



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y**  
**ZOOTECNIA**



**NIVELES DE MERCURIO EN LECHE DE VACAS Y FACTORES**  
**DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL**  
**DISTRITO DE AZÁNGARO - PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**JIMENA MACHACA ZAVALA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**NIVELES DE MERCURIO EN LECHE DE VACAS Y FACTORES DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL DISTRITO**

AUTOR

**JIMENA MACHACA ZAVALA**

RECuento DE PALABRAS

**15140 Words**

RECuento DE CARACTERES

**82433 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**81 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.1MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jan 15, 2024 5:30 PM EST**

FECHA DEL INFORME

**Jan 15, 2024 5:31 PM EST**

### ● 15% de similitud general

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

- 15% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)

MVZ Mg. Dr. Alberto Ccama Sulca  
Docente Principal FMVZ - UNA PUNO  
CMVP: 2187

Dr. Pedro Ubaldo Coria Añasco  
CMVP: 2842



## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a mis queridos padres, Javier Machaca Yana y Dominga Zavala Mamani. Mi agradecimiento infinito para ellos por el apoyo incondicional el esfuerzo y metas alcanzadas, por los consejos y el amor que invirtieron en mí ser. Gracias a mis padres soy quien soy.*

*A mi hermano Edwin Machaca Zavala † que desde el cielo me ilumina para seguir adelante en mis proyectos. También dedico a mis hermanos Jhon, Melania y Richar por su comprensión y apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.*

*A mi pareja Moisés, por haberme acompañado en este largo camino y por alentarme a seguir adelante en los momentos más difíciles a través de su paciencia, de su amor y los consejos la cual me ayudó a concluir esta meta.*

*A mi hijo Mesut Bastián, quien fue mi mayor inspiración, durante este proceso.*

*A mi asesor de tesis, docentes y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento. A todos ellos les agradezco desde el fondo de mi alma.*

**Jimena Machaca Zavala**



## AGRADECIMIENTOS

El principal agradecimiento es a Dios por acompañarme y ser mi guía en el transcurso de mi vida, brindándome sabiduría y paciencia para culminar mis metas propuestas con éxito.

A mi Alma Mater Universidad Nacional del Altiplano por mi formación académico-profesional. A todos mis maestros que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo me motivaron.

Agradezco a mi director de tesis Dr. Alberto Ccama Sulca quien con su experiencia, conocimiento y motivación me ha dirigido el estudio.

Agradezco a mi asesor de tesis Dr. Julio Málaga Apaza † quien con su experiencia en la generación de conocimientos me dio orientación para la presente investigación.

A los miembros del jurado: Dr Sc. Máximo Melo Ancasi, MSc. Celso Zapata Coacalla, MSc. Renán Dilton Hañari Quispe, quienes en forma desprendida y con sus excelentes conocimientos en la investigación aportaron a través de sus observaciones respecto a las correcciones, sugerencias y contribuciones en la redacción del trabajo de investigación.

**Jimena Machaca Zavala**



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>13</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>17</b>
1.1.1. Objetivo general.....	17
1.1.2. Objetivos específicos.....	17
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>2.1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
2.1.1. Definiciones .....	18
2.1.2. Mercurio .....	19
2.1.3. Absorción de mercurio inorgánico.....	19
2.1.4. Mecanismo de acción.....	20
2.1.5. Toxicidad.....	21
2.1.6. Toxicodinámica del mercurio.....	22



2.1.7.	Fuentes de emisión y aplicaciones de los metales.....	15
<b>2.2.</b>	<b>LA LECHE .....</b>	<b>24</b>
2.2.1.	Propiedades fisicoquímicas de la leche.....	24
2.2.2.	Composición química de la leche.....	25
<b>2.3.</b>	<b>FACTORES DE CONTAMINACIÓN DE LA LECHE DE VACA CON MERCURIO .....</b>	<b>27</b>
2.3.1.	Factores de contaminación de la leche.....	27
2.3.2.	Metales valorados en carne y leche como indicadores de contaminación .....	27
<b>2.4.</b>	<b>ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA POR LA TÉCNICA DE HORNO DE GRAFITO .....</b>	<b>29</b>
2.4.1.	Equipos.....	30
<b>2.5.</b>	<b>ACCIÓN DE LOS MICROORGANISMOS SOBRE LOS METALES PESADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>2.6.</b>	<b>ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>31</b>
2.6.1.	Antecedentes internacionales .....	31
2.6.2.	Antecedentes nacionales .....	33
<b>2.7.</b>	<b>NIVEL DE CONOCIMIENTO .....</b>	<b>38</b>
2.7.1.	Definiciones .....	38
2.7.2.	Características del conocimiento.....	39
<b>2.8.</b>	<b>LA ENCUESTA .....</b>	<b>40</b>

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1.</b>	<b>LUGAR DE ESTUDIO.....</b>	<b>45</b>
<b>3.2.</b>	<b>MATERIAL DE ESTUDIO .....</b>	<b>45</b>



<b>3.3. MATERIALES</b> .....	46
<b>3.4. METODOLOGÍA</b> .....	47
3.4.1. Niveles de mercurio en leche de vacas del distrito de Azángaro- Puno.....	47
3.4.2. Nivel de conocimiento de los factores de riesgo de contaminación de leche de vacas con mercurio.....	48
<b>3.5. MÉTODO ESTADÍSTICO</b> .....	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. NIVELES DE MERCURIO EN LECHE DE VACAS DEL DISTRITO DE AZÁNGARO – PUNO</b> .....	<b>50</b>
<b>4.2. NIVEL DE CONOCIMIENTO SOBRE FACTORES DE RIESGO EN LA CONTAMINACIÓN CON MERCURIO</b> .....	<b>54</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>61</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>62</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>63</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>71</b>

**Área : Salud Pública.**

**Tema : Contaminación de leche de vaca con mercurio.**

**Fecha de sustentación:** 17 de enero de 2024



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Distribución de vacas para la investigación.....	46
<b>Tabla 2</b> Concentración de mercurio en la leche de vacas del distrito de Azángaro – Puno .....	50
<b>Tabla 3</b> Frecuencia de respuestas de los criadores sobre conocimientos en la contaminación del río de la cuenca Ramís.....	54



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Concentración de Hg en la leche de vacas según número de parto .....	71
<b>Figura 2</b> Tecnopor para el envío de las muestras de leche .....	71
<b>Figura 3</b> Toma de muestra de la leche de vaca.....	72
<b>Figura 4</b> Muestras de leche embotelladas.....	72
<b>Figura 5</b> Muestras de leche rotuladas para él envío al laboratorio .....	73
<b>Figura 6</b> Embalaje de muestras de leche para envío al laboratorio .....	73



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1.</b> Panel fotográfico.....	71
<b>ANEXO 2.</b> Análisis de variancia.....	74
<b>ANEXO 3.</b> Prueba de T para muestras Independientes.....	75
<b>ANEXO 4.</b> Datos del laboratorio de Lima .....	76
<b>ANEXO 5.</b> Nivel de conocimiento de los productores de vacunos sobre contaminación de leche de vacas con mercurio en el distrito de Azángaro-Puno .....	79
<b>ANEXO 6.</b> Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	80
<b>ANEXO 7.</b> Autorización para el depósito de tesis en Repositorio Institucional.....	81



## ACRÓNIMOS

OMS:	Organización Mundial de la Salud
SENASA:	Servicio Nacional de Sanidad Agraria
FAO:	Organización para la Alimentación y la Agricultura, por sus siglas en inglés (Food and Agriculture Organization).
NRC:	Consejo Nacional de Investigación (por sus siglas en inglés)
EPA:	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
mg/kg:	Miligramo por kilogramo
µg/kg:	Microgramos por kilogramo
µg/L:	Microgramo por litro
Hg:	Mercúrio
NOM:	Norma Oficial Mexicana
EPA:	Agencia de Protección Ambiental
UI:	Unidad Internacional
UE:	Unión Europea.
Ppm:	Partes por millón
Ppb:	Partes por billón
Abs:	Absorbancia
ECC:	Comisión de las Comunidades Europeas.
EAA:	Espectrofotometría de Absorción Atómica
SNC:	Sistema Nervioso Central
IUPAC:	Unión Internacional de Química Pura y Aplicada
IARC:	International Agency for Research on Cancer
n:	Tamaño de muestra
D.S.:	Desviación Estándar



**mL:**                      **Militros**

**BAM:**                    **Manual de Análisis Bacteriológico**



## RESUMEN

Con el objetivo de determinar los niveles de mercurio en leche de vacas e identificar los factores de riesgo de contaminación ambiental por criadores del distrito de Azángaro – Puno, se tomaron 35 muestras de leche de vacas de primer, segundo, tercero, cuarto y quinto a más partos, las muestras se enviaron al laboratorio de la Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, para ser analizadas mediante técnica de espectrofotometría de absorción atómica en horno de grafito. Para identificar factores de riesgo se elaboró una encuesta aplicada a 24 criadores de ganado vacuno del distrito de Azángaro-Puno. La concentración promedio de mercurio fue de 0.0041 mg/litro de leche; Las vacas de segundo, tercero, cuarto, quinto y primer parto mostraron  $0.0051 \pm 0.0021$  mg/kg,  $0.0047 \pm 0.0027$  mg/kg,  $0.0040 \pm 0.0026$  mg/kg,  $0.0034 \pm 0.0018$  mg/kg, y  $0.0032 \pm 0.0024$  mg de Hg/kg de leche de vacas, respectivamente ( $p > 0.05$ ); estos valores no sobrepasan los límites máximos permisibles según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE 0009:2008, que establece 0.005 mg/kg, a excepción de los del segundo parto. Los factores de riesgo de contaminación con mercurio se identificaron mediante una encuesta, resultando que el 45.56 % si conoce, y el 56.44 % de criadores no conoce o conoce poco; concluyendo que la leche de vacas del distrito de Azángaro, presentan cantidades de mercurio por debajo de los niveles máximos permitidos según la norma técnica vigente y más del 50% de los criadores de vacuno no conocen o conocen poco acerca de los factores de riesgo de contaminación con mercurio.

**Palabras clave:** Leche, mercurio, parto, vacas.



## ABSTRACT

With the objective of determining the levels of mercury in cows' milk and identifying the risk factors of environmental contamination by breeders in the district of Azángaro - Puno, 35 samples of milk were taken from cows from the first, second, third, fourth and fifth to more deliveries, the samples were sent to the laboratory of the Chemical Analysis Services Unit of the Universidad Nacional Mayor de San Marcos, to be analyzed using atomic absorption spectrophotometry technique in a graphite furnace. To identify risk factors, a survey was carried out among 24 cattle breeders in the Azángaro-Puno district. The average mercury concentration was 0.0041 mg/liter of milk; Second, third, fourth, fifth, and first calving cows showed  $0.0051 \pm 0.0021$  mg/kg,  $0.0047 \pm 0.0027$  mg/kg,  $0.0040 \pm 0.0026$  mg/kg,  $0.0034 \pm 0.0018$  mg/kg, and  $0.0032 \pm 0.0024$  mg of Hg/kg. kg of cows' milk, respectively ( $p>0.05$ ); These values do not exceed the maximum permissible limits according to the Ecuadorian Technical Standard NTE 0009:2008, which establishes 0.005 mg/kg, except for those of the second birth. The risk factors for contamination with mercury were identified through a survey, resulting in 45.56% knowing, and 56.44% of breeders not knowing or knowing little; concluding that the milk of cows from the Azángaro district has amounts of mercury below the maximum levels allowed according to the current technical standard and more than 50% of beef breeders do not know or know little about the risk factors for contamination. with mercury.

**Keywords:** Milk, mercury, childbirth, cows.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental por metales pesados, producida por la industria y el crecimiento urbano afecta el aire, agua, y suelos, lo que trae consecuencias graves en la salud pública y en la seguridad alimentaria; pudiéndose acumular a largo plazo en niveles tóxicos en el suelo, donde permanece por periodos prolongados, debido a que no son degradados y/o pueden biotransformarse en la cadena alimentaria (Aquino, 2003). Esta acumulación puede provocar diversos trastornos de salud en la población humana, ya que, el plomo, arsénico y mercurio pueden ocasionar alteraciones a nivel del Sistema Nervioso Central, alteraciones dérmicas, cardiovasculares, respiratorios, gastrointestinales y renales, así como alteraciones citogenéticas e inmunológicas y en el sistema reproductor, mientras que el mercurio preocupa especialmente por su neurotoxicidad (OMS, 2005).

La presentación de niveles altos de metales pesados en animales, puede llevar a múltiples problemas clínicos, como: pérdida del apetito, anemia, disminución de la respuesta del sistema inmune, crecimiento lento, enfermedades carcinógenas, mutagénicas, teratogénicas, abortos, reducción en la productividad y reproducción. A nivel científico, fue demostrado que metales como el Hg (mercurio), As (arsénico), Cd (cadmio) y Pb (plomo), son tóxicos, inclusive a bajas concentraciones, y por ende ejercen efectos nocivos, lo cual se refleja en problemas de salud pública (Flores, 2013).

Los metales pesados son de gran interés para los científicos debido a la presencia de estos en el ambiente, en los alimentos, que provienen de diversas fuentes, las más importantes son: el suelo contaminado en el que se producen los alimentos para el hombre y los animales; los lodos residuales, así como la contaminación a los alimentos y el agua que ingieren los bovinos afectan la calidad de la leche (Fuentes *et al.*, 2003). El estudio



de metales pesados en la población humana es de gran interés, debido a que la presencia de estos en el ambiente como en los alimentos, poseen efectos negativos en la salud, de los animales y en las plantas; ciertos metales pesados han sido encontrados en los alimentos, los cuales provienen de diversas fuentes como: suelo, fertilizantes químicos y plaguicidas; la existencia de estos metales en alimentos, es de gran importancia, debido a los daños que pueden ocasionar en la salud, ya que regularmente causan enfermedades asintomáticas (Calderón y Maldonado, 2008).

