se acercan al límite superior establecido (Mendoza, 2021).

Las plantas, especialmente las gramíneas, tienen una alta afinidad por absorber cadmio. La absorción de este metal ocurre no solo a través de las raíces, sino también a través de los entrenudos y las hojas, lo que afecta a la vegetación de diversas maneras, como la reducción de la tasa de fotosíntesis y transpiración, el aumento del ritmo respiratorio, el decrecimiento del eje caulinar, deficiencia de nutrientes esenciales, la activación de la síntesis de glutatión, la clorosis, la marchitez y la necrosis (Pernía, 2005). Además, estudios indican que el consumo de pasto contaminado por cadmio en el ganado puede causar diversas afecciones, como anemia, debilidad, pérdida de peso y decrecimiento de la libido en toros, así como abortos y anomalías congénitas en ovejas y bovinos (Londoño et al., 2016 citado por Huacho, 2022).

La primordial vía de acceso del cadmio en la vegetación es por suelo, y a medida que las plantas son consumidas como alimento, el cadmio se acumula en el organismo. Se estima que alrededor de un tercio del cadmio consumido en la dieta proviene de productos animales, mientras que los dos tercios que faltan vienen de vegetales (Nasreddine y Parent-Massin, 2002). Por lo tanto, la existencia de elementos como el cadmio, que no son necesarios para la vida de los organismos, puede tener efectos adversos en el crecimiento de las plantas y ser tóxicos tanto para ellas como para los animales y humanos (Franco, 2014). Además, es posible que se acumule en el

organismo y puede afectar el hígado, los pulmones, los riñones, el sistema óseo y los testículos, pudiéndose desarrollar enfermedades degenerativas y diversas formas de cáncer (Mendoza, 2021).

El cadmio es un metal pesado que se libera al ambiente como resultado de actividades humanas, incluyendo las agrícolas e industriales. Aunque no es un metal esencial para la vegetación, puede ser absorbido por las raíces y transportado a todas las partes de la planta. Concentraciones altas de cadmio pueden ocasionar toxicidad debido a su alta movilidad en las plantas (Castebianco, 2018; Labra et al., 2012 citados por Florida, 2019).

El uso de grandes cantidades de lodos que contienen cadmio como fertilizante en los cultivos forrajeros ha demostrado aumentar significativamente las cantidades de cadmio en las cosechas. También se ha identificado que uno de los principales aportes externos de cadmio son los fertilizantes superfosfatados, cuyas concentraciones varían según el país o región de origen, oscilando entre menos de 5 y 134 ppm. En Oceanía, la utilización frecuente de superfosfatos con mucho cadmio ha incrementado las cantidades de este metal en suelos y pastizales, llegando a niveles superiores a 1 ppm en los riñones de corderos que se alimentan de estos pastos (Bradley, 1993 mencionado por Franco, 2014).

Se han realizado numerosos estudios sobre los efectos tóxicos del cadmio en las plantas y el mecanismo de toxicidad aún no se comprende completamente. El cadmio perturba la absorción, deslizamiento y el aprovechamiento de minerales esenciales como el calcio, magnesio, fósforo y potasio, lo que provoca desequilibrios en los nutrientes y el agua dentro de las plantas. También se ha observado que el cadmio afecta la fotosíntesis y puede reemplazar el ion de magnesio en la molécula de clorofila, lo que impide la captación de fotones y resulta en una baja actividad fotosintética (Pernía et al., 2008).

Además, el cadmio reduce la absorción y la transferencia de nitrato desde las raíces hasta los tallos en las plantas. Uno de los síntomas más comunes de la intoxicación por cadmio es la ictericia, que se produce debido a deficiencias de hierro,

fosfato o manganeso. En un estudio realizado por Prieto et al. (2009) se investigó la capacidad del cadmio para aumentar su absorción en plantas como rábanos y zanahorias. Los resultados mostraron que las concentraciones más altas de cadmio se acumulan en las hojas de remolacha, lo que causa marchitez, reducción en la longitud de las hojas y en la biomasa de las raíces. También se observó un acortamiento de las raíces en las zanahorias (Villaorduña, 2021).

El cadmio en el aire es causado por la polución natural, ya que las plantas tienen la capacidad de acumular cadmio de origen geoquímico y diseminarlo en el medio ambiente después de su descomposición. Los fertilizantes, plaguicidas y aguas residuales utilizados en la agricultura, así como la deposición atmosférica, son factores que contribuyen a la presencia común de cadmio en las tierras agrícolas. Este metal es sencillo de ser absorbido por el pasto y se adhiere más rápidamente que el plomo (Mendoza, 2021).

Relación de cadmio en leche fresca

En leche fresca de vaca obtenidas de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado, el contenido de cadmio fue de $0,0044 \pm 0,0041$ mg/kg, al respecto el Codex Alimentarius, no lo tiene especificado. Según investigaciones realizadas, se han establecido diferentes límites máximos como la normativa de Rumanía que menciona el valor superior de 0,01 mg/kg. Entretanto que la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece un máximo de 0,003 mg/kg en líquidos destinados al consumo humano. En Estados Unidos, la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) menciona que no debe superar los 0,002 mg/kg (Pernía et al., 2015, WHO 2011 mencionado por Huacho, 2022; Mamani, 2021 respectivamente).

Por su parte la Unión Europea para alimentos procesados establece un límite máximo permisible de 0,10 mg/kg de cadmio en leche chocolatada, y un límite de 0,60 mg/kg en polvo de cacao o chocolate para beber (Galarza 2020; Meter et al., 2019 y Mendoza 2021). Con todas estas normativas la concentración de este metal pesado en leche fresca en la provincia de Leoncio Prado en algunos casos se encuentra dentro de los límites y en otros no.

En Perú, se ha encontrado un promedio de 0,602 mg/kg de cadmio en leche de la Estación Experimental "El Mantaro", lo cual supera ampliamente los límites establecidos (Chirinos y Castro, 2020),

El cadmio es un metal pesado existente de manera natural en la tierra, pero puede ser liberado al medio ambiente en las actividades industriales, minería, uso de fertilizantes y combustibles fósiles. Estas fuentes de contaminación contribuyen a la acumulación en la tierra y, posteriormente, en los pastos consumidas por el ganado (Pernía, 2014).

La vegetación tiene la manera de atrapar metales pesados presentes en el suelo por sus raíces. Si el suelo está contaminado con cadmio, las plantas pueden absorber este metal y acumularlo en sus tejidos. Una vez que los animales ingieren cadmio a través de su alimentación, este metal pesado puede acumularse en diversos tejidos, incluyendo la glándula mamaria de las vacas. El cadmio tiene una alta afinidad por el tejido renal y puede ser excretado a través de la orina (Huacho, 2022).

Las altas cantidades de cadmio en la leche también pueden atribuirse a la contaminación proveniente de materiales y recipientes de almacenamiento en estado dudoso, malogrados o antes contaminados debido a la falta de higiene, entre otros factores. Por lo general, las cantidades de este metal son escasos, a menos que los bovinos hayan comido forrajes con este metal en demasía (Franco, 2014).

La principal fuente de exposición al cadmio para la población general no expuesta ocupacionalmente proviene de los alimentos. Aproximadamente el 90% al 95% del cadmio ingerido es eliminado a través de las heces, lo que indica que la ingestión de cadmio solo es significativa cuando hay una alta contaminación ambiental que afecta la composición de la comida (Mendoza, 2021).

La leche y sus productos derivados desempeñan un rol crucial en la alimentación de los humanos, principalmente en la nutrición de los niños. Sin embargo, si la leche tiene niveles elevados de cadmio, puede representar un peligro potente para la salud, con posibles efectos graves y problemas de salud de la población. Por tal motivo, la cuantificación de los niveles de cadmio en la leche de

animales de corral se convierte en un indicador potencial de las condiciones sanitarias de este lácteo y por consiguiente del lugar donde se produce (Huacho, 2022).

Según estudios realizados, se ha clasificado al cadmio como un carcinógeno de tipo I por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer. Esto significa que se considera una sustancia con suficiente evidencia de su capacidad para causar cáncer en los seres humanos. Por lo tanto, es crucial controlar y regular las cantidades de este metal pesado en leche y tomar medidas para evitar su contaminación, con el fin de cuidar la salud de los seres humanos que lo consumen y prevenir la aparición de enfermedades (Huacho, 2022)

El cadmio puede permanecer en los humanos durante un período de hasta 30 años, principalmente en el riñón. La depuración del cuerpo es un proceso lento que ocurre principalmente por la orina. Su acumulación en el riñón puede resultar en problemas renales, osteoporosis, dolores óseos y disfunciones del sistema reproductivo. Además, existe la posibilidad de que pueda estar relacionado con el desarrollo de cáncer de pulmón. A medida que se acumule en el cuerpo, puede provocar deficiencias de calcio, proteínas y zinc (Pacco, 2018 mencionado por López, 2021).