La producción de vacunos es una actividad muy importante, porque la producción de leche mejora los ingresos económicos para los productores dedicados a la crianza de esta especie, quienes se encuentran abocados en mejorar la producción de leche para comercializar a las plantas queseras. Por las consideraciones expuestas y la no existencia de investigaciones en relación a la concentración de metales pesados en leche de vacas en el distrito de Azángaro, se ha planteado realizar la presente investigación con el objetivo de determinar los niveles de mercurio en leche de vacas en del distrito de Azángaro - Puno, cuyos resultados servirán para sensibilizar a los productores de dicha zona, así mismo vigilar e implementar acciones correctivas respecto a la contaminación con lo cual se contribuya a una mejor calidad de vida.



## **1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1. Objetivo general**

Determinar los niveles de mercurio en leche de vacas y factores de riesgo de contaminación en el distrito de Azángaro - Puno.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Determinar la concentración de mercurio en leche de vacas en producción del primer, segundo, tercero, cuarto y quinto a más partos.
- Identificar factores de riesgo de la contaminación de leche de vacas con mercurio en los criadores de vacunos del distrito de Azángaro - Puno.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. Definiciones

En cuanto a los metales pesados se postula que son elementos químicos metálicos, que posee una alta densidad y son toxicas cuando se encuentran a concentraciones altas, al superar los límites máximos permisibles, son considerados como problemas de salud pública. En las últimas décadas el incremento de la minería, afecta la actividad agropecuaria produciendo contaminación con metales pesados que ingresan a la cadena trófica; por lo cual, la población está expuesta a estos metales pesados, que causan efectos perjudiciales para la salud del ser humano. La presencia de metales pesados en los lácteos, constituye un tema de actualidad, debido a la contaminación de la cadena trófica y a los daños que ocasionan en la salud humana; la exposición crónica a estos metales en alimentos, por lo regular causan enfermedades en forma asintomática (Ayala y Romero, 2013).

Estos componentes orgánicos son sumamente tóxicos, con densidades bajas, gravedad especifica mayor a  $5 \text{ g/cm}^3$  y con arsénico, peso Atómico en promedio de 63.5 y 200.6  $\text{g/mol}^{-1}$  considerando al mercurio, plomo, cadmio, cromo, como una toxicidad superior. Sin embargo, existen otros que aun que tienen funciones metabólicas, que al ser ingeridos en cantidades mayores que las permitidas, se vuelven tóxicos, tal es el caso del Zn, Co, Ni, Cu y Se (Kabata-Pendias, 2000).



### 2.1.2. Mercurio

El mercurio es uno de los metales pesados que se conoce y utiliza desde la antigüedad; la muestra de mercurio líquido más antigua del que se tiene noticias se encontró en una tumba egipcia en Kurna y data de 1 600 a.C. En China e India también se conocía el mercurio en la misma época (Moreno, 2003).

Las formas químicas del mercurio tienen tres estados de oxidación: mercurios elementales, compuestos de mercúricos y compuestos de mercurio. Por otro lado, estos estados de oxidación se ubican a menudo en el agua de los ríos. Además de estas formas inorgánicas, este metal también se halla en los compuestos orgánicos, de los cuales denota el metilmercurio en el medio ambiente por sus efectos tóxicos, que pueden provocar cambios elementales. El mercurio es el único metal líquido al que se le conoce múltiples efectos tóxicos, afectando el desarrollo normal del cerebro de los lactantes e incluso en altas concentraciones puede causar modificaciones neurológicas en los adultos (Méndez, 2002).

Los estudios realizados en especies vegetales muestran que apenas se produce translocación del mercurio a la parte aérea de la planta, incluso en plantas a las que se les había aplicado fangos con alto contenido de mercurio durante largos periodos de tiempo (20 a 24 años) queda entre el 80 al 100% del mercurio aplicado con el fango (ATSDR, 1999).

### 2.1.3. Absorción de mercurio inorgánico

- **Inhalación:** El mercurio elemental puede volatilizarse formando vapor de mercurio. El vapor de mercurio es soluble en grasa y puede absorberse por inhalación.



- **Ingestión:** El mercurio elemental y las sales de mercurio inorgánico se absorben muy lentamente en el tracto gastrointestinal. Los compuestos orgánicos etilmercurio y metilmercurio se absorben en gran medida por la mucosa gastrointestinal.
- **Distribución:** Las sales de mercurio inorgánicas son transportadas por los glóbulos rojos y el plasma, se almacenan en la corteza renal los cuales se encuentran en los lisosomas, y los compuestos de alquil-mercúricos se acumulan en el sistema nervioso central. Todas las presentaciones de mercurio cruzan la barrera placentaria y se acumulan en el feto.
- **Metabolismo:** El mercurio elemental en los tejidos se oxida a mercurio divalente con la ayuda de la catalasa.
- **Excreción:** El mercurio inorgánico se excreta principalmente por la orina y el mercurio orgánico se elimina principalmente por la bilis y las heces.

#### 2.1.4. Mecanismo de acción

- Las sales inorgánicas de mercurio provocan necrosis de los túbulos renales y necrosis tisular directa.
- Los iones de mercurio forman enlaces covalentes con el azufre e inhiben las sulfhidrilasas que se encuentran en las mitocondrias y los lisosomas.
- Las sales de mercurio forman tiolatos al combinarse con grupos sulfhidrilo de proteínas.
- Los compuestos orgánicos de alquil-mercúricos interfieren con la actividad metabólica y afectan la síntesis de proteínas, provocando degeneración y necrosis.
- El órgano acumulativo más importante es el cerebro.



### 2.1.5. Toxicidad

El mercurio ingresa al cuerpo a través de las siguientes vías: inhalación, boca y piel. La vía oral es la vía principal de administración esto debido a que el 90% y el 95% se absorben en el tracto gastrointestinal. La toxicidad del mercurio está directamente relacionada con su enlace covalente con los grupos sulfhidrilo (SH), y también tiene afinidad por los grupos carboxilo, amidas y aminos, lo que resulta en toxicidad a nivel de la membrana citoplasmática, esta posee grupos sulfhidrilos que son esenciales para las propiedades normales de permeabilidad y transporte inhibe enzimas esenciales como las catalasas plasmáticas, asimismo afecta la homeostasis del ión calcio, incluso en exposiciones a corto plazo (menores a 24 horas) produciendo muerte neuronal (Moreno, 2003).

Debido a la alta toxicidad de los metales pesados, los efectos sobre la salud de la exposición prolongada o la bioacumulación son motivo de preocupación, dependiendo del tipo de metal o metaloide, se producen afecciones que van desde daños en órganos vitales hasta desarrollos cancerígenos (Combariza, 2009; Nava y Méndez, 2011). La detección de metales tóxicos en los alimentos es cada vez más importante a causa de la toxicidad y capacidad de bioacumulación en el cuerpo. La presencia en productos los animales es un previo paso al consumo y acumulación y la etapa final en la cadena alimentaria.

La toxicidad difiere entre las diferentes especies y las diferentes formas del mercurio. La forma crónica del metilmercurio oscila de 0.2mg/kg p.v. a 5 mg/kg p.v. las sales de mercurio inorgánico se acumulan en los riñones y concentran una mayor cantidad mercurio volátil. Los mercuriales orgánicos tienen tendencia al acumularse en el cerebro. Los animales marinos y otros organismos



acuáticos pueden acumular altas concentraciones de mercurio. Esto puede ocurrir por la formación primaria de complejos disolubles de mercurio y selenio intracelulares (Gonzales, 2009).

### **2.1.6. Toxicodinámica del mercurio**

La toxicidad y efectos del mercurio (mercurio orgánico e inorgánico) se debe a que se juntan a los componentes orgánicos ricos en sulfhidrilo de las células y afecta en consecuencia, varios sistemas metabólicos y células enzimáticas y sus membranas citoplasmas. El mercurio tiene un efecto tóxico sobre los sistemas enzimáticos ocurre porque precipita proteínas sintetizadas por las células (principalmente neuronas) e inhibe varios grupos de enzimas esenciales. En estado iónico, se une a grupos celulares ricos en sulfhidrilo y modifica algunos sistemas metabólicos y enzimáticos de las células y sus membranas plasmáticas, e inhibe la síntesis de proteínas en las mitocondrias y afecta su función energética. Existe en los riñones reducen la actividad de la fosfatasa alcalina en los túbulos renales proximalmente y altera el transporte de potasio y la ATPasa en las membranas. En los sistemas enzimáticos, inhibe las enzimas esenciales. Sin embargo, el mercurio puede causar daño celular cuando se acumula en una concentración suficiente en cualquier tejido. En varios órganos, incluidos los riñones, el mercurio induce la producción de metalotioneína, un receptor proteico de bajo peso molecular, y se une a él y satura sus receptores. Si la metalotioneína se convierte debido a la presencia de grandes cantidades de sustancias tóxicas, puede provocar cambios orgánicos en el mismo lugar donde se produce. En varios organismos, como el riñón, y al igual que el cobre zinc y cadmio, el mercurio forma al metilmercurio que provoca una disminución de los anticuerpos humorales. Se ha observado que la respuesta inmune puede estimularse inicialmente después de una



exposición breve. También puede unirse al ADN y desnaturalizarse o unirse de manera reversible a la adenina y la timina, lo que puede explicar las aberraciones cromosómicas y anomalías congénitas observadas en la intoxicación alimentaria por metilmercurio. (Valdivia, 2005).

### **2.1.7. Fuentes de emisión y aplicaciones de los metales**

La mayoría de los metales pesados suelen ser componentes naturales de la corteza terrestre y son producidos por el hombre, estas sustancias existen en mayor cantidad que en la naturaleza, ya que hoy en día muchos procesos creados por el hombre serían impensables sin la presencia de metales. La incineración de residuos produce grandes cantidades de metales tóxicos, provocando graves problemas ambientales para el aire, el suelo y el agua. No pueden ser degradados o destruidos fácilmente de forma natural o biológica ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos (Abollino *et al.*, 2002).

El desarrollo industrial propiciado por la industria metalúrgica de fundición minera y las actividades antropogénicas (humanas) son las principales emisoras al ambiente de gases y cenizas con abundantes cantidades de metales pesados, que han ocasionado un paulatino aumento puntual de dichas concentraciones en los diferentes componentes del suelo (Singh *et al.*, 2010). La contaminación por metales pesados se puede producir de forma natural en fenómenos como: actividad volcánica, procesos de erosión, escapes espontáneos de depósitos profundos y superficiales (Burger y Pose, 2010).

Estos metales están relacionados con la contaminación industrial, minera, agrícola y ganadera. Por lo tanto, en áreas de producción intensiva de metales como mercurio, plomo, cadmio, cerca de centrales térmicas de carbón, sitios de



minería intensiva, cerca de autopistas y caminos. Ciudades con alto flujo vehicular y alta concentración de automóviles y diversas instalaciones industriales. También la utilización indiscriminada de fertilizantes usados en la agricultura o el uso de purines como fertilizantes proveen de algunos metales que se incorporan a los vegetales entrando con ello en la cadena trófica (Gonzáles, 2009).

## **2.2. LA LECHE**

Desde el punto de vista biológico, la leche es una secreción de las hembras de los mamíferos que se encarga de cubrir las necesidades nutricionales de los recién nacidos en el primer mes de vida. La leche cruda de vaca se considera como el producto íntegro, no alterado ni adulterado de la secreción de las glándulas mamarias de las hembras del ganado bovino obtenida por el ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de vacas sanas y libre de calostro; que no ha sufrido ningún tratamiento a excepción del filtrado y/o enfriamiento, y está exento de color, olor, sabor y consistencia anormales (NSO, 2008).

### **2.2.1. Propiedades fisicoquímicas de la leche**

La razón por la que la leche aparece blanca y opaca se debe a la refracción y dispersión de la luz por partículas, glóbulos de grasa y micelas de caseína en la suspensión coloidal. En el estado natural, sin calentar, posee un sabor dulce debido a su alto contenido en lactosa. Desde el punto de vista fisicoquímico, la leche se caracteriza por ser una mezcla muy compleja de diferentes sustancias: caseínas, albúminas, lactosa, grasa, sales, vitaminas y otros (Baró *et al.*, 2010). El pH de la leche es ligeramente ácido, alrededor de 6.4 a 6.7; con punto de congelación entre  $-0.530\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-0.550\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; densidad relativa de 1.028 g/L a 1.033 g/L a  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  (NSO, 2008).



### 2.2.2. Composición química de la leche

El contenido de varios componentes puede variar significativamente entre diferentes razas de ganado lechero e incluso entre diferentes individuos de la misma raza, siendo el agua cuantitativamente el componente más importante. En la leche encontramos cuatro tipos de componentes importantes: a) lípidos (triglicéridos), b) proteínas (caseínas, albúminas y globulinas), c) glúcidos (lactosa), d) sales, y otros componentes en cantidades mínimas: lecitinas, vitaminas, enzimas, nucleótidos, gases disueltos, etc. (Baró *et al.*, 2010).

#### A) Proteínas

La caseína, que constituye el 80% de la proteína total de la leche, se descompone en formas poliméricas que constan de cientos o miles de moléculas individuales. Estos complejos moleculares se denominan micelas de caseína. La proteína de suero representa el 20% de la proteína total y tiene una fuerte afinidad por el agua y es soluble en agua. Suele definirse como la proteína que permanece en solución cuando el pH de la leche llega 4,6 (punto isoeléctrico de caseína). Entre las proteínas del suero se distinguen:  $\alpha$ -lactoalbúmina,  $\beta$ -lactoglobulina, albúmina sérica, proteasas, peptonas, inmunoglobulinas y otras proteínas (Baró *et al.*, 2010).

#### B) Hidratos de carbono

Los carbohidratos de la leche se componen principalmente de lactosa con pocas cantidades de azúcares (galactosa y glucosa) y los carbohidratos glicolípidos, oligosacáridos y glicoproteínas. La lactosa es un carbohidrato que se encuentra únicamente en la leche y es el componente principal de los sólidos lácteos. En la vaca, la cantidad de lactosa aumenta a lo largo del ciclo de lactación,



siendo su valor medio de 28-30 g/L en el calostro y de 45-50 g/L en la leche madura (Baró *et al.*, 2010).

### **C) Materia grasa**

La materia grasa de la leche está constituida por lípidos y por una fracción insaponificable; los lípidos constituyen el 99% en donde el 98% está compuesto por triglicéridos y otros lípidos simples, como monoglicéridos y diglicéridos, y ésteres del colesterol; la fracción insaponificable es del 1%, agrupa aquellas sustancias que no reaccionan con el NaOH o el KOH para dar jabones, entre ellas están el colesterol, las vitaminas liposolubles (principalmente A y D) y pigmentos como carotenoides y xantofilas (Baró *et al.*, 2010).

### **D) Minerales**

La leche contiene sales disueltas y sales en estado coloidal que forman compuestos con la caseína. La mayoría son sales inorgánicas como los fosfatos, pero también existen sales orgánicas como los citratos. Estas sales están compuestas de cationes metálicos y aniones orgánicos e inorgánicos. Los minerales de la leche se distinguen entre: macroelementos que son las sales mayoritarias de la leche constituidas por cloruros, fosfatos y citratos de potasio, calcio, sodio y magnesio; y los oligoelementos, la presencia de determinados oligoelementos dependerá de la alimentación y no del medio ambiente (Baró *et al.*, 2010).



## **2.3. FACTORES DE CONTAMINACIÓN DE LA LECHE DE VACA CON MERCURIO**

### **2.3.1. Factores de contaminación de la leche**

Si consideramos que la producción de leche se establece en un sistema, debemos de entender que hay una relación entre cada uno de los componentes del sistema, en el caso de la leche que es el producto final y que la debemos de producir de manera inocua, es importante que sea libre de agentes patógenos, saludable desde el punto de vista nutricional, lo que significa que debe de proceder de animales sanos y para ello es necesario que se produzca bajo buenas prácticas de higiene, y estas prácticas no solamente incluyen la sanidad, buena alimentación y bienestar animal, ya que para obtener una buena alimentación debemos de proporcionar forrajes sanos y nutritivos, siendo para ello necesario tener suelos fértiles libres de contaminantes, lo cual se logra cuando las aguas que son utilizadas para riego son también limpias y libres de toda sustancia o compuesto tanto químico como biológico que contamine a los suelos agrícolas (FAO, 2016).

### **2.3.2. Metales valorados en carne y leche como indicadores de contaminación**

Tanto la carne como la leche contienen varios minerales, el principal elemento es el calcio, fósforo, potasio, sodio y cloro, llamados macrominerales. Otros minerales llamados oligoelementos u oligómeros incluyen mercurio, cadmio, arsénico, plomo, aluminio, cromo, níquel, zinc, molibdeno, hierro, cobre y manganeso. Algunos de ellos pueden ser tóxicos a cualquier concentración, mientras que otros, que se denominan esenciales por ser necesarios para el hombre



y por lo tanto únicamente se consideran tóxicos a partir de determinados niveles (OMS, 2015).

Cualquier concentración de metal por encima de los límites permitidos puede provocar efectos tóxicos. La gravedad del efecto tóxico depende de la naturaleza, la cantidad, la forma química del metal, el alimento, la concentración del elemento y de la sinergia y del antagonismo de sus efectos con otros compuestos o elementos químicos (González, 2009).

El grado de contaminación del agua va en aumento debido al incremento de la población a nivel mundial, que crece a una tasa aproximada del 1.2% anual, generando mayor acumulo de metales pesados en las tierras irrigadas con aguas residuales (FAO, 2013).

Tomando en cuenta que estas aguas acumulan diversos compuestos tóxicos, dependiendo de las actividades asociadas a los diferentes afluentes, ocasionando contaminación de los suelos irrigados con estas; el tiempo de irrigación de los suelos con aguas residuales contribuye a la elevada acumulación de metales, ya que suelos con 40 y 100 años de recibir aguas residuales muestran incrementos en el nivel de metales pesados, donde los valores pueden encontrarse por encima de los límites permitidos y en consecuencia los cultivos como el de alfalfa, arroz, maíz, trigo y hortalizas mostraron altamente contaminados (Vázquez *et al.*, 2001).

La actividad geológica natural como la erosión de colinas y volcanes es una fuente importante de metales pesados en el suelo. Existen actividades antropogenicas, así como la minería, que figura como una de las actividades industriales que produce más metales pesados. En el suelo, los metales pesados,



pueden estar presentes como iones libres o disponibles, compuestos de sales metálicas solubles o bien, compuestos insolubles o parcialmente solubilizables como óxidos, carbonatos e hidróxidos (Pineda, 2004).

También la época del año puede contribuir a el grado de contaminación del agua y suelos, ya que se ha visto que afecta el índice de calidad del agua, siendo en los meses previos a la época de lluvias donde los niveles de contaminación son más bajos, incrementándose posterior a las lluvias (Vázquez *et al.*, 2001).

#### **2.4. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA POR LA TÉCNICA DE HORNO DE GRAFITO**

Es una de las formas de EAA de mayor sensibilidad (permite detectar concentraciones hasta 1000 inferiores que las detectables con llama), siendo por tanto muy útil en el análisis de ultra trazas. Otra ventaja importante es que se requiere una cantidad muy pequeña de muestra (normalmente unos pocos microlitros). La energía necesaria para la pulverización catódica se obtiene aplicando una diferencia de potencial al tubo de grafito que contiene la muestra. Este tubo está alineado con la luz de la lámpara del espectro. Por lo tanto, cuando se enciende el horno, el vapor atómico producido por la muestra absorberá la luz de la lámpara del elemento a determinar. En este caso, la señal de absorción es transitoria, en forma de pico, de tal modo que se eleva la concentración y posteriormente cae a medida que los átomos difunden fuera del horno. En el proceso de atomización existen 4 etapas esenciales:

- Secado: permite eliminar el disolvente o diluyente
- Mineralización o Calcinación: destruye la matriz orgánica
- Atomización: consigue llevar los átomos al estado fundamental



- Barrido o limpieza: elimina los restos que puedan quedar en el tubo (Kastenmayer, 1995).

#### 2.4.1. Equipos

- Horno microondas multiware 3000-Anton.-** El Sistema de Reacción por Microondas Anton Paar Multiwave 3000 es un equipo utilizado en laboratorios para llevar a cabo reacciones químicas y síntesis orgánica bajo condiciones controladas de temperatura y presión utilizando radiación de microondas.
- Lámpara EDL(Hg).-** la lámpara EDL (Hg) se caracterizan por su alta pureza y brillo, produciendo líneas espectrales claras o luz monocromática cuando se usan con filtros adecuados. Ø20x100mm.
- Lámpara de Hg.-** lámpara de mercurio a vapor de alta presión consta de un tubo de descarga de cuarzo lleno de vapor de mercurio, el cual tiene dos electrodos principales y uno auxiliar para facilitar el encendido, la luz que emite es color azul verdoso, no tiene radiaciones rojas.

## 2.5. ACCIÓN DE LOS MICROORGANISMOS SOBRE LOS METALES PESADOS

Dependiendo del grado de oxidación del metal y de las especies que forma, los microorganismos pueden realizar dos transformaciones. La primera transformación corresponde al movimiento del metal desde el estado inicial insoluble que corresponde a la fase sólida hasta el estado soluble final en la fase acuosa (lixiviación biológica). El otro proceso corresponde a la inmovilización del metal, es decir el pasaje de un estado soluble inicial en fase acuosa a uno insoluble final en fase sólida (Vullo *et al.*, 2003). La inmovilización de metales por microorganismos incluye los siguientes procesos:



Bioacumulación, donde los metales se transportan a las células utilizando energía y pueden quelarse con proteínas o almacenarse en orgánulos; La biomineralización se refiere a la oxidación de metales por carbonatos e hidrógeno. Precipitación en forma de iones, sulfuros o fosfatos, transformación biológica que implica cambios químicos como estado de oxidación, metilación, etc., adsorción química por microorganismos, en cuyo caso se produce primero la biomineralización, formándose sedimentos primarios que actúan como núcleos de cristalización para atrapar el metal de interés; y finalmente el proceso que mencionaremos, la biosorción es un término comúnmente utilizado para describir la adsorción pasiva e independiente de la energía de moléculas sobre superficies adsorbentes. Un aspecto de la biosorción es la unión de metales a la biomasa microbiana. La idea de utilizar biomasa microbiana como adsorbente de metales pesados surgió hace 20-30 años, cuando se estudiaron alternativas más baratas y efectivas a los métodos tradicionales de purificación de agua. Durante las últimas décadas, se ha estudiado la biosorción de un gran número de metales (por ejemplo, aluminio, cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, mercurio, níquel, plomo, torio, uranio, zinc) por una variedad de biomasas que incluyen bacterias, hongos y las algas (Volesky y Holan, 1995; Davis *et al.*, 2003; Mehta y Gaur, 2005; Romera *et al.*, 2006).

## **2.6. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.6.1. Antecedentes internacionales**

Cueva (2021), determinó la presencia de plomo, mercurio y arsénico en la leche cruda de vaca del distrito de Machachi, Provincia de Pichincha - Ecuador. Se recolectaron 58 muestras de 29 establecimientos lecheros con sistemas de pastoreo extensivo. Posteriormente fueron analizadas por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica. Todas las muestras analizadas



presentaron un nivel promedio de plomo de 0,208 mg Kg<sup>-1</sup> (rango 0,0016 a 0,719 mg/kg), y el 98,28% (57/58) presentaron niveles de plomo superiores al valor máximo permisible NTE INEN 9 de 0,02 mg/kg. Se detectaron mercurio y arsénico en cuatro y dos muestras de leche, respectivamente, con un nivel promedio de 0,00009 mg/kg (rango de 0,00 a 0,002 mg/kg) en la primera muestra y 0,00003 mg/kg en la segunda muestra (0,00 a 0,001 mg/kg), aunque los niveles son muy bajos, son de gran preocupación porque pueden acumularse y causar cáncer. Con base a los resultados obtenidos se puede concluir que en el área de estudio se ha detectado contaminación por plomo, pero principalmente dos sustancias altamente tóxicas (arsénico y mercurio), por lo que es necesario monitorear continuamente la leche y buscar principalmente posibles fuentes de contaminación.

Ayala & Romero (2013), realizaron una investigación que fue desarrollado en el Cantón Arenillas, provincia el Oro, al sur de Ecuador, con el objetivo de determinar la presencia de arsénico y mercurio en la leche que se comercializa y que es obtenida del ganado vacuno existente en el lugar. Se recolectaron muestras de la misma zona y del mercado del cantón arenillas. Seguidamente, analizadas por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica y generación de vapor de hidruro después de la digestión de acuerdo a la normativa de la EPA y AWWA. Los resultados muestran que en el caso del mercurio se supera en 2,2 el valor promedio de 0,005 mg/kg especificado en la norma técnica ecuatoriana NTE 0009:2008; en el caso del arsénico, si bien se detectó la presencia de este metal, su contenido no estuvo ausente, ninguno superó los 0,015 mg/Kg, que es el límite permitido por la norma técnica ecuatoriana NTE 0009:2008.



### 2.6.2. Antecedentes nacionales

Velarde (2021), determinó cuantitativamente la concentración de metales pesados como mercurio en agua, pasto y leche de vacas alimentadas por pastos naturales y cultivados regados por el río Llallimayo en la Provincia de Melgar. Se recolectaron 8 muestras de leche, pasto y agua, respectivamente, para su posterior análisis mediante la técnica de absorción atómica y un horno de grafito. Los niveles de mercurio en la leche fueron de 0,0026 mg/litro de leche, 0,0021 mg/kg de pasto y 0,0017 mg/litro de agua ( $P>0,05$ ). Los niveles de metales pesados detectados en este estudio indicaron que el mercurio en la leche de vaca, pasto y agua que son regados del río Llallimayo no superan los límites máximos permisibles.

Paredes (2019), menciona que la contaminación de los alimentos por metales pesados es uno de los temas de mayor importancia a nivel mundial, debido a que estos metales no son biodegradables y tienden a bioacumularse en los tejidos animales, estableciéndose una cadena acumulativa que eleva peligrosamente su contaminación, lo que constituye un riesgo para la salud. En este estudio se ha determinado cuantitativamente los niveles de concentración de mercurio en leche y pelos de vacas, y pastos que utilizados para riego de la cuenca del río ramís en las comunidades del distrito de San Antón, Asillo y Azángaro. Para lo cual se utilizó un total de 9 muestras de leche, 9 muestras de pelaje de vacas y 9 muestras de pastos debidamente identificados. Para el análisis de muestras, se procesaron por la técnica de espectrometría de emisión plasma atómica acoplada inductivamente. Los niveles de concentración de metales pesados encontrados en la leche, pasto y pelo fue 1.27, 1.06 y 0.78 mg/kg de mercurio, respectivamente, los mismos que mostraron diferencias significativas ( $p<0.05$ ). Los niveles de



plomo fueron 11.61, 10.61 y 10.11 mg/kg de plomo de pelo, pasto y leche, respectivamente ( $p \leq 0.05$ ). Por lo tanto, las concentraciones de mercurio superan el límite máximo permisible de acuerdo a los estándares permisibles de la Unión Europea.

Obregón (2017), en su trabajo de investigación realizó “la evaluación microbiológica y determinación de plomo y mercurio en 40 muestras de leche provenientes de cuatro establos que realizan venta directa al público en general, del distrito de Puente Piedra, Lima, Perú”. Los métodos de evaluación microbiológica se realizaron según el Manual de Análisis Bacteriológico (BAM) y las determinaciones de metales se realizaron por la técnica espectrofotometría de absorción atómica en horno de grafito. En el recuento de aeróbicos mesófilos la concentración media obtenida fue de  $43 \times 10^7$  UFC/mL con un rango desde un máximo de  $3 \times 10^9$  UFC/mL hasta un mínimo de  $2 \times 10^5$  UFC/mL; para *Staphylococcus aureus* la concentración promedio alcanzada fue de  $48,5 \times 10^4$  UFC/mL, la cual varía entre el valor máximo de  $12 \times 10^6$  UFC/mL y muestras que no contenían este microorganismo; Los resultados fueron negativos para *Bacillus cereus* del total de muestras, el 95% superó los límites establecidos para leche y productos lácteos para bacterias aerobias mesófilas ( $1 \times 10^6$  UFC/mL) y la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 9 para *Staphylococcus aureus* ( $1 \times 10^2$  UFC/mL). La concentración promedio de plomo resultante fue de 0.1054 ppm, un máximo de 0.3562 ppm y un mínimo de 0.0033 ppm; para el mercurio, la concentración promedio fue de 0,0063 ppm, la máxima de 0,0094 ppm y la mínima de 0,0034 ppm, el 90% de las muestras superó los límites de mercurio establecidos por la normativa peruana para el plomo (0,02 ppm) el 97,7% de las muestras superó el valor límite de mercurio (0,005 ppm) especificado en la norma



técnica ecuatoriana NTE 0009:2008. La comparación de las concentraciones de plomo y mercurio con los límites regulatorios mediante la prueba t de Student utilizando SPSS v22 mostró diferencias significativas entre los valores.