La Comisión FAO/OMS del Codex Alimentarius ha determinado límites máximos de cadmio en productos animales. Estas recomendaciones se han adoptado como requisitos obligatorios en la Unión Europea desde el 5 de abril de 2002, mediante la implementación del Reglamento de la Comunidad Europea (EEC) 466/2001, que establece cantidades superiores máximos permitidos, por ejemplo, niveles de 0,05 mg/kg para carnes, 0,5 mg/kg para hígado y 1,0 mg/kg para riñones (Méndez, 2000 mencionado por Franco, 2014).

5.3.4 Concentración de mercurio agua, suelo, pasto y su relación con leche fresca de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado

Agua

En la provincia de Leoncio Prado se ha observado que el agua consumida por el ganado vacuno presenta una concentración de mercurio de 0.0158 ± 0.0185 mg/kg. Este nivel supera el límite máximo establecido en el agua destinada al consumo humano, según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) donde indica que no deben exceder los 0.002 mg/L. Además, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de Perú establecen un límite máximo todavía más riguroso de 0.001 mg/kg para la concentración de este metal en el agua (Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., & Gallo, J. A., 2020).

Estos hallazgos indican que el agua utilizada para el consumo del ganado vacuno en la provincia de Leoncio Prado supera los límites establecidos tanto a nivel internacional como local teniendo como referencia al agua para el consumo humano. Esta situación es preocupante, ya que el consumo de agua contaminada con altos niveles de mercurio puede tener consecuencias negativas para la salud del ganado y, en última instancia, pero no menos importante para los seres humanos que consumen productos derivados de estos animales. Es necesario tomar medidas para mitigar la presencia de este metal y garantizar la seguridad de la cadena alimenticia.

Desde el principio de la era industrial, las concentraciones de mercurio en el ambiente han aumentado considerablemente, lo que, unido a su transporte transcontinental y mundial por diferentes vías (atmosférica principalmente), ha determinado que en la actualidad este metal se encuentre presente considerablemente en todas las partes de la tierra, incluso en los polos norte y sur. Estas circunstancias determinan que las contaminaciones, que a corto plazo se consideran de carácter local, contribuyan con el tiempo a la creación de una concentración de fondo de mercurio a escala global.

En la naturaleza, el mercurio se encuentra en forma de mineral como sulfuro de mercurio o cinabrio (HgS), forma en la que resulta prácticamente inatacable por los

agentes atmosféricos. Asimismo, puede presentarse formando grandes bolsas de mercurio metálico. Una vez que el mercurio es liberado al ambiente, éste se desplaza por el aire, el agua, los sedimentos, el suelo y la biota en diversas maneras, ya que hay una elevada interrelación entre todos ellos. El mercurio es emitido a la atmósfera desde una gran variedad de fuentes antropogénicas (producción de cemento, incineración de residuos, hornos de fundición, etc.) y fuentes naturales (vulcanismo, aerosoles oceánicos, desgasificación desde la corteza terrestre, etc.), y en diferentes formas físicas y químicas. Un caso particularmente importante lo constituye su emisión en forma de metilmercurio, ya que investigaciones recientes demuestran que en los basureros de sólidos de las ciudades y en las industrias de tratamiento de aguas residuales pueden ocurrir liberaciones directas de este compuesto, si bien no se ha podido determinar con exactitud la contribución de estas fuentes a las emisiones de mercurio (Herruzo, F. G., Rubio, A. G., Lahoz, C. G., Alonso, C. V., & Maroto, J. M. R. 2010).

La extracción de oro a pequeña escala es la principal fuente mundial de mercurio. Esta actividad es llevada a cabo por individuos o grupos pequeños de personas, de forma relativamente sencilla y económica, generalmente en lugares no estipulados. Se calcula que más del 33% de las emisiones globales de mercurio provienen de esta fuente. Enfocarse en este sector e implementar tecnologías alternativas más seguras podría tener un impacto significativo en la reducción del uso y las emisiones globales de mercurio (Marnane, 2018).

Aunque se han logrado disminuir el uso y las emisiones de mercurio en algunas zonas de Europa y Norte América, es probable que las cantidades de mercurio en el ambiente continúen siendo altos en un largo período de tiempo. Esto se debe a la persistencia del metal en el entorno y al aumento de las emisiones en otras partes del mundo. Además, el mercurio puede transportarse a largas distancias, lo que contribuye a su presencia en diferentes regiones. De hecho, aproximadamente la mitad del mercurio depositado en Europa proviene de fuentes externas al continente (Marnane, 2018).

En relación con la contaminación por mercurio en agua, las investigaciones se ubican en el análisis de muestras de peces, que son indicadores de la contaminación en los ecosistemas acuáticos. Se utilizan enfoques determinados y probabilísticos para evaluar la ingesta de alimentos contaminados en una población específica, a partir de muestras de sangre o tejidos orgánicos. Las sugerencias de consumo de pescado a nivel general, principalmente dirigidas a poblaciones vulnerables, sugieren evitar el consumo de carne de tiburón, pez espada y caballa en infantes, mujeres en edad fértil, mujeres embarazadas y madres lactantes. También se sugiere reducir el consumo de carne de atún u optar por una dieta alternativa (Kimáková et al. 2018 mencionado por Cadavid – Muños, 2020).

En cuanto a la protección del medio ambiente, podemos contribuir adecuadamente desechando residuos cotidianos que tienen mercurio, como baterías, lámparas y equipos eléctricos, en lugares designados para su disposición segura. Además, podemos reducir las emisiones evitando el uso de combustibles sólidos en la calefacción doméstica cuando haya alternativas disponibles. Es importante destacar que existen empastes dentales libres de mercurio, y al elegir esta opción contribuimos a reducir el uso de mercurio en la salud dental (Marnane, 2018).

Suelo

La cantidad de mercurio en el suelo de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado fue de 0.0111 ± 0.0168 mg/kg, lo cual está considerablemente por debajo del límite establecido por el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo en Perú, que es de 6.6 mg/kg de peso seco (Mandros, 2019).

El mercurio puede depositarse en el suelo a través de lluvias o rocío, y esto puede perjudicar a la flora, fauna e incluso a las personas. También puede estar presente de manera natural en el suelo, siempre en concentraciones bajísimas, o como resultado de actividades antropogénicas. El suelo es uno de los principales acumuladores de mercurio, ya que este metal se libera al ambiente y se deposita en el suelo, lo cual puede servir como un indicador de su deposición. A nivel mundial, la cantidad promedio de mercurio en el suelo es alrededor de $0,06 \mu\text{g/g}$ (Rocha, 2018).

Sin embargo, las actividades humanas son las responsables de una mayor acumulación de mercurio en el suelo, y estas pueden resultar en concentraciones varias veces superiores en comparación con áreas no contaminadas. Incluso en áreas alejadas de fuentes de contaminación, se ha encontrado mercurio debido a la diseminación atmosférica. Existen diversos factores ambientales que pueden influir en el proceso de adsorción/desorción del mercurio en el suelo, como el pH del suelo, la presencia de iones cloruro, el contenido de materia orgánica, la forma y contenido de coloides en el suelo, y la presencia de iones inorgánicos competidores. El cinabrio (HgS) y el mercurio elemental (Hg°) son las principales fuentes naturales de mercurio en el suelo y en los ambientes acuáticos. La presencia de mercurio inorgánico en el suelo puede variar según las condiciones redox, y puede existir en diferentes estados. Entre estos estados, el mercurio elemental y el mercurio divalente son los más comunes en el suelo (Rocha, 2018).

La absorción del mercurio en el suelo disminuye cuando este tiene bajos niveles de arcilla, lo que también reduce su movilidad en el suelo. Sin embargo, la metilación del mercurio por microorganismos puede hacer que se vuelva altamente móvil y fácilmente absorbido por los organelos, incluyendo la vegetación. Esto puede ocurrir tanto en condiciones con aire y sin aire mediante la acción de bacterias y hongos. Además, se establecen límites para los desperdicios industriales de mercurio al sistema sanitario, fijando en 0,1 mg/kg como límite (Franco, 2014).