En el Rio Ramís se encuentra la ganadería que conforma una de las principales actividades. En la zona alta (Crucero, San Antón) las familias se dedican a la crianza de camélidos sudamericanos (llamas y alpacas) también se observó una gran cantidad de crianza de ovinos criollos. Así mismo, zonas aledañas por el rio Crucero, se encuentra totalmente contaminado. Mientras tanto, se valoró la crianza de ganado vacuno y ovino, haciendo uso de aguas del rio con la finalidad de obtener mejoras en la alimentación del ganado. Por lo tanto, se incentiva para la formación de represas, que hoy en día se almacenan las aguas contaminadas con metales pesados. En esta zona intermedia se riegan pastos cultivados de alfalfa, rye-grass, dactilis y trébol; por otro lado, el cultivo de avena con propósitos para la alimentación del ganado, se halla bastante extendido (Flores & Malpartida, 1998).

Forteza (2020), indica que los resultados obtenidos en su trabajo, muestran en general una gran capacidad de captación de Hg(II) en solución acuosa por parte de todas las cepas analizadas. La que destaca la cepa *Lactobacillus* LF42, que tienen la capacidad de retener el Hg mayores al 80% a pesar de tener una concentración más baja, evitando de esta manera la absorción en el intestino delgado, por lo tanto, su presencia en la leche de vacas. La presencia en cantidad y especies de *Lactobacillus* en el organismo animal, dependerá también del uso de antibióticos en el tratamiento de infecciones, causando una disbiosis (Cabello, 2009).



Pacco (2018), determinó concentración de mercurio en la leche y pelos de vacas alimentadas con pastos regados con aguas del río Llallimayo, provincia de Melgar. Se utilizaron 12 muestras de leche y pelos, fueron analizadas por la técnica de absorción atómica con horno de grafito. Las concentraciones de mercurio fue 0.0022 mg/kg en leche, mientras que las concentraciones en pelo fue 0.0138mg/kg mercurio. Por lo tanto se indica que la concentración de Hg presentes en la leche como en pelos de vacas alimentadas con pastos regados con aguas del río Llallimayo que superan los límites máximos permisibles.

Lobato (2013), indica que la cuenca media (Antauta, Asillo, Azángaro) y su desembocadura en el lago Titicaca a una altitud de 3800 msnm, se encuentran impactadas con productos de las actividades mineras (Mina San Rafael, Minera Arasi, la Rinconada, Ananea, entre otras), el lago se ve afectada porque se sitúa en la parte baja de la cuenca, además de que se realiza el vertimiento de los procesos mecánicos (metales disueltos, sólidos en suspensión) de manera directa al río, por otra parte la existencia de pasivos ambientales (minera Cecilia, Ana María, cerro Inca Azul) y de lavado de oro y en forma anexa existe la carga natural de metales por erosión fluvial litogénica.

La cuenca Azángaro inicia su afluencia del río Inambari – Ananea, lugar donde se encuentran contaminantes por la actividad minera de empresas formales, informales y artesanales, estas son utilizadas como bebida de los animales, donde “probablemente se haya generado un desplazamiento de contaminantes metálicos mediante el cauce de las aguas y sedimentos por los ríos que nacen en la parte encumbrada de la cuenca; y que finalmente abastecen al lago Titicaca” (ANA, 2017).



Chata (2015), determinó la relación de metales pesados (Hg, As, Pb y Cd) en agua y leche de la cuenca del río Coata. Por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica-llama, se recolectaron 6 muestras de agua y leche. La concentración de Hg en agua fue inferior a 0.00020mg/l, para As fue 0.048mg/l, en Pb fue 0.014mg/l y finalmente para Cd, fue inferior a 0.00050mg/l el análisis de los metales presentes en agua superaron los estándares nacionales peruanos de calidad ambiental establecidos por el Ministerio del Medio Ambiente para el bebedero de animales y el riego de vegetales crudos. En la leche, los valores promedio de mercurio fue de 0.0028mg/l por lo que no superan los límites máximos permisibles (0.005mg/kg fijado por la norma técnica Ecuatoriana), para la concentración de As tuvo un promedio de 0.43mg/l, también supera el límite máximo permisible (0.015mg/kg fijado por la norma técnica Ecuatoriana) y Pb con promedios de 0.21mg/l supera el límite máximo permisible (0.020mg/kg, fijado por codex alimentarius y la Unión Europea) y Cd con medias de 0.0037 mg/l el cual no supera el límite máximo permisible.

Soloisolo (2022), cuantificó los niveles de plomo y mercurio en agua del río Llallimayo durante el proceso de cierre de la mina Arasi S.A.C., utilizadas para el riego de pasturas, en el distrito de Ocuvi, colectando 50 muestras para su análisis mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. La concentración de Pb fueron 1.918, 1.486, 1.416, 1.124, 0.540 mg/l en los puntos 2, 3, 1, 4 y 5 respectivamente; y los niveles de Hg fueron 0.2640, 0.2600, 0.1860, 0.1420 y 0.1360 mg/l para los puntos 2, 4, 1, 5 y 3. Por lo tanto, las concentraciones con plomo y mercurio fueron superaron los límites máximos permisibles, según normas establecidas por la OMS y MINSA.



## 2.7. NIVEL DE CONOCIMIENTO

### 2.7.1. Definiciones

Conocimiento significa comprender las propiedades y relaciones de las cosas, comprender qué son y qué no son; a lo largo de la historia, la definición de conocimiento ha sido creada por diversos autores en diversas disciplinas, como la filosofía, la psicología, las ciencias sociales, etc. La aplicación de este conocimiento es práctica y tiende a transformar el entorno y subordinar la naturaleza a las necesidades humanas. El objetivo del conocimiento se circunscribe en alcanzar la verdad objetiva (Díaz, 2003).

Para Arias (2012), el conocimiento puede ser entendido en dos direcciones:

- Como un proceso que se manifiesta en el acto de conocer, es decir, en la percepción de una realidad.
- Como producto o consecuencia de dicho proceso, que se transforma en pensamientos, imágenes y representaciones de la realidad.

Britto (2013), Afirma que el conocimiento es general o conceptual y se refiere a una amplia gama de casos y fenómenos que comparten ciertas características y propiedades en lugar de referirse simplemente a un evento único o individual. El conocimiento debe adquirirse o verificarse mediante métodos conocidos y aceptados en la disciplina, y debe ser replicado y verificado por otros investigadores, el conocimiento es un proceso mediante el cual la realidad se exhibe y recrea en la mente humana. Está sujeto a principios naturales o sociales y está vinculado a la acción real.



### 2.7.2. Características del conocimiento

El conocimiento de acuerdo a Rodríguez (2010); Pérez *et. al.* (2012), tienen un conjunto de características que se señalan a continuación: Niveles del conocimiento.

- a) **Racional.** el conocimiento proviene de actividades avanzadas exclusivas de los humanos.
- b) **Objetivo.** Su propósito es buscar la verdad objetiva, de modo que el conocimiento adquirido refleje verdaderamente la realidad sin cambiar el objeto de investigación, revelando así sus características y propiedades.
- c) **Intelectual.** Es un proceso lógico de conceptualización de un fundamento basado en la percepción y la representación.
- d) **Universal.** El conocimiento tiene su propia especificidad y tiene autenticidad en todas partes y para todos.
- e) **Verificable.** Todo conocimiento puede comprobarse mediante argumentos racionales o experimentos.
- f) **Sistemático.** El conocimiento se presenta de manera organizada y sus concepciones tienen uniformidad.
- g) **Precisión.** El conocimiento se centra en la precisión, distinguiendo características esenciales de la realidad y evitando malentendidos con otras cosas o sucesos.
- h) **Seguridad.** La información que ha sido verificada proporciona un mayor nivel de confianza en su aplicación que la información no validada.

De acuerdo a Vázquez (2011), las personas pueden identificar y absorber, hay tres niveles de conocimiento: sensible, conceptual y holístico. El



conocimiento surge de las relaciones entre sujetos cognitivos y objetos conocidos. En el proceso de reconocimiento, las personas entran en la realidad de los objetos y los adquieren, pero esta realidad está presente en diferentes grados o niveles de abstracción. El conocimiento sensorial es aquel que proviene de la actividad de nuestros sentidos. Incluye: sentir, percibir y representar con la ayuda de la visión el cerebro puede acumular una gran cantidad de información relacionada con imágenes, colores, estructuras y tamaños, esta información forma nuestros recuerdos y experiencias y así construye nuestra realidad interna, privada o personal. Asimismo, escuchar es esencial para comprender y procesar el lenguaje e impartir conocimientos. En definitiva, la vista y el oído son los sentidos más utilizados por el ser humano. Con los sentidos (vista, oído, tacto, gusto, olfato) la gente captó la realidad por primera vez.

Gómez (2013), comprende a la percepción sensible como el proceso mental por el que se conoce un estímulo, que es la interpretación subjetiva que acompaña a toda sensación. Además, este acto de percepción se conceptualiza como una forma natural de identificar nuestro entorno y analizar sus componentes. A diferencia de la percepción sensorial, la función de la conciencia sensorial es integrar la información sensorial de forma organizada, permitiendo diferenciarla, clasificarla y correlacionarla. La información sensorial debe integrarse en niveles sensibles de conciencia para permitir la acumulación de datos y experiencia.

## **2.8. LA ENCUESTA**

En el estudio científico, las encuestas sirven como herramientas de medición. Se definen las características y circunstancias de la encuesta, tanto como técnica específica de creación de información como como método de investigación en el que se utilizan de



forma coordinada numerosas técnicas y fases del proceso de investigación para proporcionar información de calidad. Una encuesta realizada a través de una entrevista cara a cara sirve como referencia principal, lo que da como resultado resultados de mejor calidad. Más adelante podremos valorar los beneficios y los inconvenientes de diversos medios, como el teléfono, el correo e internet. Daremos cuenta de esta caracterización general e inicial teniendo en cuenta cuatro aspectos (Díaz, 20003).

**a) La encuesta como procedimiento**

Sánchez (2012), la encuesta es un proceso de investigación social, que se considera en primera instancia como un método de recogida de datos a través de la interrogación de los sujetos, cuya finalidad es la de obtener de manera sistemática indicadores sobre los conceptos que se derivan de una problemática de investigación previamente construida. Los datos se recolectan a través de cuestionarios, herramientas de recolección de datos (mediciones) y métodos de formulación de preguntas (tabla de registro) que se aplican a la población o a una muestra amplia de ella a través de entrevistas, siendo los datos anonimizados. Sujeto a la encuesta, vista de manera convencional, demuestra la importancia de utilizar un enfoque cognitivo constructivista. Esto implica darse cuenta de que, la encuesta se divide en dos partes: una visible compuesta por procesos técnico-estadísticos y otra oculta compuesta por los supuestos heurísticos y sociopolíticos que los sustentan. Sin embargo, se cuestionan los supuestos de base positivista en los elementos metodológicos y sociopolíticos liberales que sustentan el uso actual de la encuesta, y se demuestra la importancia de considerar otros alternativos, de tipo cognitivo-constructivista. Al mismo tiempo, demuestran los efectos que este cambio en los supuestos podría tener en los métodos tal como los conocemos.



## **b) La encuesta como método**

Díaz (2000), indica que la encuesta ha evolucionado de una herramienta técnica de recolección de datos a todo un procedimiento o método de investigación social, cuya aplicación significa el seguimiento de un proceso de investigación en su totalidad, encaminado a la recolección de datos de investigación, pero en el que una diversidad de Se trata de un conjunto de técnicas combinadas, con una sintaxis propia y coherente, orientadas y que tienen como objetivo la construcción de un objeto de investigación científica. Las siguientes técnicas se utilizan en todas las prácticas de investigación mediante encuestas: diseño de muestras, construcción de cuestionarios, medición y construcción de indicadores y escalas, entrevistas, codificación, organización y seguimiento del trabajo de campo, preparación de datos para el análisis, técnicas de análisis, software de registro y análisis, y resultados. La realización de una investigación implica todo el proceso, y los aspectos antes mencionados están indisolublemente ligados a la encuesta y deben integrarse de manera coherente con el objetivo de producir información científica de calidad, de acuerdo con el modelo de análisis construido.

## **c) Planteamiento de preguntas**

Existen algunas pautas para la preparación de las preguntas, aunque esto siempre depende de las particularidades de cada estudio.

- El número de preguntas debe ser el adecuado, un cuestionario muy largo resultara agotador, no deben colocarse preguntas innecesarias y mantener lo más simple posible.
- Es mejor que las preguntas sean cerradas en un número limitado de jerarquías o dar una respuesta inmediata.



- La formulación de la pregunta debe ser simple y presentada en un lenguaje cercano al lenguaje o vocabulario familiar de los entrevistados: el contexto en el que el entrevistado explica o expresa su opinión o experiencia personal respecto de la pregunta formulada, pero debe ser precisa e inequívoca. Al expresarse de manera personal y directa, cuanto más corta sea la declaración, mejor, no contiene la probabilidad de responder a la pregunta y la proposición está más cerca del lenguaje hablado que del escrito. A veces es necesario explicar o informar una pregunta o punto de vista para poder dar una respuesta.
- Se debe asegurar de que las palabras utilizadas en las preguntas tengan el significado correcto, especificar que tengan el mismo significado para los encuestados, que el contexto condicione su significado, que no se presten a errores con otras palabras y que existan otras palabras más simples y claras.
- Es recomendable hacer preguntas positivas, evitar afirmaciones negativas y lo más importante evitar dobles negativos.
- Las preguntas no deben obligar al encuestado a realizar un esfuerzo excesivo de memoria, son convenientes para expresar una sola idea, haciéndolas más fáciles de percibir y comprender, se debe evitar la doble interrogación.
- El contenido de la pregunta debe ser relevante y comprendido por el encuestado para poder responderla. En ese sentido, también se debe tener en cuenta que algunas preguntas pueden resultar innovadoras para el encuestado, tocando temas que nunca ha considerado.



- Las preguntas no deben hacer suposiciones, evitando el uso de frases de este tipo y, por supuesto, no deben ofrecer indicaciones sobre el significado de la respuesta. En este sentido, se debe tener precaución tanto en la formulación de la pregunta como en las respuestas, así como en la secuencia de la pregunta en relación con las preguntas conectadas en la forma y explicación de las preguntas.
- Las preguntas no deben ser inapropiadas, muy privadas y necesitar una respuesta condicional. El objetivo es proporcionar una respuesta indirecta a una tercera persona utilizando imágenes o fotografías, en lugar de confiar en respuestas fijas o reconocer la situación real.
- En relación a las respuestas deben ser exhaustivas, han de reflejar toda la variedad que expresa la dimensión o el concepto, constituir verdaderas clases de equivalencia, mutuamente excluyentes (Corbetta, 2007).

Participar en la capacitación brinda la oportunidad de aprender y aplicar las prácticas aprendidas en las actividades diarias y de saber que el conocimiento sensorial y conceptual es más de lo que se percibe; por tanto, la inteligencia es una facultad real de nuestra existencia que nos permite distinguir formas en la realidad. En este sentido nos damos cuenta que no todo lo que se ve o se imagina es completamente entendido, por tanto, se generan preguntas, que permitan ver las cosas desde afuera; y que la imaginación, conjuntamente con la experiencia acumulada, no son suficientes para transferir esa reflexión (Soria, 2016).



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE ESTUDIO

El trabajo de investigación fue realizado en el distrito de Azángaro - Puno; que está ubicado a una altitud de 3,980 m.s.n.m. en las coordenadas geográficas en grados y minutos decimales son de Longitud Oeste  $-70^{\circ} 11' 43.18''$ , Latitud Sur  $-14^{\circ} 54' 30.35''$  con una temperatura de  $8^{\circ} \text{C}$  (SENAMHI, 2017).

#### 3.2. MATERIAL DE ESTUDIO

##### a) Tamaño de muestra

Para hallar el tamaño de muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$P = 35$$

$$n = [1 - (1 - a)^{\frac{n}{d}}] \times (n - \frac{d - 1}{2})$$

$$n = [1 - (1 - 0.95)^{\frac{1}{35}}] \times (100 - \frac{35 - 1}{2})$$

$$n = [1 - (0.05)^{0.03}] \times (100 - \frac{35 - 1}{2})$$

$$n = [1 - 0.9140] \times (83) = 7$$

Tras estos criterios se tomaron muestras de leche de 35 vacas, las cuales fueron identificadas en el hato de vacunos del distrito de Azángaro-Puno.



## b) Distribución de vacas según el número de partos

**Tabla 1**

*Distribución de vacas para la investigación*

Número de partos	1er	2do	3er	4to	5to mas	a	Total
Total de muestras	7	7	7	7	7		35

### 3.3. MATERIALES

Los materiales que se utilizaron para la recolección de muestras fueron los siguientes:

- Caja de tecnopor de 20 litros
- Hielo (gel para congelar)
- Termómetro no digital
- Frascos de plástico de 100 ml esterilizados con tapa.
- Balanza analítica
- Tijera mayo
- Pinzas metálica
- Guantes de látex
- Plumón indeleble
- Toallitas húmedas desechables

#### **Equipos**

- Horno microondas multiware 3000-Anton
- Lámpara EDL(Hg.)
- Grafitos longitudinales



- Lámpara de Hg

### 3.4. METODOLOGÍA

#### 3.4.1. Niveles de mercurio en leche de vacas del distrito de Azángaro-Puno

Para determinar los niveles de mercurio en leche de vacas del distrito de Azángaro Puno, se realizaron las siguientes actividades:

- a) Coordinación con el Laboratorio, para envío de muestras para el análisis mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito SHIMADZU AA-7000.
- b) Coordinación con los productores de ganado vacuno del distrito de Azángaro para realizar el muestreo.
- c) Preparación de los frascos esterilizados para la toma de muestra.
- d) Previa desinfección de la ubre y de los pezones se realizó la limpieza y preparación de las vacas seleccionadas. Para ello se aprovechó la rutina de ordeño, realizando la limpieza y secado de pezones con unas toallitas húmedas desechables, con el fin de asegurar al máximo la obtención de muestras libres de contaminantes (estiércol, tierra o restos de alimento, etc.) (Licata et al., 2004). Se desecharon los primeros chorros del ordeño manual y se tomaron 50 ml de leche de dos pezones. El muestreo de leche se realizó en las primeras horas de la mañana, durante el proceso de ordeño, de vacas de cada uno de los criadores, según protocolo del Laboratorio.



- e) Las muestras fueron rotuladas con su identificación y se envió en una caja de tecnopor con refrigerante para que se conserve a temperatura de refrigeración.
- f) En la cubierta de la caja de tecnopor se colocó una etiqueta con la denominación de frágil. En la parte interna de la caja del tecnopor también se colocó el formulario detallado cuyos datos fueron:
  - Identificación del punto de muestreo.
  - Procedencia
  - Número de muestra y código del número de parto.
  - Fecha.
  - Hora de recolección
  - Volumen enviado
  - Nombre y firma de la persona que realizó el muestreo.
- g) Las muestras fueron enviados al laboratorio de la Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la ciudad de Lima, donde se determinó mediante la técnica de absorción atómica con horno de grafito SHIMADZU AA-7000.
- h) Recojo de la información para su procesamiento.

#### **3.4.2. Nivel de conocimiento de los factores de riesgo de contaminación de leche de vacas con mercurio**

Para obtener los datos sobre niveles de conocimiento de los factores de riesgo de contaminación ambiental con mercurio, se realizó una encuesta a 24 criadores de vacunos del distrito de Azángaro-Puno.



La encuesta se elaboró considerando las recomendaciones de los autores (Corbetta, 2007 y Soria, 2016) y la aprobación del asesor de tesis, el proceso de validación se contó con los 24 productores del distrito de Azángaro; Para observar que son comprensibles, objetiva y lógica las preguntas del cuestionario, previamente solicitando su participación y explicando el propósito de estudio, con la finalidad de realizar el ajuste de las preguntas y alternativas.

### 3.5. MÉTODO ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos se analizaron en un diseño completamente al azar para la concentración de mercurio en el número de parto; y posteriormente fue interpretado utilizando medidas de tendencia central y de dispersión; cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + P_i + e_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta (Concentración de mercurio)

$\mu$  = Efecto de la media poblacional

$P_i$  = Efecto del i-ésimo número de parto de las vacas

$e_{ij}$  = Error experimental

Al análisis, los resultados fueron estadísticamente no significativos por lo que se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey con 0.05 de error.

Para el análisis de interacción del nivel de mercurio en leche de vacas y nivel de conocimiento de los factores de riesgo de contaminación ambiental se realizó la prueba de T para muestras independientes.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. NIVELES DE MERCURIO EN LECHE DE VACAS DEL DISTRITO DE AZÁNGARO – PUNO

Después de recibir los resultados de los análisis de concentraciones de mercurio en leche de vacas, estos fueron evaluados mediante el Análisis de Varianza ANVA (anexo 1) que se detalla en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Concentración de mercurio en la leche de vacas del distrito de Azángaro – Puno*

Variable	n	Media	D.E.	LI(95%)	LS(95%)
Primero	7	0,00329 <sup>a</sup>	0,0024	0,0015	0,0050
Quinto	7	0,00343 <sup>a</sup>	0,0018	0,0021	0,0047
Cuarto	7	0,00400 <sup>a</sup>	0,0026	0,0020	0,0059
Tercero	7	0,00471 <sup>a</sup>	0,0027	0,0027	0,0067
Segundo	7	0,00514 <sup>a</sup>	0,0021	0,0035	0,0066
Total	35	0,0041 <sup>a</sup>	0,0023	0,0033	0,0049

a. La letra a indica que no existe diferencia estadística significativa ( $P > 0.05$ )

En la tabla 2 y la figura 1 en anexos, mostramos los resultados obtenidos del nivel promedio de mercurio, que es de 0.0041mg de Hg/kg de leche, con una desviación estándar de 0.0023mg/kg. Este nivel promedio de mercurio no supera el límite máximo permisible de la Norma Técnica Ecuatoriana que es de 0.005 mg de Hg/kg de leche. Pero debemos de indicar que el 28.57% (10 de 35) de muestras de leche, contienen niveles mayores a los permitidos por la Norma Técnica Ecuatoriana.



Los valores encontrados en el presente estudio fueron 0.0041mg de Hg/kg de leche y son superiores al reporte de Pacco (2018), quién realizó en la cuenca Llallimayo, y registra 0.0022 mg de Hg/kg de leche. Similar estudio realizó, Velarde (2021), que registra 0.0026 mg de Hg/Lt de leche, encontrándose por debajo de los límites máximos permisibles considerados en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE 0009:2008, que establece 0.005 mg/kg. Esto se debería a que el río Ramís continúa siendo contaminado por la minería informal y/o artesanal de Ananea, San Rafael y Antauta y ya no habría contaminación del río Llallimayo, por el cierre de la mina Arasi SAC, que era la principal fuente de contaminación.

Los resultados obtenidos en nuestro trabajo son superiores al encontrado por Chata (2015), en la cuenca del río Coata, reporta el promedio de concentración de 0.0028 mg de Hg/litro de leche, la misma que no supera al límite máximo permisible según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE 0009:2008, que establece 0.005 mg/kg.; además menciona que, el mercurio es uno de los metales que ingresa al organismo a través de los alimentos y se absorbe del 90 al 95% en el tracto gastrointestinal, es hidrosoluble y liposoluble, lo que coadyuva en su almacenamiento en los tejidos del animal y el hombre, y tiene una liberación muy lenta. La diferencia de concentraciones de mercurio con nuestro trabajo, se debería a que las aguas del río Coata no tendrían una contaminación mayor que la del río Ramís, ya que las principales fuentes de contaminación del río Coata no son los residuos mineros, que son los que contienen mayores cantidades de mercurio, sino los vertimientos (8 municipales, 4 industriales, 7 botaderos de residuos sólidos y 3 descargas in situ (ANA-2017).

Haciendo una comparación con trabajos realizados en el ámbito internacional, encontramos que nuestros resultados, son superiores al obtenido por Cueva (2021), en el Municipio de Machachi-provincia de Pichincha-Ecuador, donde existe actividad



industrial y está cerca de la Panamericana Sur, habiéndose detectado mercurio y arsénico en cuatro y dos muestras de leche respectivamente, en el primer caso en una media de 0,00009 mg de Hg/kg (rango entre 0,00 a 0,002 mg/kg) y en el segundo caso un promedio de 0,00003 mg /kg (0,00 a 0,001 mg/ kg), al respecto el autor indica que, aunque los niveles son muy bajos, los mismos son bastante preocupantes ya que son capaces de acumularse y ser potencialmente cancerígenos. La diferencia con nuestros resultados se debería a que posiblemente la actividad industrial que realizan en la zona de muestreo, no estén utilizando mercurio o realizarían un tratamiento para reducir los niveles de mercurio en los residuos.

Los niveles de mercurio encontrados en nuestro estudio son inferiores al obtenido por Obregón (2017), en el distrito de Puente Piedra – Lima” encontró que del total de muestras, el 97.7 % superan los límites máximos permisibles, establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE 0009:2008; habiéndose obtenido una concentración media de 0,0063 ppm de mercurio. Los resultados de este estudio son superiores al nuestro y esto se debería a que las actividades industriales que realizan por los alrededores de las fincas de donde se tomaron las muestras, estarían contaminando los pastos que consumen los vacunos.

Los valores encontrados en el presente estudio son inferiores al reporte de paredes (2019), en la cuenca del río Ramís Azángaro – Puno”, donde obtuvo los siguientes resultados: de los niveles de concentración de metales pesados encontrados en la leche 1.27 mg de Hg/kg, mostrando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Los metales pesados encontrados como mercurio, plomo y cadmio indican que superan el límite máximo permisible de acuerdo a los estándares permisibles de la Unión Europea. Estos resultados son superiores al nuestro y se debería a que tomaron muestras en la jurisdicción del distrito de San Antón, que se encuentra más próximo a las minas de San Rafael y la



minería informal y/o artesanal, por lo que la contaminación de las aguas del río Ramís, serían mayores en esta jurisdicción.

Referente a los niveles de mercurio en leche de vacas según número de partos, se encontró que las vacas de segundo, tercero, cuarto, quinto y primer parto presentaron una media de  $0.00514 \pm 0.0021$  mg de Hg/kg,  $0.00471 \pm 0.0027$  mg de Hg/kg,  $0.00400 \pm 0.0026$  mg de Hg/kg,  $0.00343 \pm 0.0018$  mg de Hg/kg, y  $0.00329 \pm 0.0024$  mg de Hg/kg de leche de las vacas, respectivamente ( $p > 0.05$ ). La media de concentraciones de mercurio en leche de vacas del segundo parto, supera los máximos permisibles determinados por la Norma Técnica Ecuatoriana, pero al revisar los resultados de cada una de las muestras, encontramos que, en leche de vacas de los diferentes partos también encontramos que sobrepasan los límites permitidos, lo cual es preocupante. Al no existir trabajos de investigación sobre niveles de mercurio en leche de vacas, según número de parto, para realizar la discusión correspondiente, podemos deducir que las diferencias de concentraciones de mercurio, se deberían a que existirían diferencias en la cantidad y especies de *Lactobacillus* en el tracto intestinal de las vacas, considerando que Forteza (2020), indica que los resultados obtenidos en su trabajo, muestran en general una gran capacidad de captación de Hg(II) en solución acuosa por parte de todas las cepas analizadas. Entre ellas, destaca la cepa de *Lactobacillus* LF42, que ha demostrado tener una capacidad de retención de mercurio superior al 80% a la concentración celular más baja ensayada, evitando de esta manera la absorción en el intestino delgado, por lo tanto, su presencia en la leche de vacas. La presencia en cantidad y especies de *Lactobacillus* en el organismo animal, dependerá también del uso de antibióticos en el tratamiento de infecciones, causando una disbiosis (Cabello, 2009).