Pasto

En las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado, no se han detectado niveles de mercurio en el pasto utilizado como alimento para el ganado. Según la literatura, el pasto normalmente contiene niveles bajos de mercurio, generalmente por debajo de 0.1 mg/kg Hg. Sin embargo, se ha visto que la harina de pescado, que se utiliza como componente en la dieta del ganado, puede contener cantidades más altas de mercurio. Es importante destacar que algunos estudios sugieren que la utilización de antihongos que tienen mercurio puede aumentar las cantidades de este en el pasto, los cereales y otros vegetales, llegando incluso a alcanzar hasta 20 mg/kg de materia seca, lo cual puede resultar tóxico para el ganado. Además, se ha documentado que la aplicación

externa de medicamentos que contienen mercurio para tratar afecciones de la piel ha causado intoxicaciones graves e incluso la muerte en vacas, aunque estos hallazgos no están directamente relacionados con el presente estudio (Simpson et al., 1997 citado por Franco, 2014)

Relación de mercurio en leche fresca

En el territorio de Leoncio Prado, no se encontraron concentraciones detectables de mercurio en la leche de vaca. Sin embargo, estudios realizados en diferentes regiones del mundo han reportado la existencia de mercurio en leche de vaca. Por ejemplo, en las cercanías de Roma (Italia), se encontró que la leche de vaca contenía mercurio en concentraciones que variaban de 0.0023 a 0.053 mg/kg (Franco, 2014). En Ecuador, la norma técnica contempla un límite máximo permisible de 0.005 mg/kg de mercurio en leche de vaca, y los reportes mostraron un rango de concentraciones entre 0.00009 mg/kg (media) y 0.002 mg/kg (máximo). Por otro lado, estudios realizados en Egipto y España no detectaron la presencia de mercurio en la leche hasta el año 2021 (De la Cueva 2021, Alvares, 2021, Diab et al., 2020, González-Montaña et al., 2019)

Es importante tener en cuenta que la ingesta de mercurio por parte de los bovinos está influenciada por diversos factores como la especie, raza, edad, tiempo del alimento y la existencia de otros componentes en la dieta. Además, se ha observado que las materias primas utilizadas en la alimentación del bovino, como pastos y forrajes, pueden estar expuestas a sustancias químicas fertilizantes, biocidas y grandes dosis de metales tóxicos aparte del mercurio de plomo y cadmio. Estos elementos pueden representar un riesgo de contaminación. Asimismo, la inclusión de sales correctoras en la dieta del ganado, utilizadas para corregir deficiencias de minerales o mejorar el rendimiento, puede implicar contaminantes o impurezas que pueden ser perjudiciales para la salud animal. (Underwood y Suttle, 2003 mencionado por Franco, 2014).

En la actualidad, los consumidores son más exigentes y buscan leche que sea saludable, rica en nutrientes y con bajo riesgo para la salud (Licata et al., 2004).

Entonces, la detección de la concentración de mercurio en la leche puede ser un indicador primordial tanto de la calidad higiénica como del grado de contaminación del entorno donde se produce la leche (Licata et al., 2004 mencionado por Montaña, 2019).

Las leches frescas de vaca pueden contener residuos químicos peligrosos, como aflatoxinas, plaguicidas y metales pesados, que se han utilizado de manera inadecuada. Estos compuestos representan un riesgo para la salud humana. La leche es producida por las glándulas mamarias y puede contener diversas sustancias xenobióticas, incluyendo mercurio (Pabón, 2020).

El mercurio está existente de manera natural en el ambiente, pero generalmente se encuentra de manera segura en minerales y no representa un riesgo significativo. Sin embargo, la actividad humana libera grandes cantidades de mercurio al medio ambiente, lo cual puede tener consecuencias perjudiciales. La preocupación principal radica en la presencia de mercurio en el agua y los sedimentos, porque están en una forma altamente tóxica que los bovinos pueden tomar de una manera fácil, llegando así a la cadena alimenticia (Pavón, 2020)

La Organización Mundial de la Salud ha mostrado diez sustancias químicas que representan un grave problema para la salud humana, y tres de ellas son metales pesados: plomo, cadmio y mercurio. Ahora mismo, los niveles de mercurio en el aire son aproximadamente un 500% superiores a los naturales. En los océanos, las cantidades de este metal están alrededor de un 200% por encima de los niveles naturales (Marnane, 2018).

En definitiva, considerando los procesos metabólicos, el mercurio puede ser transformado en formas más tóxicas dentro del organismo de los animales a través de procesos metabólicos. Por ejemplo, el mercurio inorgánico puede convertirse en metilmercurio, una forma altamente tóxica que se bioacumula en los tejidos de los organismos vivos. Si las vacas consumen alimentos contaminados con mercurio inorgánico, existe la posibilidad de que se produzca esta transformación y el metilmercurio se acumule en la leche (Domínguez, 2015).

5.4 Aporte científico de la investigación

La presente investigación "Metales pesados en agua, suelo y pasto y su relación con leche fresca de vaca en la provincia de Leoncio Prado" realiza un importante aporte científico en varias áreas:

Identificación de la contaminación por metales pesados: El estudio revela la presencia de estos elementos como el plomo, cadmio y mercurio en agua, suelo, pasto y leche fresca de vaca en la provincia de Leoncio Prado. Y dentro de esto el agua en cadmio, plomo y mercurio y la leche fresca en plomo y cadmio superaron las concentraciones según las normas establecidas. Esto proporciona una comprensión más clara de la contaminación ambiental por metales pesados en la región y destaca la importancia de abordar este problema.

Monitoreo de recursos naturales: La investigación involucra la recolección y el análisis de muestras de agua, suelo, pasto y leche fresca de vaca. Este enfoque de monitoreo es valioso para evaluar la calidad de los recursos naturales en la provincia de Leoncio Prado y puede servir como base para futuros estudios y medidas de gestión.

Conciencia acerca de la contaminación por metales pesados: El estudio resalta la importancia de controlar y prevenir la contaminación por plomo, cadmio y mercurio en la provincia. Al proporcionar evidencia científica concreta, ayuda a crear conciencia sobre los riesgos asociados con la existencia de estos elementos en el medio.

CONCLUSIONES

En suelo a 10 cm, se encontraron concentraciones de 23.24 ± 5.80 mg/Kg de Pb, 1.39 ± 1.37 mg/Kg de Cd y 0.01 ± 0.02 mg/Kg de Hg. A 20 cm, 21.17 ± 5.99 mg/Kg de Pb, 0.62 ± 0.68 mg/Kg de Cd y 0.01 ± 0.01 mg/Kg de Hg. Sin diferencias significativas entre ellas y por debajo de los límites establecidos.

Los niveles de plomo en el agua fueron de 0.5926 ± 0.4159 mg/Kg, en el pasto 2.73 ± 1.19 mg/kg existiendo relación con 0.0485 ± 0.0288 mg/kg de leche fresca de vaca en las ganaderías de Leoncio Prado.

Las cantidades de cadmio en el agua fueron de 0.0604 ± 0.0573 mg/Kg, en el pasto 0.1644 ± 0.04 mg/Kg, existiendo relación con 0.0044 ± 0.0041 mg/Kg en la leche fresca de vaca en las ganaderías de Leoncio Prado.

No hubo relación entre los niveles de mercurio en el agua (0.016 ± 0.019 mg/kg), en el suelo (0.011 ± 0.016 mg/kg) con la leche fresca de las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.

SUGERENCIAS

Realizar investigaciones adicionales para identificar los orígenes específicos de contaminación por plomo, cadmio y mercurio para evaluar el impacto a largo plazo en la salud humana y el medio ambiente. La prevención y el control de la contaminación por metales pesados son fundamentales para salvaguardar la salud de la población y garantizar la calidad de los productos lácteos en la región de Leoncio Prado.

Sugerir a las autoridades competentes implementar acciones de control y gestión ambiental en las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado, como mejorar las prácticas agrícolas, controlar el uso de fertilizantes y pesticidas, y realizar un monitoreo regular de las concentraciones de plomo, cadmio y mercurio en el agua, suelo, pasto y leche de vaca fresca.

A las instancias correspondientes se sugiere mantener vigilancia constante la calidad del agua utilizada en la producción ganadera, ya que puede ser una fuente potencial de contaminación para el ganado y en consecuencia para la leche fresca.

REFERENCIAS

- Álvarez Oviedo, J. J. (2021). Análisis sistemático sobre la presencia de metales pesados: Cromo (Cr), Arsénico (As) y Mercurio (Hg) y sus diferentes métodos de análisis en leche de vaca (Bachelor's thesis, Quito).
- Argumedo, C. D. (2021). Bioconcentración de metales pesados (Zn, Hg, Pb) en tejidos de *Ariopsis felis* y *Diplodus annularis* en el río Ranchería, norte de Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 68(2), 124-136.
- Armijos, J. A., & Bonill, H. R. (2013). Presencia de metales pesados (arsénico y mercurio) en leche de vaca al sur de Ecuador. *La Granja*, 17(1), 36-43.
- Aveiga, E. D. L. M., Antepara, E. J. H., Méndez, M. R. C., Wagnio, M. F. R., & Montejo, Y. M. T. (2022). Probabilidades y estadística: pilares fundamentales de la investigación científica: ISBN: 978-0-3110-0004-3, EAN: 9780311000043, UPC: 978031100004, BIC: PBT. Editorial Tecnocintífica Americana, 1-115.
- Cadavid-Muñoz, N., & Arango-Ruiz, Á. (2020). El mercurio como contaminante y factor de riesgo para la salud humana. *Revista Lasallista de Investigación*, 17(2), 280-296.
- Campero S. J. G. (2008). Estudio diagnóstico Provincia Leoncio Prado Huanuco Peru. Situación difícil Tingo María City. Monografias.com.
- Castro González, N. P. (2017). Riesgo de contaminación de leche de vaca con metales pesados en los estados de Puebla y Tlaxcala, México.

- Castro-González, N. P., Moreno-Rojas, R., Calderón-Sánchez, F., Moreno-Ortega, A., & Tamariz-Flores, J. V. (2018). Metales pesados en leche de vacas alimentadas con alfalfa producida en suelos irrigados con aguas residuales en Puebla y Tlaxcala, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 9(3), 466-485.
- Covarrubias, S. A., & Peña-Cabriales, J. J. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33, 7-21. <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01>
- Chata Quenta, A. (2015). Presencia de Metales Pesados (Hg, As, Pb y Cd) En Agua y Leche En la Cuenca del Rio Coata 2015.
- Choque Josec, A. H. (2019). Efectos tóxicos de los metales pesados sobre la flora, fauna y la salud humana en el Perú.
- De la Cueva, F., Naranjo, A., Puga Torres, B., & Aragón, E. (2021). Presencia de metales pesados en leche cruda bovina de Machachi, Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 33(1), 21-30.
- del Estado, B. O. (2003). Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. *BOE*, 45, 7228-45.
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. 2018. InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>.
- Domínguez Smeed, C. (2015). Aspectos biológicos y toxicológicos de los elementos del grupo 12 del sistema periódico: zn, cd y hg.
- Duran Sumarriva, M. S. (2022). Niveles de cadmio en sedimentos viales y calzada en la av. Abancay, Lima, 2021.
- EPA, A. D. (2017). Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

- Espinoza Gomez, K. A. (2019). Recuperación de suelos contaminados con plomo (II) a escala piloto, utilizando girasol (*Helianthus annuus* L.) con diversos tipos de abono en el distrito de Sicaya.
- Florida Rofner, N., Paucar García, H. J., Jacobo Salinas, S. S., Escobar Mamani, F., & Torres García, J. (2019). Efecto de compost y NPK sobre los niveles de microorganismos y cadmio en suelo y almendra de cacao. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(4), 264-273.
- Franco, L. F. L. (2014). *Presencia de metales pesados en hatos lecheros de los municipios de San Pedro y Entrerriós, Antioquia, Colombia* (Doctoral dissertation, Universidad de León).
- Galarza Centeno, G. (2020). *Límites de cadmio en la unión Europea y su incidencia en las exportaciones de Cacao en grano del Ecuador* (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Administración).
- Garcés, G., & Jeampierre, A. (2020). *Determinación de la presencia de metales pesados en leche cruda bovina en la parroquia Bilován provincia Bolívar* (Bachelor's thesis, Guaranda. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Aropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Medicina Veterinaria).
- Gordillo Espinal, S. A. (2020). Concentración, transferencia y bioacumulación de plomo en suelo, pasto y leche de vacunos de la comunidad campesina Paccha-La Oroya-Región Junín.
- González-Montaña, J. R. (2009). Metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea (UE). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 22(3), 305-310.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4, pp. 310-386). México: McGraw-Hill Interamericana.

- Herruzo, F. G., Rubio, A. G., Lahoz, C. G., Alonso, C. V., & Maroto, J. M. R. (2010). El mercurio: situación actual, problemas y soluciones. *Ingeniería química*, 480, 84-91.
- Huacho Jurado, A. Y. (2022). Bioacumulación y transferencia de cadmio del suelo a los pastos y leche bovina en la Estación Experimental El Mantaro.
- Huaranga Moreno, F., Méndez García, E., Quilcat León, V., Bernui Paredes, F., Costilla Sánchez, N., & Huaranga Arévalo, F. (2022). Cuantificación de Cu, Pb, A y Cd absorbidos por el “girasol” *Helianthus annuus* L.(Asteraceae) presentes en suelos agrícolas contaminados por relaves mineros. *Arnaldoa*, 29(1), 119-136.
- López, I. G. (2020). *Desarrollo sostenible*. Editorial Elearning, SL.
- López Salazar, A. J., & Vásquez Huaranca, G. M. (2021). Estudio de causas de la presencia de metales pesados en leche de bovino-2020. Revisión sistemática.
- Londoño-Franco, L. F., Londoño-Muñoz, P. T., & Muñoz-García, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153.
- Mamani Gamarra, G. M. (2021). Contaminación, exposición dietética y riesgo para la salud por plomo y cadmio en leche en la Estación Experimental de El Mantaro-2020.
- Mandros Montes, P. A. (2019). Niveles de mercurio en suelos alterados por la minería ilegal, en la comunidad de San Jacinto, provincia de Tambopata-Madre De Dios.
- Marnane, Ian. Entrevista publicada en el número de septiembre de 2018 de EEA Newsletter 03/2018.
- Martínez Torres, C. C. (2019). Factores de exposición relacionados con los niveles de plomo y cadmio en leche materna en muestras provenientes de un hospital de Bogotá. Tesis para optar el grado de Magister en Toxicología. Facultad de

Medicina. Universidad Nacional de Colombia. 151 p.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75771>

Mendoza, R. B., & Espinoza, A. (2017). Guía técnica para muestreo de suelos.

Mendoza-López, K. L., Mostacero-León, J., López-Medina, S. E., Gil-Rivero, A. E., Anthony, J., & Villena-Zapata, L. (2021). Cadmio en plantaciones de *Theobroma cacao* L." cacao" en la región San Martín (Lamas), Perú. *Manglar*, 18(2), 169-173.

Meter, A., Atkinson, R. J., & Laliberte, B. (2019). Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe: Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación.

Miras, J. J. R. (2009). *Estudio de la contaminación por metales pesados y otros procesos de degradación química en los suelos en los invernaderos del poniente almeriense* (Vol. 133). Universidad Almería.

MINAM, P. (2014). Guía para el muestreo de suelos. *Lima, San Isidro, Lima: MAVET IMPRESIONES*.

Montaña, J. R. G. (2019). Metales pesados en leche como bioindicadores de contaminación mediambiental. *memoria de la xxiv reunión internacional sobre producción de carne y leche en climas cálidos*, 115.

Monteza Saldaña, Y. L. (2018). Determinación de metales pesados en leche fresca de vacunos, alimentado con pasturas regadas con aguas servidas-Cajamarca 2017.

Montes de Oca-Jiménez, R., Pérez-Rodríguez, J. E., & Rodríguez-Domínguez, M. C. (2022). Niveles de plomo en suelo, pasto y agua en localidades cercanas al río Lerma, del Estado de México, dedicada a la ganadería. *Terra Latinoamericana*, 40.

Ninaquispe Vasquez, E., & Vasquez Chacon, I. E. (2021). Determinación de la presencia de metales pesados (Hg, As, Pb Y Cd) en leche y agua de regadío de la

- cuenca de Santa Eulalia, Agosto 2020 (Doctoral dissertation, Universidad Privada de Huancayo Franklin Roosevelt).
- Núñez del Carpio, D. A. (2015). Contaminación del agua por metales pesados en el Distrito Mariscal Cáceres–San José en la Provincia de Camaná-Arequipa.
- Pacco Choquepata, D. (2018). Determinación de metales pesados en leche y pelo de vacas de la cuenca del río Llallimayo Melgar–Puno. Tesis para optar el Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnista. Universidad Nacional del Altiplano. 83 p. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9269>
- Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18.
- Pernía, B., Valarezo, M. M., Bravo, K., Ramírez, N., López, D., Muñoz, J., & Egas, F. (2014). Detección de cadmio y plomo en leche de vaca comercializada en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 8(2), 81-86.
- Pozo Benalcázar, E. L. (2021). *Evaluación de la presencia de metales pesados en suelos agrícolas en la parroquia Ambuquí del cantón Ibarra* (Bachelor's thesis).
- Plaza Alarcón, M. J. (2020). *Fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados debido al cultivo de maíz (Zea mays) en la zona norte de la provincia de Los Ríos* (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
- Ramírez Gottfried, R. I., García Carrillo, M., Álvarez Reyna, V. D. P., González Cervantes, G., & Hernández Hernández, V. (2019). Potencial fitorremediador de la chicura (*Ambrosia ambrosioides*) en suelos contaminados por metales pesados. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(7), 1529-1540.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Lagos, M. D., & Jimenez, E. E. G. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y

seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+ D*, 16(2), 66-77.