Además, que las bacterias tienen la capacidad de acumulación y compartimentación de iones metálicos en la célula bacteriana puede ocurrir en la



membrana, el espacio periplasmático y el interior celular. En ella pueden intervenir polímeros estructurales y extracelulares que interactúan con los metales atrapándolos dentro de su estructura o proteínas que se unen a los iones metálicos por los que poseen una gran afinidad, evitando sus interacciones con otras proteínas esenciales para el microorganismo (Kasan, 1993). La célula microbiana es un adsorbente natural para los iones metálicos debido a la naturaleza y composición de la pared celular (Blackwell *et al.*, 1995) y numerosos géneros bacterianos han sido utilizados en la biosorción de metales pesados, la utilización de bacterias lácticas con este fin es más reciente (Wang y Chen, 2009).

#### 4.2. NIVEL DE CONOCIMIENTO SOBRE FACTORES DE RIESGO EN LA CONTAMINACIÓN CON MERCURIO

La evaluación de conocimientos sobre factores de riesgo en la contaminación con mercurio, se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 3**

*Frecuencia de respuestas de los criadores sobre conocimientos en la contaminación del río de la cuenca Ramís*

Pregunta	Respuestas	Número de encuestados	%
1: ¿Ud., sabe quiénes contaminan el río Ramís?	Mineros informales de Ananea	09	37.05
	Desde San Antón	08	33.33
	Antauta	07	29.17
	Total encuestado	24	100.0
2: ¿Con que tipo de metales está contaminado el río?	Calcio	03	12.50
	Mercurio	17	70.83
	No está contaminado	04	16.67
	Total encuestado	24	100.00



Pregunta	Respuestas	Número de encuestados	%
3: ¿Con qué tipo de riego se contamina el pasto?	Aspersión	0	00.00
	Inundación	12	50.00
	Ninguno	12	50.00
	Tota encuestado	24	100.00
4: ¿Cómo se contamina sus vacas con mercurio?	Tomando agua, y comiendo pasto	14	58.33
	Comiendo pasto	08	33.33
	Entre vacas de contaminan	02	08.33
	Total encuestado	24	99.99
5: ¿Cómo podemos saber si tiene mercurio la vaca?	Analizando la orina	05	20.83
	Examinando su cuerpo	11	45.83
	Analizando la leche, carne y sangre de la vaca	08	33.33
	Total encuestado	24	99.99
6: ¿Nosotros cómo nos contaminamos con mercurio?	Consumiendo leche, queso y carne	15	62.50
	Tomando agua hervida	0	0.0
	Consumiendo queso crudo	09	37.50
	Total encuestado	24	100.00
7: ¿Ud., se hizo revisar si tiene mercurio en su cuerpo?	Una vez	0	0.0
	Nunca	22	91.67
	Hay que hacerse revisar	2	8.33
	Total encuestado	24	100.00
8: ¿Qué haría cuando sabría que tiene mercurio en su cuerpo?	Curarme	16	66.67
	No regar pasto con el agua del río	07	29.17
	No hay cura	01	4.17
	Total encuestado	24	100.00
9: ¿Para usted, que es el mercurio?	Un metal pesado	20	83.33
	Un plaguicida	3	12.50
	Un desinfectante	1	4.17
Total encuestado	24	100.00	
Pregunta	Respuestas	Número de encuestados	%



10: ¿En qué entorno se encuentra el mercurio?	En el agua	16	66.67
	En el suelo	5	20.83
	En el aire y agua por uso permanente de los mineros.	3	12.50
	Total encuestado	24	100.00
11: ¿Qué órganos se dañarían por tener mercurio en el cuerpo?	Daña el hígado y sangre	12	50.00
	Piel con alergias	07	29.17
	Trastornos en músculos	05	20.83
	Total encuestado	24	99.99
12: ¿Cuánto es el valor máximo permisible de mercurio en la leche?	0.001 miligramos de mercurio/litro	10	41.67
	0.005 miligramos de mercurio/litro	08	33.33
	0.010 miligramos de mercurio/litro	06	25.00
	Total encuestado	24	100.00
13: ¿Qué entidad brinda sobre la calidad del agua de consumo?	ANA	03	12.50
	Jass	04	16.67
	E. P.S. Nor Azángaro	17	70.83
	Total encuestado	24	100.00
14: ¿Qué actividades del hombre ayuda a contaminar a los animales?	Minería artesanal, y el regado de pastos para alimentar vacas	11	45.83
	Hacer tomar agua del río a las vacas.	07	29.17
	Ninguna	06	25.00
	Total encuestado	24	100.00
15: ¿Qué debemos hacer para que el agua del río no esté contaminada?	Organizarnos	08	33.33
	Hacer analizar el agua sí está contaminado	09	37.50
	Pedir a los mineros que, implementen pozos de oxidación	07	29.17
	Total encuestado	24	100.00

En la tabla 4, se aprecia las preguntas y frecuencia de respuestas de 24 encuestas aplicadas a los criadores de vacas del distrito Azángaro; donde las respuestas correctas fueron de 45.56 % de que conocen (C) sobre la contaminación con mercurio del ambiente y resto de los encuestados conoce poco (PC) ó no conoce (NC). A continuación, se



analizan las respuestas por cada pregunta respecto al grado de conocimiento la contaminación con mercurio.

Pregunta 1: El 37.05% de 24 encuestados respondieron que los que contaminan son los mineros informales, lo que indicaría que el nivel de conocimiento es que si conoce. Siendo favorable por que los criadores tienen conocimiento básico del mercurio.

Pregunta 2: Un 70.83% de los criadores manifiestan que, el mercurio es el metal que está en el agua del río, esto indica que los encuestados tienen un nivel de conocimiento al respecto.

Pregunta 3: El 50.00 % de los encuestados indican que se contamina con el riego por inundación, lo cual refleja que si conoce; porque las familias tienen conocimiento de ese factor de riesgo.

Pregunta 4: El 58.33% de las personas conoce que, la contaminación de sus vacas es por el consumo de pastos y agua, y el 33.33% manifiesta que solo se contamina por consumo de pasto.

Pregunta 5: De los 24 encuestados, el 33.33% de las personas manifestaron que, podemos saber sí la vaca tiene mercurio, lo cual se califica de que si conocen; mientras el 45.83% no conoce.

Pregunta 6: El 62.50% de las personas respondieron que nos contaminamos consumiendo leche, carne y queso, lo cual indica que si conoce. Mientras que el 37.50% de los encuestados mencionan consumiendo queso crudo, por lo tanto, poco conocen.

Pregunta 7: El 91.67% de las personas encuestadas manifestaron que nunca se hicieron revisar, lo cual se califica que no conoce; esto indica la falta de capacitación a



los criadores de vacas. Solo el 8.33% si conoce, respondiendo que, hay que hacerse revisar.

Pregunta 8: Un 66.67% de los criadores respondieron que estarían preocupados por hacerse curar, lo cual se califica de que si conoce. Sin embargo, el 29.17% de los encuestados aducen de que, poco conoce al responder no regar los pastos con agua contaminada del río Ramís.

Pregunta 9: El 83.33% de los encuestados manifiesta que, el mercurio es un metal pesado, lo cual califica de que, si conoce; mientras que el 12.50% de los criadores de vacas indican que es una plaguicida, se encuentran en un nivel de conocimiento que poco conoce, esto demuestra que las personas confunden con otras sustancias, por lo tanto, requiere orientación estos criadores.

Pregunta 10: El 12.50% de los encuestados indican que se encuentra en el aire, y en el agua por el uso permanente por los mineros, que esas actividades contribuyen la contaminación de las aguas subterráneas, es calificado que sí conoce; y el 66.67% de los encuestados indican que, expuestos al agua en contaminarse, lo cual califica que saben poco.

Pregunta 11: Opinan el 50.00% de las personas que dañan el hígado y sangre, la respuesta indica que si conoce. Y un 29.17% de los encuestados cree que afecta la piel con alergias, tienen una calificaron que conoce poco; por lo que resulta preocupante y denota que existe deficiente información por parte de las entidades encargadas de la salud pública, esto puede corregirse mediante las campañas de capacitación de los criadores de vacunos del distrito de Azángaro.

Pregunta 12: El 41.67% de las personas respondieron que el valor máximo permisible del mercurio en la leche es de 0.001 miligramos de Hg/Litro, lo cual se califica



de que conocen poco. El 33.33% de los encuestados aducen de que, sí conoce al responder de que la concentración del metal pesado es 0.005 de Hg/Litro de leche establecida por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE 0009.

Pregunta 13: Solo el 12.50% de los encuestados manifiesta que la entidad que brinda servicios sobre la calidad del agua es el ANA lo cual califica de que, si conoce; mientras que el 70.83% de los criadores indican que la entidad que brinda servicios sobre la calidad del agua es E.P.S. Nor Azángaro, se encuentran en un nivel de conocimiento que poco conoce, esto demuestra que las personas confunden la labor que realizan las instituciones.

Pregunta 14: Solo el 45.83% de las personas respondieron que la minería artesanal y el regado de pastos permiten la contaminación de las vacas, lo cual se califica de que si conoce. El 29.17% de los encuestados manifiestan de que, poco conoce al responder de que el beber agua del río favorece la contaminación con el metal pesado, esta respuesta indica que requiere capacitaciones sobre factores de riesgo de contaminarse con el Hg.

Pregunta 15: Solo el 29.17% de los encuestados manifiesta que hay que pedir a los mineros la implementación con pozos de oxidación, lo cual califica de que, si conoce; mientras que el 37.50% de los criadores indican que hacer analizar el agua en laboratorio, se encuentran en un nivel de conocimiento que poco conoce, esto demuestra que necesitan fortalecimiento de capacidades por parte de los gobiernos locales.

Los resultados alcanzados permiten sugerir que los criadores de vacunos no poseen los conocimientos suficientes sobre el mercurio y las consecuencias por el consumo de leche y/o otros lácteos contaminada con Hg; para fortalecer capacidades en los usuarios es de vital importancia la planificación campañas de educación sanitaria para el control y prevención de enfermedades producidas por el mercurio. Para esta acción



deben estar involucrados los gobiernos locales y personal de salud, siendo una herramienta estratégica para la solución de la problemática.

Esta variabilidad de respuestas, podría deberse a que los encuestados poseen diferentes grados de instrucción y edad; por lo que se requiere la llegada de cantidad y calidad de información por las entidades encargadas de promover el fortalecimiento de capacidades en la salud pública, como son gobiernos locales y centro de salud. El grado de conocimiento de la población debe ser vigilado con el fin de mejorar las actitudes en manejo de necesidades para el bienestar humano y puedan controlar y evitar en proveerse agua contaminada con mercurio. El hombre empieza el proceso de adquirir conocimiento, cuando se relaciona con el objeto de estudio, lo que conlleva al logro de un saber, en el cual va generando conceptos sobre los fenómenos reales que lo rodea, ya que penetra espacios de la realidad que le permiten comprender el entorno. Así tenemos que el conocimiento significa entonces, apropiarnos de las propiedades y relaciones de las cosas, entender lo que son y lo que no son (Díaz, 2003).

Al análisis estadístico de la relación entre la contaminación mercurio en leche de vacas y el nivel de conocimientos sobre los riesgos de contaminación ambiental, se encontró que no existe relación entre estas dos variables (anexo 3).



## V. CONCLUSIONES

**PRIMERA:** La leche de vacas del distrito de Azángaro, presentan cantidades de mercurio por debajo de los niveles máximos permitidos según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE 0009:2008, que establece 0.005 mg/kg de leche, excepto el del segundo parto que fue de un promedio de 0.0051 mg de Hg/kg de leche.

**SEGUNDA:** Más del 50% de los criadores de vacunos encuestados, no conocen o conocen poco acerca de los factores de riesgo de contaminación con mercurio.



## VI. RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Implementar estrategias de vigilancia de niveles de mercurio y extender investigaciones en el análisis de suelo, forraje y flora acuática en la cuenca del río Ramís.

**SEGUNDA:** Las instituciones pertinentes, centros de salud y oficinas de medio ambiente deben sensibilizar a la población sobre los factores de riesgo de contaminación con mercurio y otros metales pesados.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mentaste, E., Sarzanini, C. and Barberis, R. (2002). Distribution and Mobility of Metals in Contaminated Sites. Chemometric Investigation of Pollutant Profiles. *Environmental Pollution*, 119: 177.
- Alonso, A. (2013). *Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios*. Unión Europea Revisión, octubre 2013.
- ANA. (2017). Autoridad Nacional del Agua, *Compendio nacional de estadísticas de recursos hídricos 2017*. <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/compendio-nacional-de-estadisticas-de-recursos-hidricos-2017>
- Apaza, H. (2016). *Determinación del contenido de mercurio en agua y sedimentos del río Suches-Zona bajo Paria Cojata-Puno*. Repositorio Institucional - UNAP. Retrieved from: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2854>
- Aquino, E. (2003). *Contaminación por mercurio y cianuro en el Distrito Minero de Ananea-Puno. Tercer Congreso Internacional de Medio Ambiente en Minería y Metalurgia*. Crea ediciones graficas E.I.R.L. Perú.
- Astorga, J., Cari, A., Vilcatoma, L., Alcantara, A., Zamalloa, W., Calsin, A., Olarte, U., Tello, E., Supo, F. y Huanca, J. (2010). *Implicancias sociales y económicas de la contaminación de la Cuenca hidrográfica del Río Ramis*. Oficina Universitaria de Investigación. Universidad Nacional del Altiplano. Puno.
- ATSDR (Agency for toxic substances and disease control) (1999). *Toxicological profile for cadmium, Department of Health and Human Services, Public Health Service*.
- ATSDR. (2015). *The Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, GA*. <http://www.atsdr.cdc.gov/>, 2013 Accessed Sept 29.
- Ayala, J. & Romero, H. (2013). Presencia de metales pesados (Arsénico y Mercurio) en leche de vaca al Sur de Ecuador La Granja. *Revista de Ciencias de la Vida*, vol. 17, núm. 1, 2013, pp. 36-46 Universidad Politécnica Salesiana Cuenca, Ecuador.