Rocha-Román, L., Olivero-Verbel, J., & Caballero-Gallardo, K. R. (2018). Impacto de la minería del oro asociado con la contaminación por mercurio en suelo superficial de San Martín de Loba, Sur de Bolívar (Colombia). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 34(1), 93-102.

Rodríguez Fuentes, H., Alejo, E. S., Sánchez, M. R., Contreras, J. A. V., Askar, K. A., Turanzas, G. M., & Ortíz, J. C. R. (2005). Metales pesados en leche cruda de bovino. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 6(4).

Rodríguez López, N. E. (2016). *Determinación de la presencia de plomo en leche cruda producida en la parroquia de Machachi* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

Rosario Bonifacio, L. I. (2020). Afectación del suelo por metales pesados: plomo, cadmio y cromo vi por la disposición de residuos sólidos municipales en el botadero de Carhuashirca, en el distrito y provincia de Huaraz, departamento de Ancash, 2019.

Salazar-Matarrita, A., Cubero-Campos, M., & Durán-Jiménez, B. (2020). Movilidad de metales del suelo al pasto en la región norte de costa rica. *Agronomía Costarricense*, 44(1), 123-132.

Sánchez, A. (1998). *Métodos de investigación*, Caracas Venezuela. Ed Paraninfo SA, Pag 462.

Sepúlveda, T. V. (2005). *Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación*. Instituto Nacional de Ecología.

Sibello-Hernández, R., Letizia-Cozzella, M., Mariani, M., Cogliati, N., Spezia, S., & Trivellone, E. (2014). Desarrollo de un método analítico para la caracterización isotópica de los suelos. *Revista Cubana de Química*, 26(1), 47-54.

- Seijo Delgado, I. (2016). Análisis de fragancias en aguas mediante técnicas avanzadas de cromatografía.
- Sibello-Hernández, R. Y., Guillén-Arruebarren, A., Alomá-Orama, R. M., & Castellanos-Torres, L. (2021). Niveles de referencia de metales pesados en suelos del confinamiento de desechos peligrosos Juraguá, Cuba. *Revista Cubana de Química*, 33(1), 153-166.
- Vallés, M., Fuentes, E., & Pons, J. (2018). El plomo: un problema medioambiental y para la salud. *Universidad Autónoma de Barcelona*, 26(11), 2018.
- Velarde Soncco, J. A. (2021). Determinación de metales pesados en leche de vaca, pasto y agua de la microcuenca del río Llallimayo, Melgar-Puno.
- Villaorduña Hauxwell, N. A. (2021). Efecto de diferentes concentraciones de cadmio en suelo aluvial y residual en diferentes órganos de plantones de *Theobroma cacao* (cacao).

ANEXOS

ANEXO 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

METALES PESADOS EN AGUA, SUELO, PASTO Y SU RELACIÓN CON LECHE FRESCA DE VACA PRODUCIDA EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO 2022

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
¿Cuál es la concentración de metales pesados en agua, suelo y pasto, y su relación con la leche fresca de vaca en la provincia de Leoncio Prado 2022?	Evaluar la concentración de metales pesados en agua, suelo y pasto y su relación con la leche fresca de vaca producida en la provincia de Leoncio Prado.	<p>Ho: No existe una relación significativa entre las concentraciones de metales pesados en agua, suelo y pasto, y la presencia en leche fresca de vaca producida en la provincia de Leoncio Prado.</p> <p>Ha: Existe una relación significativa entre las concentraciones de metales pesados en agua, suelo y pasto, y la presencia en leche fresca de vaca producida en la provincia de Leoncio Prado.</p>	<p>Metales pesados en agua, suelo, pasto y leche.</p> <p>Elementos tóxicos como el plomo, cadmio y mercurio que están en el medioambiente y pasan inevitablemente a la cadena alimentaria, incluidos la leche de vaca para consumo humano</p>	<p>Plomo mg/Kg Cadmio mg/Kg Mercurio mg/Kg</p>
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Sub variables	Sub indicadores
¿Existe presencia de metales pesados como plomo, cadmio y mercurio en el suelo a diferentes niveles de profundidad (10 y 20 cm) en la ubicación geográfica estudiada, indicando una posible contaminación en esa área?	Determinar si existe la presencia de metales pesados como plomo, cadmio y mercurio, en el suelo a diferentes niveles de profundidad (10 y 20 cm) en la ubicación geográfica estudiada, con el fin de determinar si hay contaminación en esa área.	<p>Ho1: No existe presencia de metales pesados (plomo, cadmio y mercurio) en suelo a 10 y 20 cm de profundidad.</p> <p>Ha1: Existe presencia de metales pesados (plomo, cadmio y mercurio) en suelo a 10 y 20 cm de profundidad.</p>	Metales pesados en suelo	<p>(Pb) mg/Kg (Cd) mg/Kg (Hg) mg/Kg</p>

<p>¿Existe una relación entre los niveles de plomo en el agua, suelo y pasto con leche fresca de vaca en las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado?</p>	<p>Determinar si hay relación entre los niveles de plomo en el agua, suelo y pasto con la leche fresca de vaca en las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.</p>	<p>Ho2: No existe presencia de plomo en el agua, suelo, pasto que se relacione con plomo de la leche fresca de vaca de las ganaderías en la provincia de Leoncio Prado.</p> <p>Ha2: Existe presencia de plomo en el agua, suelo, pasto que se relaciona con plomo de la leche fresca de vaca de las ganaderías en la provincia de Leoncio Prado.</p>	<p>Plomo en agua, suelo, pasto y leche</p>	<p>(Pb) mg/Kg</p>
<p>¿Existe una relación entre las cantidades de cadmio en el agua, suelo y pasto con la leche fresca de vaca en las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado?</p> <p>¿Existe una relación entre los niveles de mercurio en el agua, suelo y pasto con la leche fresca de vaca en las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado?</p>	<p>Determinar la posible relación entre las cantidades de cadmio en el agua, suelo y pasto, con la leche fresca de vaca en las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.</p> <p>Analizar la posible relación entre los niveles de mercurio en el agua, suelo y pasto con la leche fresca de vaca en las ganaderías de la provincia de Leoncio Prado.</p>	<p><i>Ho3: No existe presencia de cadmio en el agua, suelo, pasto que se relacione con cadmio de la leche fresca de vaca de las ganaderías en la provincia de Leoncio Prado.</i></p> <p><i>Ha3: Existe presencia de cadmio en el agua, suelo, pasto que se relaciona con plomo de la leche fresca de vaca de las ganaderías en la provincia de Leoncio Prado.</i></p> <p><i>Ho4: No existe presencia de mercurio en el agua, suelo, pasto que se relacione con plomo de la leche fresca de vaca de las ganaderías en la provincia de Leoncio Prado.</i></p> <p><i>Ha4: Existe presencia de mercurio en el agua, suelo, pasto que se relaciona con mercurio de la leche fresca de vaca de las ganaderías en la provincia de Leoncio Prado.</i></p>	<p>Cadmio en agua, suelo, pasto y leche</p> <p>Mercurio en agua, suelo, pasto y leche</p>	<p>(Cd) mg/Kg</p> <p>(Hg) mg/Kg</p>

NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN, MUESTRA	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
<p>1. Nivel de investigación:</p> <p>Explicativo</p> <p>2. Tipo de investigación</p> <p>Aplicada</p>	<p>1) Población</p> <p>Fueron las ganaderías de donde se extraen las muestras de agua, suelo, pasto y leche ubicadas en los distritos (Pucayacu, Mariano Damaso Beraun, Hermilio Valdizán, Luyando, José Crespo y Castillo (1), Castillo Grande (2), Rupa Rupa (1), Santo Domingo de Anda (2), Pueblo Nuevo (1) y Daniel Alomias Robles (1) de la provincia de Leoncio Prado y región Huánuco.</p> <p>2) Muestras</p> <p>Leche: fue de 500 mL recolectada de cada ganadería de los 7 distritos de la Provincia de Leoncio Prado.</p> <p>Agua: Las muestras fueron tomadas directamente de las fuentes subterráneas de donde se extrae para que beba el ganado lechero.</p> <p>Suelo: Las muestras se recolectaron en zonas donde se encuentran los ganados a 0 y 20 cm.</p> <p>Pasto: Las muestras fueron de 300 g aproximadamente y se colectó por triplicado en los mismos sitios de donde se extrajo el suelo.</p> <p>Método de muestreo</p> <p>Fue probabilístico en su forma de muestreo aleatorio simple, porque cualquier zona ganadera dentro de un distrito tuvo la probabilidad de ser parte de la muestra.</p>	<p>No experimental transversal por cuanto se hará un corte en el tiempo para la toma de las muestras y con enfoque cuantitativo por cuanto se evaluará cantidad de metales pesados en agua, suelo, pasto y su relación con leche fresca de vaca producida en la provincia de Leoncio Prado 2022.</p> <p>La estrategia fue de ubicar las ganaderías con la ayuda de un mapa o croquis de la Provincia de Leoncio Prado y considerarlo para la recolección de la muestra.</p>	<p>1) Técnicas bibliográficas</p> <p>Fichaje Permitió elaborar las referencias bibliográficas respecto a metales pesados en agua, suelo, pasto y su relación con leche fresca de vaca producida en la provincia de Leoncio Prado</p> <p>Análisis de contenidos. Permitió resumir, transcribir o comentar metales pesados en agua, suelo, pasto y su relación con leche fresca de vaca producida en la provincia de Leoncio Prado para elaborar las bases teóricas</p> <p>2) Técnicas de campo</p> <p>Observación</p> <p>3) Técnicas estadísticas Estadística descriptiva como media y DE (Desviación Estándar). Para conocer la diferencia de las concentraciones de los metales pesados en los diferentes tipos de muestra, se realizó mediante la prueba de ANOVA (Análisis de Varianza) de una vía, con prueba de comparación de promedio de Bonferroni. Así mismo, se empleó T-Student para conocer las diferencias según profundidades del suelo, con un nivel de confianza del 95%.</p>	<p>1) Instrumentos bibliográficos:</p> <p>Fichas de localización (Autor, año, título, subtítulo si lo hubiera, edición, lugar de ejecución, editorial, paginación)</p> <p>Fichas de contenido o de investigación Resumen Textuales o de transcripción Comentario</p> <p>2) Instrumentos de campo</p> <p>Libreta de campo Guías de laboratorio</p> <p>3) Instrumentos estadísticos</p> <p>SSPS versión 24 (Di Rienzo, Casanoves, Balzarini, Gonzalez, Tablada, Robledo, 2018).</p>

ANEXO 02



CONSENTIMIENTO INFORMADO



**ID: GANADERIA 1:
AUCAYACU-UNAS**

TÍTULO: METALES PESADOS EN AGUA, SUELO Y PASTO Y SU RELACION CON LA LECHE FRESCA EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, 2022

OBJETIVO: Proponer el acceso a la propiedad para realizar el muestreo correspondiente.

INVESTIGADOR: LUZ MILAGROS FOLLEGATTI ROMERO

Consentimiento / Participación voluntaria

Acepto participar en el estudio: He leído la información proporcionada y/o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar dudas sobre ello y se me ha respondido satisfactoriamente. Consiento voluntariamente participar en este estudio y entiendo que tengo el derecho de retirarme en cualquier momento de la intervención sin que me afecte de ninguna manera.

ANEXO 03

INSTRUMENTOS

FORMATO DE CHEQUEO DE PRODUCTORES DE LA

PROVINCIA DE LEONCIO PRADO

GANADERIA 1

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS: 7/7/22 10.00 a.m.

NOMBRE DEL CENTRO PRODUCTOR AUCAYACU - UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA (José Crespo y Castillo)

RESPONSABLE: MARCO ROJAS PAREDES

LOCALIZACION.....ZONA URBANA.....ZONA RURAL.....X

FERTILIZACION: ORGANICA.....BIOSOLIDOS.....MIXTA.....NO UTILIZA.....

PRODUCCION: EXTENSIVA.....SEMI EXTENSIVA X INTENSIVA.....

NUMERO DE ANIMALES...7...RAZA...GYR LECHERO.....

EDAD: DE 2 A 5 AÑOS.....X.....DE 5 A 7 AÑOS.....MAS DE 7

MUESTRA DE LECHE.....LAU.MUESTRA DE AGUA... AAU

MUESTRA DE SUELO.....SAUMUESTRA DE PASTO... PAU

OBSERVACIONES.....

GANADERIA 2

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS: 17/7/22 10.00 a.m.

NOMBRE DEL CENTRO PRODUCTOR CASTILLO GRANDE (1)

RESPONSABLE: MANUEL DELFIN DIAZ VILLEGAS

**LOCALIZACION ZONA URBANA.....ZONA
RURAL.....X**

**FERTILIZACION: ORGANICA...BIOSOLIDOS.....MIXTA.....NO
UTILIZA...X**

PRODUCCION: EXTENSIVA.....X.....SEMI EXTENSIVA.....INTENSIVA

**NUMERO DE ANIMALES...24...RAZA: HOLSTEIN, BROWN SWISS, GYR
LECHERO Y CRUCES**

EDAD: DE 2 A 5 AÑOS.....X...DE 5 A 7 AÑOS.....X.....MAS DE 7.....X

MUESTRA DE LECHE..... LCGD...MUESTRA DE AGUA... ACG D

MUESTRA DE SUELO... SCG...MUESTRA DE PASTO... PCGD

OBSERVACIONES.....

.....

.....

.....

GANADERIA 3

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS: 19/7/22 10 00 a.m.

NOMBRE DEL CENTRO PRODUCTOR CASTILLO GRANDE (2)

RESPONSABLE; (CARLOS MANRIQUE

LOCALIZACION.....ZONA URBANA.....ZONA RURAL...X.....

**FERTILIZACION: ORGANICA...X....BIOSOLIDOS.....MIXTA....NO
UTILIZA.**

PRODUCCION: EXTENSIVA.....SEMI EXTENSIVA...X...INTENSIVA.

**NUMERO DE ANIMALES.....15.....RAZA.....BROWN SWISS,
HOLSTEIN, GYR LECHERO Y CRUCES**

**EDAD: DE 2 A 5 AÑOS.....X.....DE 5 A 7 AÑOS.....X...MAS DE
7.....X...**

**MUESTRA DE LECHE..... LCGMMUESTRA DE AGUA..... ACGM
.....MUESTRA DE SUELO... SCGM ...MUESTRA DE PASTO..... PCGM**

OBSERVACIONES.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

GANADERIA 4

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS: 20/7/22 10 00 a.m.

NOMBRE DEL CENTRO PRODUCTOR RUPA RUPA (UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA)

RESPONSABLE: JORGE RIOS ALVARADO

LOCALIZACION..... ZONA URBANA.....ZONA RURAL.....X.

FERTILIZACION: ORGANICA.....BIOSOLIDOS.....MIXTA.... X...NO UTILIZA.

PRODUCCION: EXTENSIVA..... SEMI EXTENSIVA..... INTENSIVA X

NÚMERO DE ANIMALES...25... RAZA...BROWN SWISS, HOLSTEIN, GYR LECHERO, JERSEY E CRUCES

EDAD: DE 2 A 5 AÑOS...X...DE 5 A 7 AÑOS.....X.....MAS DE 7.....X.

**MUESTRA DE LECHE..... LTMUMUESTRA DE AGUA..... ATMU
.....MUESTRA DE SUELO..... STMUMUESTRA DE PASTO.....
PTMU**

OBSERVACIONES

.....
.....
.....

GANADERIA 5

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS: 16/7/22 9.00 a.m.

NOMBRE DEL CENTRO PRODUCTOR SANTO DOMINGO DE ANDA
(1) RESPONSABLE: LUDGARDO MONJARAS

LOCALIZACION.....ZONA URBANA.....ZONA RURAL...X.

FERTILIZACION: ORGANICA...X....BIOSOLIDOS...MIXTA...NO UTILIZA

PRODUCCION: EXTESIVA.....SEMI EXTENSIVA.....X.....INTENSIVA.

NUMERO DE ANIMALES.....10.....RAZA.....GYR LECHERO

EDAD: DE 2 A 5 AÑOS.....DE 5 A 7 AÑOS...X...MAS DE 7.....

MUESTRA DE LECHE..... LSD1.....MUESTRA DE AGUA
ASD1.....MUESTRA DE SUELO SSD1.....MUESTRA DE PASTO... PSD1

OBSERVACIONES.....

GANADERIA 6

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS: 16/7/22 9.00 a.m.

NOMBRE DEL CENTRO PRODUCTOR SANTO DOMINGO DE ANDA (2)

RESPONSABLE: JOSÉ MONJARAS

**LOCALIZACION..... ZONA URBANA.....ZONA RURAL.....
X.....**

**FERTILIZACION: ORGANICA...X.....BIOSOLIDOS...MIXTA.....NO
UTILIZA**

PRODUCCION: EXTESIVA. SEMI EXTENSIVA.....X.....INTENSIVA....

NUMERO DE ANIMALES.....20.....RAZA.....GYR LECHERO

EDAD: DE 2 A 5 AÑOS.....X.....DE 5 A 7 AÑOS...X....MAS DE 7...X

**MUESTRA DE LECHE...LSD2...MUESTRA DE AGUA ASD2.....MUESTRA
DE SUELO..... SSD2...MUESTRA DE PASTO SSD2...**

OBSERVACIONES.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

GANADERIA 7

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS: 14/7/22 a las 9.00a.m.

**NOMBRE DEL CENTRO PRODUCTOR TULUMAYO – UNIVERSIDAD
NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA (PUEBLO NUEVO)**

RESPONSABLE: ANAMELBA TERRONES.

LOCALIZACION..... ZONA URBANA.....ZONA RURAL..... X

FERTILIZACION: ORGANICA...BIOSOLIDOS...MIXTA.NO UTILIZA.....X

PRODUCCION: EXTENSIVA...SEMI EXTENSIVA...X...INTENSIVA

**NUMERO DE ANIMALES...20...RAZA.....BROWN SWISS, GYR LECHERO
Y CRUCES**

EDAD: DE 2 A 5 AÑOS...X...DE 5 A 7 AÑOS...X..MAS DE 7...X...

**MUESTRA DE LECHE.....LTU...MUESTRA DE
AGUA.....ATU.....MUESTRA DE SUELO...STU...MUESTRA DE
PASTO.....PTU**

OBSERVACIONES.....
.....
.....
.....
.....

GANADERIA 8

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRAS: 21/7/22 10 00 a.m.

NOMBRE DEL CENTRO PRODUCTOR **NARANJILLO (DANIEL ALOMIAS ROBLES)**

RESPONSABLE: ENRIQUE CAMASCA ESCALANTE

LOCALIZACION: ZONA URBANA.....ZONA RURAL...**X**.....

FERTILIZACION: ORGANICA...**X**.....BIOSOLIDOS...MIXTA.....NO UTILIZA

PRODUCCION: EXTENSIVA.....SEMI EXTENSIVA**X**.....INTENSIVA.

NUMERO DE ANIMALES.....10...RAZA.....BROWN SWISS, GYR LECHERO Y CRUCES

EDAD: DE 2 A 5 AÑOS...**X**.....DE 5 A 7 AÑOS.....**X**...MAS DE 7.....**X**.

MUESTRA DE LECHE..... LNA ...MUESTRA DE AGUA..... ANAMUESTRA DE SUELO...SNAMUESTRA DE PASTO..... PNA

OBSERVACIONES.....

ANEXO 04

PRUEBA DE PARAMETRICIDAD:

NORMALIDAD E HOMOCEDASTICIDAD DE LAS VARIABLES

CUANTITATIVAS

Prueba de Kolmogorov - Smirnov para una muestra

		Concentración de Pb	Concentración de Cd	Concentración de Hg
N		40	40	40
Parámetros normales ^{a,b}	Media	9,556270	,448900	,007603
	Desviación estándar	11,1117331	,8354731	,0145778
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,288	,345	,399
	Positivo	,288	,345	,399
	Negativo	-,195	-,296	-,301
Estadístico de prueba		,288	,345	,399
Sig. asintótica (bilateral)		,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

Prueba de homogeneidad de varianzas

Estadístico de Levene	g1	g2	Sig.
Concentración de Pb	20,266	36	,000
Concentración de Cd	12,174	36	,000
Concentración de Hg	12,864	36	,000

ANEXO 05

PRUEBA PARAMETRICA T-STUDENT

Prueba paramétrica de T de student para diferencia de medias de la concentración de metales pesados según profundidad del suelo: estadística descriptiva estadística inferencial

Estadísticas de grupo

	Profundidad de la tierra	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Concentración de Pb	10cm	8	23,239750	5,7986316	2,0501259
	20cm	8	21,174375	5,9985793	2,1208181
Concentración de Cd	10cm	8	1,394250	1,3707870	,4846464
	20cm	8	,621125	,6771433	,2394063
Concentración de Hg	10cm	8	,014125	,0216626	,0076589
	20cm	8	,008125	,0106695	,0037723

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bila)	Difer. medias	Difer. de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Concentración de Pb	Se asumen varianzas iguales	,001	,97	,700	14	,495	2,06	2,94	-4,26	8,39
	No se asumen varianzas iguales			,700	13,9	,495	2,06	2,94	-4,26	8,39
Concentración de Cd	Se asumen varianzas iguales	7,7	,01	1,43	14	,175	,77	,54	-,388	1,93
	No se asumen varianzas iguales			1,43	10,2	,182	,77	,54	-,427	1,97
Concentración de Hg	Se asumen varianzas iguales	4,5	,05	,70	14	,494	,006	,008	-,0121	,024
	No se asumen varianzas iguales			,70	10,2	,498	,006	,008	-,0129	,024

ANEXO 06

PRUEBA PARAMÉTRICA DE ANOVA

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA, ESTADÍSTICA INFERENCIAL
Y PRUEBA DE COMPARACIÓN DE PROMEDIOS POST HOC.

		N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Concentración de Pb	Leche	8	,048	,028	,0101	,024	,072	,00	,09
	Agua	8	,592	,415	,1470	,244	,940	,02	1,04
	Suelo	16	22,207	5,798	1,4495	19,117	25,296	16,43	33,01
	Pasto	8	2,726	1,193	,4220	1,728	3,724	1,24	5,07
	Total	40	9,556	11,111	1,7569	6,002	13,109	,00	33,01
Concentración de Cd	Leche	8	,0043	,0048	,0014	,000	,007	,00	,01
	Agua	8	,0603	,0574	,0202	,012	,108	,00	,18
	Suelo	16	1,0076	1,1181	,2795	,411	1,603	,04	3,69
	Pasto	8	,1643	,0440	,0155	,127	,201	,10	,23
	Total	40	,4489R	,8354	,1320	,181	,716	,00	3,69
Concentración de Hg	Leche	8	,0000	,0000	,0000	,000	,000	,00	,00
	Agua	8	,0157	,0185	,0065	,0002	,031	,00	,04
	Suelo	16	,0111	,0167	,0041	,002	,020	,00	,05
	Pasto	8	,0000	,0000	,0000	,000	,000	,0000	,00
	Total	40	,007603	,0145	,0023	,002	,012	,0000	,05

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Concentración de Pb	Entre grupos	4299,848	3	1433,283	100,092	,000
	Dentro de grupos	515,506	36	14,320		
	Total	4815,354	39			
Concentración de Cd	Entre grupos	8,432	3	2,811	5,385	,004
	Dentro de grupos	18,791	36	,522		
	Total	27,223	39			
Concentración de Hg	Entre grupos	,002	3	,001	2,996	,043
	Dentro de grupos	,007	36	,000		
	Total	,008	39			

CONCENTRACIÓN DE Pb

	Tipo de muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
Bonferroni ^{a,b}	Leche	8	,048525	
	Agua	8	,592575	
	Pasto	8	2,726125	
	Suelo	16		22,207063
	Sig.		,162	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,143.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

CONCENTRACIÓN DE Cd

	Tipo de muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
Bonferroni ^{a,b}	Leche	8	,004388	
	Agua	8	,060363	
	Pasto	8	,164375	
	Suelo	16		1,007688
	Sig.		,660	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,143.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

CONCENTRACIÓN DE Hg

	Tipo de muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
Bonferroni ^{a,b}	Leche	8	,000000	
	Pasto	8	,000000	
	Suelo	16		,011125
	Agua	8		,015763
	Sig.		,106	,470

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,143.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