- Ayala, J. & Romero, H. (2013). *Presencia de metales pesados (arsénico y mercurio) en leche de vaca al Sur de Ecuador*. Centro de investigaciones químicas y tecnológicas, facultad de ciencias químicas, universidad técnica de Machala.
- Baró, L., Lara, F. y Corral, E. (2010). *Leche y derivados lácteos. Tratado de nutrición*. Tomo II. 2a ed. (pp. 3 - 8). Madrid: Médica Panamericana D. L.
- Blackwell, K. J., Singleton, I. and Tobin, J. M. (1995). Metal cation uptake by yeast: A review. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 43: 579-584.
- Burger, M. & Pose, D. (2010). *Plomo salud y ambiente experiencia en Uruguay*. Montevideo-Uruguay.
- Cabello, T. (2009). *Uso de probióticos como alternativa sustitutoria de los antibióticos promotores del crecimiento en cerdos*. (Tesis). UNMSM. Lima, Perú.  
[https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/15334/Cabello\\_ct.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/15334/Cabello_ct.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cabrera, G. (2013). *Evaluación del impacto ambiental en la minería de la Rinconada - Distrito de Ananea - Puno*. Monografias.Com. Retrieved from:  
<https://www.monografias.com/trabajos104/evaluacion-del-impacto-ambiental-mineria-rinconada-distrito-ananea-puno/evaluacion-del-impacto-ambiental-mineria-rinconada-distrito-ananea-puno.shtml>
- Calderón, V. y Maldonado, M. (2008). *Contaminación e intoxicación por plomo*. México: Trillas.
- Chata, A. (2015) *Presencia de metales pesados (Hg, As, Pb y Cd) en agua y leche en la cuenca del río Coata*. Puno, Perú.
- Christopher, H. Gammons, D., Slotton, G., Gerbrandt, B., Gramajea, W., Courtney, A., Younga, Mcneanya, R., Cámac, E., Calderón, R. & Tapia, H. (2006). *Las concentraciones de mercurio de peces, el agua del río, y los sedimentos en la cuenca del río Ramis-Lago Titicaca, Perú* Volumen 368, Temas 2-3, el 15 de septiembre de 2006, páginas 637-648.



- Codex-Alimentarius (1995). *General standard for contaminants and toxins in food and feed* (Codex Stan 193-1995). [Online]. Available from: [http://www.fao.org/input/download/standards/17/CXS\\_193e\\_2015.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/17/CXS_193e_2015.pdf).
- Combariza, D. (2009). *Contaminación por metales pesados en el embalse del Muña y su relación con los niveles en sangre de plomo, mercurio y cadmio y alteración de salud en los habitantes del municipio de Sibaté (Cundinamarca)* pp.1– 115. (Trabajo de maestría). Universidad Nacional de Colombia.
- Corbetta, P. (2007). *Metodología y técnicas de investigación social*. McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2007 - 304 páginas.
- Davis, A., Volesky, B. y Mucci, A. (2003) A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae. *Water Research*. 37: 4311- 4330.
- Cueva, F., Naranjo, A., Puga, B. y Aragón, E. (2021). *Presencia de metales pesados en leche cruda bovina de Machachi, Ecuador*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Central del Ecuador, Jerónimo Leyton s/n y Gatto Sobral, Av. Universitaria, Quito, 170129, Ecuador.
- Díaz, A. (2013). *Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios*. Unión Europea. Consultado en octubre 2013.
- Díaz, V. (2000). *Problemas originados por la no respuesta en investigación social: Definición, control y tratamiento*. Pamplona: Universidad Pública de Navarra.
- Díaz, J. (2003). *Modelo de la gestión del conocimiento (GC) aplicado a la Universidad Pública en el Perú*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- ECC, Comisión de las Comunidades Europeas. (2006). Reglamento (CE) 1881/2006 de la Comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. *Diario Oficial de la Unión Europea*. p. 20.
- Flores, A. & Malpartida, E. (1998). *Manejo de praderas nativas y pasturas en la region andina del Perú*. Banco Agrario. Fondo Del Libro, 2.



- Forteza, M. (2020). *Capacidad de captación y resistencia a metales pesados de cepas seleccionadas de bacterias lácticas*. (Trabajo de fin de grado). Universidad Católica de Valencia San Vicente Mártir- España.
- <https://riucv.ucv.es/bitstream/handle/20.500.12466/2270/TFG%20Mar%C3%A1Da.pdf?sequence=1>.
- Fuentes, R., Alejo, S., Sánchez, R., Contreras, A., Askar, A., Turanzas, M. & Ortiz, C. (2005). Metal pesado en la leche cruda de bovino. *RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición*, 6(4), 1–5. Retrieved from
- Gonzales-Montaña, J. (2009). Metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 22(3): p. 305-10. 432.
- Kabata-Pendias, A. (2000). *Agricultural problems related to excessive trace element contents of soils*. Salomons W, Mader P, Förstner U. (Eds), *Pathway, Impact Eng. Asp. Met. Polluted Sites*. Springer. 1995: 3–18. [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-79316-5\\_1](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-79316-5_1). Accessed Jun 23, 2016.
- Kasan, H. (1993). The role of waste activated sludge and bacteria in metal-ion removal from solution. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 23: 79-117.
- Kastenmayer, P. (1995). *Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición*. Depósito de Documentos de la FAO, Departamento de Agricultura.
- Licata, P., Trombetta, D., Cristani, M., Giofrè, F., Martino, D., Calò, M., Naccari, F. (2004). Levels of “toxic” and “essential” metals in samples of bovine milk from various dairy farms in Calabria, Italy. *Environment International*. 30(1): p. 1-6.
- Lobato, L. (2013). *Evaluación ambiental y programas de remediación de la cuenca alta del río Ramis*. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica. Lima, Perú.



- Mehta, K. y Gaur, P. (2005) Use of algae for removing heavy metal ions from wastewater: Progress and prospects. *Critical Reviews in Biotechnology*. 25: 113-152.
- Méndez, J. (2002). Metales pesados en alimentación animal. Anaporc. *Revista de Porcinocultura*. 22(223): p. 88-95.
- Méndez, G. (2000). Impacto del riego con aguas contaminadas, evaluado a través de presencia de metales pesados en suelos. *Terra*. 18: p. 277-84.
- Molina, I. (2015). Análisis de arsénico y metales pesados (cadmio, manganeso, mercurio y plomo) en orina y cabello de población infantil residente en huelva. *Dialnet*. Retrieved from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=57390>
- Monroya, M., Maceda-Veigab, A., y Adolfo, S. (2014). La concentración de metales en agua, sedimentos y cuatro especies de peces del lago Titicaca revela una preocupación ambiental a gran escala. *Investigación Artículo Original Ciencias del medio ambiente total*, Volumen 487. Páginas 233-244.
- Moreno, D. (2003). *Toxicología ambiental. Evaluación de riesgo para la salud humana*. 1st ed. Madrid: McGraw Hil.
- Nava, C. & Mendez-Armeta, M. (2011). *Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio) 16, 140-147 (2017a). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio) 16, 140-147 (2017b)*. Neurotoxic effects of heavy metals cadmiun, lead arsenic and talium.16, 140-147.
- NSO (Norma Salvadoreña Obligatoria): NSO.67.01.012:06 (20 – 06 - 2008). Productos lácteos. Leche cruda de vaca. Especificaciones (Primera actualización). *Diario Oficial, Torno 189 N°380*.
- Obregón, D. (2017). *En su tesis de evaluación microbiológica (aerobios mesófilos, bacillus cereus y staphylococcus aureus) y química - toxicológica de metales pesados (pb, hg) en leche para consumo humano en el distrito de Puente Piedra – Lima*. (Tesis de para optar el título profesional de Químico Farmacéutico). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Olarte, A. & Tanaka, E. (2009). Contaminación de aguas y sedimentos por as, pb y hg de la cuenca del rio Ramís, Puno-Perú. *Revista de Investigaciones (Puno)-Escuela*



- de Posgrado de La UNA PUNO*, 5(4). Retrieved from:  
<http://www.revistaepgunapuno.org/index.php/investigaciones/article/view/13>
- OMS. Inorganic Mercury. [Documento]. Geneva: WHO; (1991). Disponible en:  
[www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf](http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf), visitada el 20 de marzo del  
2015. *Parámetros de campo*.  
[https://www.infoagro.com/instrumentos\\_medida/doc\\_conductividad\\_electrica.as  
p?k=5](https://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_conductividad_electrica.asp?k=5)
- OMS. Reglamento Sanitario Internacional. (2005). Disponible en:  
<http://www.who.int/csr/ihr/es/index.html>. Acceso 20/04/2015.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2015). *Intoxicación por plomo y salud*.  
Retrieved from: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-  
poisoning-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health)
- Paredes, H. (2019). *Metales pesados en vacunos alimentados con pastos cultivados bajo  
riego de la cuenca del río Ramis Azángaro – Puno*. (Tesis maestría Ciencia  
Animal). EPG. Puno.
- Pérez, M. (2003). *Interferencia del aluminio con el metabolismo del hierro*. (Tesis de  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales). Universidad de Buenos Aires.
- Pineda, R. (2004). *Presencia de Hongos Micorrízicos Arbusculares y Contribución de  
Glomus Intraradices en la Absorción y Translocación de Cinc y Cobre en Girasol  
(Helianthus Annuus L.) Crecido en un Suelo Contaminado con Residuos de Mina*.  
(Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Universidad de Colima).  
Tecomán, Colima.
- Puma, M. (2017). *IV Foro Mercurio, químicos peligrosos y salud pública*. Madre de Dios,  
UNAMD.
- Rodríguez, H., Sánchez, E., Rodríguez, M., Vidales, A., Karim, A. y Martínez, G. (2005).  
*Metales pesados en leche*.
- Rodríguez, M. (2003). *Determinación de presencia y concentración de metales pesados  
en leche bronca*. (Tesis de Licenciatura). Ingeniero en industrias Alimentarias,  
Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México.



- Romera, E., Gonzalez, F., Ballester, A., Blazquez, L. y Munoz, A. (2006). Biosorption with algae: A statistical review. *Critical Reviews in Biotechnology*. 26: 223-235.
- Sánchez, J. (2012). *La encuesta, herramienta cognitiva*. (Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Políticas y Sociología). DOI: [10.5565/rev/papers/v97n1.334](https://doi.org/10.5565/rev/papers/v97n1.334)
- SENAMHI, (2017). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/00701SENA-593.pdf>.
- Singh, A., Sharma, K., Agrawal, M. y Marshall, M. (2010). Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India. *Tropical Ecology*, 51(2 SUPPL.), 375–387. doi: 10.1016/j.fct.2009.11.041
- Soloisolo, (2022). *Nivel de plomo y mercurio en agua de la cuenca LLallimayo durante el proceso de cierre de la mina Arasi S.A.C. – región Puno*, Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. [http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/17747/Soloisolo\\_Cutipa\\_David.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/17747/Soloisolo_Cutipa_David.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Soria, E. (2016). *Técnicas de estudio eficaces*. Madrid: Mestas Ediciones.
- Unión Europea. (2016). *Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios*. Recuperado de: <http://plaguicidas.comercio.es/MetalPesa.pdf>
- Valdivia, M. (2005). Intoxicación por plomo. *Rev. Soc. Per. Med. Inter*.
- Vázquez, A., Justin, L., Siebe, C., Alcántar, G. (2001). *De La Isla De Bauer MDL. Cadmio, níquel y plomo en agua residual, suelo y cultivos en el valle del Mezquital, Hidalgo, México*. *Agrociencia* 2001;35:267-274.
- Velarde, A. (2021). *Determinación de metales pesados en leche de vaca, pasto y agua de la microcuenca del río Llallimayo, Melgar – Puno*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Nacional del Altiplano Puno. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP\\_552b8284cb822ae65c72de71be9c962a/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_552b8284cb822ae65c72de71be9c962a/Details).



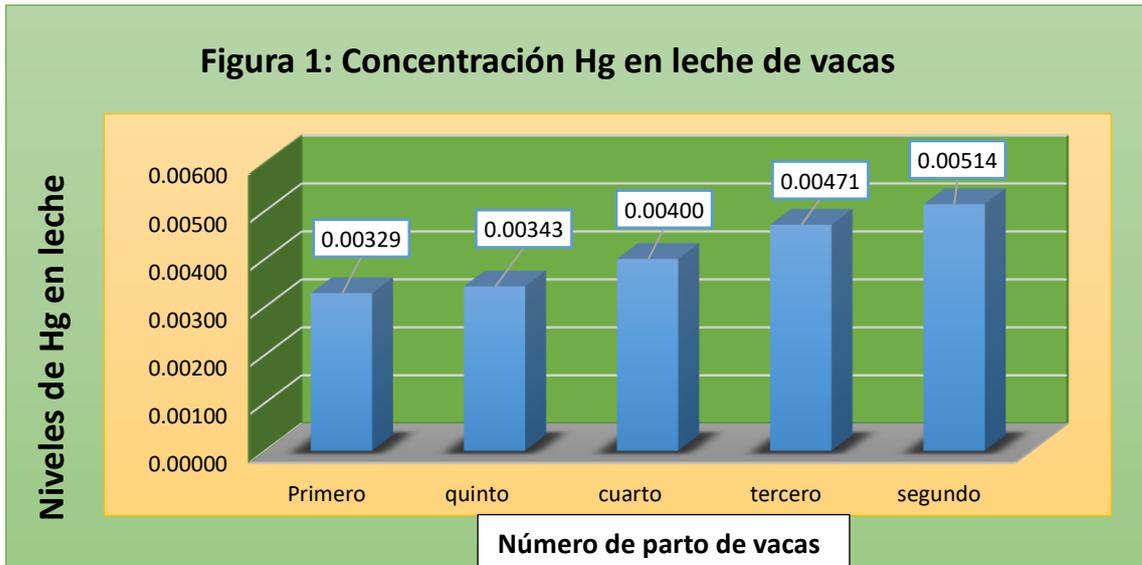
- Volesky, B. y Holan, R. (1995). *Biosorption of heavy metals. Biotechnology progress*. 11: 235-250.
- Wang, J. & Chen, C. (2009). Biosorbents for heavy metals removal and their future. *Biotechnology Advances*, 27(2), 195-226.
- WHO (2019). *Mercury. [Online]. 2019. Health topics*. Available from: [https://www.who.int/ipcs/assessment/public\\_health/mercury/en/](https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury/en/).