ANEXO 07









NOTA BIOGRÁFICA

LUZ MILAGROS FOLLEGATTI ROMERO

Nació en la ciudad de Tingo María - Huánuco - Perú, el 07 de abril de 1974; hija de don Carlos Follegatti Rettis y doña Betty Romero Villavicencio; madre de 2 hijas Flavia Sofia Díaz Follegatti y Micaela Luana Díaz Follegatti de 18 y 14 años respectivamente. Realizó sus estudios primarios en el centro educativo Ricardo Palma, secundarios en el colegio Gómez Arias Dávila, el estudio universitario lo curso en la Universidad Nacional Agraria de la Selva en la facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias en Tingo María (1991 – 1995) obteniendo el grado de bachiller en Ciencias de Industrias Alimentarias, el 1997 se tituló como ingeniero en Ingeniería en Industrias Alimentarias en la misma casa superior de estudios, afiliándose al Colegio de Ingenieros del Perú. El año 2002 obtiene el grado académico de Magister en Tecnología de Alimentos en la Universidad Nacional La Molina en Lima. El año 2019 inició su doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco, obteniendo el grado académico de doctor el año 2023. Tiene 23 años como catedrática en la facultad de ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de la Selva de los cuales 12 años como profesora ordinaria asociada a dedicación exclusiva en el área de Ingeniería de Alimentos. Actualmente es investigadora de RENACYT con código P0042576, se desarrolla en áreas de ciencia e ingeniería de alimentos tiene realizados trabajos de investigación publicados en el 2019 en revistas indexadas como Journal of Chemical Thermodynamics – Q2 titulados: Excess volumes and partial molar volumes of binary liquid mixtures of furfural or 2-methylfuran with alcohols at 298.15 K y Liquid-liquid equilibrium for (water + 5-hydroxymethylfurfural + 1-pentanol/1-hexanol/1-heptanol) systems at 298.15 K. Además, ha trabajado en investigaciones relacionada con la conductividad eléctrica en leche, deshidratación osmótica en cocona, control calidad de la miel de abeja, detección de metales en miel de abeja cosechados en la provincia de Leoncio Prado y actualmente tiene como proyectos de investigación relacionados con cinética de corrosión en alimentos envasados en hojalata y desarrollo de nuevos productos.

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZÁN
 LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N° 099-2019-SUNEDU/CD



Huánuco – Perú

ESCUELA DE POSGRADO

Campus Universitario, Pabellón V "A" 2do. Piso – Cayhuayna
 Teléfono 514760 -Pág. Web. www.posgrado.unheval.edu.pe



ACTA DE DEFENSA DE TESIS DE DOCTOR

En la Plataforma Microsoft Teams de la Escuela de Posgrado; siendo las **13:00h**, del día **miércoles 23 DE AGOSTO DE 2023**; la aspirante al **Grado de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible**, **Doña Luz Milagros FOLLEGATTI ROMERO**, procedió al acto de Defensa de su Tesis titulado: **"METALES PESADOS EN AGUA, SUELO, PASTO Y SU RELACION CON LECHE FRESCA PRODUCIDA EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO 2022"** ante los miembros del Jurado de Tesis señores:

Dr. Amancio Ricardo ROJAS COTRINA	Presidente
Dr. Jose Francisco GOICOCHEA VARGAS	Secretario
Dr. Christian Michael ESCOBEDO BAILON	Vocal
Dr. Zosimo Pedro JACHA AYALA	Vocal
Dra. Maria Betzabe GUTIERREZ SOLORZANO	Vocal

Asesor (a) de tesis: Dr. Jose Kalion GUERRA LU (Resolución N° 0594-2021-UNHEVAL/EPG-D)

Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación de la aspirante a Doctor, teniendo presente los criterios siguientes:

- Presentación personal.
- Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y solución a un problema social y recomendaciones.
- Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente.
- Dicción y dominio de escenario.

Así mismo, el Jurado planteó a la tesis **las observaciones** siguientes:

.....

Obteniendo en consecuencia la Doctorando la Nota de..... **Dieciséis (16)**
 Equivalente a **Bueno**....., por lo que se declara **Aprobado**
 (Aprobado o desaprobado)

Los miembros del Jurado firman la presente **ACTA** en señal de conformidad, en Huánuco, siendo las..... horas del 23 de agosto de 2023.

.....
PRESIDENTE
 DNI N° **07025628**

.....
SECRETARIO
 DNI N° **07607270**

.....
VOCAL
 DNI N° **22527375**

.....
VOCAL
 DNI N° **22107184**

.....
VOCAL
 DNI N° **20462243**

Leyenda:
 19 a 20: Excelente
 17 a 18: Muy Bueno
 14 a 16: Bueno

(Resolución N° 02841-2023-UNHEVAL/EPG-D)



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN



ESCUELA DE POSGRADO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe:

Dr. Amancio Ricardo Rojas Cotrina

HACE CONSTAR:

Que, la tesis titulada: “METALES PESADOS EN AGUA, SUELO, PASTO Y SU RELACION CON LECHE FRESCA PRODUCIDA EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO 2022”, realizado por la Doctorando en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Luz Milagros FOLLEGATTI ROMERO cuenta con un índice de similitud del 19%, verificable en el Reporte de Originalidad del software Turnitin. Luego del análisis se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio; por lo expuesto, la Tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias, además de no superar el 20,0% establecido en el Art. 233° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado Modificado de la UNHEVAL (Resolución Consejo Universitario N° 0720-2021-UNHEVAL, del 29.NOV.2021).

Cayhuayna, 03 de agosto de 2023.



Dr. Amancio Ricardo Rojas Cotrina
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO

NOMBRE DEL TRABAJO

**METALES PESADOS EN AGUA, SUELO, P
ASTO Y SU RELACION CON LECHE FRES
CA PRODUCIDA EN LA PROVINCIA DE LE
ONCIO PRADO 2022**

AUTOR

LUZ MILAGROS FOLLEGATTI ROMERO

RECUESTO DE PALABRAS

19844 Words

RECUESTO DE CARACTERES

104352 Characters

RECUESTO DE PÁGINAS

79 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

363.1KB

FECHA DE ENTREGA

Aug 3, 2023 3:56 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 3, 2023 3:57 PM GMT-5

● **19% de similitud general**

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

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 6% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado		Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría		Doctorado	x
-----------------	--	-----------------------------	--	------------------	-----------------	--	------------------	----------

Pregrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

/	
Escuela Profesional	
Carrera Profesional	
Grado que otorga	
Título que otorga	

Segunda especialidad (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Facultad	
Nombre del programa	
Título que Otorga	

Posgrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Nombre del Programa de estudio	MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
Grado que otorga	DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Apellidos y Nombres:	FOLLEGATTI ROMERO LUZ MILAGROS							
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:	962954350
Nro. de Documento:	23009572				Correo Electrónico:	luz.follegatti@unas.edu.pe		

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI	<input type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:					Correo Electrónico:			

Apellidos y Nombres:								
Tipo de Documento:	DNI	<input type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:	
Nro. de Documento:					Correo Electrónico:			

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos según DNI**, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO			
Apellidos y Nombres:	GUERRA LU JOSE KALION			ORCID ID:	0000-0002-6441120X	
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	Nro. de documento:	23008463

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los **Apellidos y Nombres completos según DNI**, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	ROJAS COTRINA AMANCIO RICARDO
Secretario:	GOICOCHEA VARGAS JOSE FRANCISCO
Vocal:	ESCOBEDO BAILON CHRISTIAN MICHAEL
Vocal:	JACHA AYALA ZOSIMO PEDRO
Vocal:	GUTIERREZ SOLORZANO MARIA BETZABE

5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
METALES PESADOS EN AGUA, SUELO Y PASTO Y SU RELACION CON LECHE FRESCA EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO 2022
El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
DOCTOR EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.



6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)				2023		
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Tesis Formato Artículo	<input type="checkbox"/>	Tesis Formato Patente de Invención	<input type="checkbox"/>
	Trabajo de Investigación	<input type="checkbox"/>	Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/>	Tesis Formato Libro, revisado por Pares Externos	<input type="checkbox"/>
	Trabajo Académico	<input type="checkbox"/>	Otros (especifique modalidad)	<input type="checkbox"/>		
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	METALES PESADOS		LECHE FRESCA		GANADERIA	
Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	<input checked="" type="checkbox"/>	Condición Cerrada (*)	<input type="checkbox"/>		
	Con Periodo de Embargo (*)	<input type="checkbox"/>	Fecha de Fin de Embargo:			
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):				<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	<input checked="" type="checkbox"/> X
Información de la Agencia Patrocinadora:						

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.

7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

		
Firma:		
Apellidos y Nombres:	FOLLEGATTI ROMERO LUZ MILAGROS	Huella Digital
DNI:	23009572	
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Fecha:	25/10/2023	

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.