## ANEXOS

### ANEXO 1. Panel fotográfico

#### Figura 1

*Concentración de Hg en la leche de vacas según número de parto*



#### Figura 2

*Tecnopor para el envío de las muestras de leche*



### Figura 3

*Toma de muestra de la leche de vaca*



### Figura 4

*Muestras de leche embotelladas*



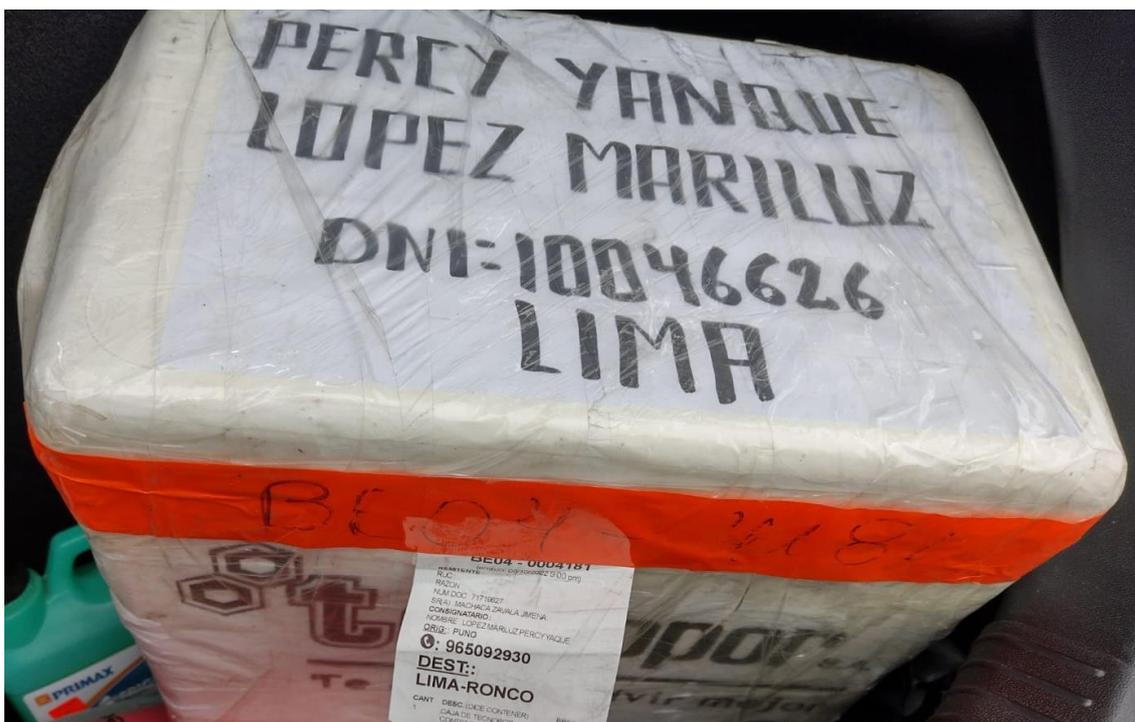
**Figura 5**

*Muestras de leche rotuladas para el envío al laboratorio*



**Figura 6**

*Embalaje de muestras de leche para envío al laboratorio*



## ANEXO 2. Análisis de variancia

Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	LI(95%)	LS(95%)
Hg	35	0,0041	0,0023	56,16	0,001	0,01	0,0033	0,0049

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Hg	35	0,1	0	56,73

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,000018	4	0,0000045	0,83	0,5159
Parto	0,000018	4	0,0000045	0,83	0,5159
Error	0,00016	30	0,0000054		
Total	0,00018	34			

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

### Test: tukey Alfa=0,05

*Error: 0,0000 gl: 30*

Parto	Medias	n	E.E.	
Primero	0,003285714	7	0,00088	A
quinto	0,003428571	7	0,00088	A
cuarto	0,004000000	7	0,00088	A
tercero	0,004714286	7	0,00088	A
segundo	0,005142857	7	0,00088	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

Variable	Media	D.E.	LI(95%))	LS(95%))
Primero	0,00329	0,0024	0,0015	0,0050
quinto	0,00343	0,0018	0,0021	0,0047
cuarto	0,00400	0,0026	0,0020	0,0059
tercero	0,00471	0,0027	0,0027	0,0067
segundo	0,00514	0,0021	0,0035	0,0066

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*



### ANEXO 3. Prueba de T para muestras Independientes

#### Prueba T para muestras Independientes

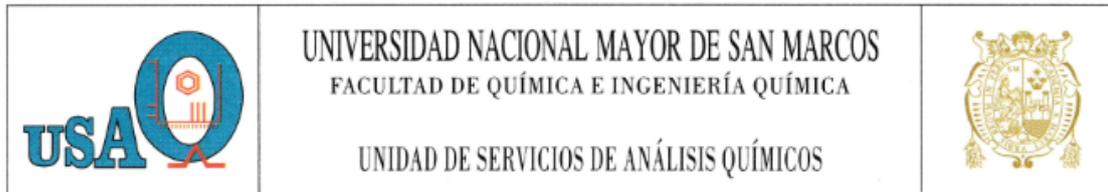
Variable:Hg - Clasific:conocimiento - prueba:Bilateral

	Grupo 1	Grupo 2
	sd	Si_Con
n	21.00	14
Media	4.7E-03	3.2E-03
Media (1) -Media (2)	1.5E-03	
LI (95)	-5.8E-05	
LS (95)	3.1E-03	
pHomVar	0.7197	
T	1.96	
p-valor	0.0587	

*No existe relación entre los niveles de mercurio y nivel de conocimiento.*



## ANEXO 4. Datos del laboratorio de Lima



### INFORME DE ENSAYO

N° 499-2022

Cliente	JIMENA MACHACA
Dirección del cliente	PUNO
Referencia USAQ	499
Denominación de la muestra	LECHE DE VACAS
Fecha de recepción	10/10/2022
Fecha de análisis	12/10/2022
Fecha de emisión de informe	19/10/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
499-01	Mercurio	C/R 1.1 T	0.001	ppm
499-02	Mercurio	C/R 1.2 Q	0.003	ppm
499-03	Mercurio	C/R 1.3 I	0.003	ppm
499-04	Mercurio	C/R 1.4 T	0.001	ppm
499-05	Mercurio	C/R 2.1 T	0.006	ppm
499-06	Mercurio	C/R 2.2 Q	0.005	ppm
499-07	Mercurio	C/R 2.3 T	0.003	ppm
499-08	Mercurio	C/R 2.4 I	0.007	ppm
499-09	Mercurio	C/R 3.1 T	0.005	ppm
499-10	Mercurio	C/R 3.2 I	0.001	ppm
499-11	Mercurio	C/R 3.3 Q	0.008	ppm
499-12	Mercurio	C/R 3.4 T	0.002	ppm

#### Límites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Límite de detección	Método
Mercurio	0.0005 ppm	USAQ-ME-04 AAS

  
 PERCY YAQUE LÓPEZ MARILLUZ  
 QUÍMICO  
 CQP. 876  
**RESPONSABLE DE LABORATORIO**



	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS</p>	
---	--	---

**INFORME DE ENSAYO** N° 499-2022

Cliente	JIMENA MACHACA
Dirección del cliente	PUNO
Referencia USAQ	499
Denominación de la muestra	LECHE DE VACAS
Fecha de recepción	10/10/2022
Fecha de análisis	12/10/2022
Fecha de emisión de informe	19/10/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
499-13	Mercurio	C/R 4.1 T	0.003	ppm
499-14	Mercurio	C/R 4.2 Q	0.007	ppm
499-15	Mercurio	C/R 4.3 I	0.001	ppm
499-16	Mercurio	C/R 4.4 T	0.002	ppm
499-17	Mercurio	C/R 5.1 T	0.006	ppm
499-18	Mercurio	C/R 5.2 Q	0.005	ppm
499-19	Mercurio	C/R 5.3 I	0.004	ppm
499-20	Mercurio	C/R 5.4 Q	0.002	ppm
499-21	Mercurio	S/R 1.1 F	0.002	ppm
499-22	Mercurio	S/R 1.2 R	0.006	ppm
499-23	Mercurio	S/R 1.3 L	0.007	ppm
499-24	Mercurio	S/R 2.1 F	0.005	ppm

Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Limite de detección	Método
Mercurio	0.0005 ppm	USAQ-ME-04 AAS

  
 PERCY YAQUE LÓPEZ MARILUZ  
 QUÍMICO  
 CQP. 876  
**RESPONSABLE DE LABORATORIO**



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS</b> FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA  UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS	
---	---	---

**INFORME DE ENSAYO** N° 499-2022

Cliente	JIMENA MACHACA
Dirección del cliente	PUNO
Referencia USAQ	499
Denominación de la muestra	LECHE DE VACAS
Fecha de recepción	10/10/2022
Fecha de análisis	12/10/2022
Fecha de emisión de informe	19/10/2022
Características de muestra.	Muestras líquidas

Referencia USAQ	Determinación o Parámetro	Especificación	Resultado	Unidades
499-25	Mercurio	S/R 2.2 R	0.002	ppm
499-26	Mercurio	S/R 2.3 L	0.008	ppm
499-27	Mercurio	S/R 3.1 F	0.008	ppm
499-28	Mercurio	S/R 3.2 R	0.005	ppm
499-29	Mercurio	S/R 3.3 L	0.004	ppm
499-30	Mercurio	S/R 4.1 F	0.008	ppm
499-31	Mercurio	S/R 4.2 R	0.003	ppm
499-32	Mercurio	S/R 4.3 L	0.004	ppm
499-33	Mercurio	S/R 5.1 F	0.002	ppm
499-34	Mercurio	S/R 5.2 R	0.001	ppm
499-35	Mercurio	S/R 5.3 L	0.004	ppm

Limites de detección y Métodos

Determinación o parámetro	Limite de detección	Método
Mercurio	0.0005 ppm	USAQ-ME-04 AAS

  
 PERCY YAQUE LÓPEZ MARILLUZ  
 QUÍMICO  
 CQP. 876  
**RESPONSABLE DE LABORATORIO**



## ANEXO 5. Nivel de conocimiento de los productores de vacunos sobre contaminación de leche de vacas con mercurio en el distrito de Azángaro-Puno

### Nivel de conocimiento de los productores de vacunos sobre contaminación de leche de vacas con mercurio en el distrito de Azángaro-Puno

Fecha:...../...../..... Sector:.....

Comunidad:..... Familia:.....

Integrantes de la familia, total:.....

Marcar con (X) en el recuadro al lado izquierdo (☐), la respuesta correcta que convenga.

P1: ¿Ud., sabe quiénes contaminan el río Rarris?

- Mineros informales de Ananea
- Desde San Antón
- Antauta

P2: ¿Con qué tipo de metales está contaminado el río?

- Calcio
- Mercurio
- No está contaminado

P3: ¿Con qué tipo de riego se contamina el pasto?

- Aspersión
- Inundación
- Ninguno

P4: ¿Cómo se contamina sus vacas con mercurio?

- Tomando agua, y comiendo pasto
- Comiendo pasto
- Entre vacas de contaminan

P5: ¿Cómo podemos saber si tiene mercurio la vaca?

- Analizando la orina
- Examinando su cuerpo
- Analizando la leche, carne y sangre de la vaca

P6: ¿Nosotros cómo nos contaminamos con mercurio?

- Consumiendo leche, queso, carne de las vacas
- Tomando agua hervida
- Consumiendo queso crudo

P7: ¿Ud., se hizo revisar si tiene mercurio en su cuerpo?

- Una vez
- Nunca
- Hay que hacerse revisar

P8: ¿Qué haría cuando sabría que tiene mercurio en su cuerpo?

- Curarme
- No regar pasto con el agua del río
- No hay cura

P9: ¿Para usted, que es el mercurio?

- Un metal pesado
- Un plaguicida
- Un desinfectante

P10: ¿En qué entorno se encuentra el mercurio?

- En el agua
- En el suelo
- En el aire y agua por el uso permanente por los mineros.

P11: ¿Qué órganos se dañaría por tener mercurio en el cuerpo?

- Daña nuestro hígado y sangre
- Piel con alergias
- Trastornos en músculos

P12: ¿Cuál es el valor máximo permisible de mercurio en la leche cruda?

- 0.01 miligramos de mercurio / litro
- 0.005 miligramos de mercurio / litro
- 0.18 miligramos de mercurio / litro

P13: ¿Conoce la entidad que brinda servicios sobre la calidad del agua de consumo?

- ANA
- Jass
- E.P.S. Nor Azángaro

P14: ¿Qué actividades del hombre ayuda a contaminar a los animales?

- Minería artesanal, y el regado de pastos para alimentar vacas
- Hacer tomar agua del río a las vacas.
- Ninguna

P15: ¿Qué debemos hacer para que el agua del río no esté contaminada?

- Organizarnos
- Hacer analizar el agua si está contaminado
- Pedir a los mineros que implementen pozos de oxidación



## ANEXO 6. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo JIMENA MACHACA ZAVALA  
identificado con DNI 71719627 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ NIVELES DE MERCURIO EN LECHE DE VACAS Y FACTORES DE  
RIESGO DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL  
DISTRITO DE AZANGARO - PUNO. ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 08 de enero del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



## ANEXO 7. Autorización para el depósito de tesis en Repositorio Institucional



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo JIMENA MACHACA ZAVALA,  
identificado con DNI 71719627 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA,

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

" NIVELES DE RECURSO EN LECHE DE VACHAS Y FACTORES DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL DISTRITO DE AZANGARO - PUNO. "

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 08 de Enero del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella