

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO**  
**AMBIENTE**



**TESIS**

**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN PASTOS, FIBRA, CARNE  
Y VÍSCERAS DE ALPACAS EN COMUNIDADES DEL DISTRITO DE  
ANANEA - PUNO**

**PRESENTADA POR:**

**ROGER HUANQUI PÉREZ**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO  
AMBIENTE**

**PUNO, PERÚ**

**2018**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



TESIS

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN PASTOS, FIBRA, CARNE  
Y VÍSCERAS DE ALPACAS EN COMUNIDADES DEL DISTRITO DE  
ANANEA - PUNO

PRESENTADA POR:

ROGER HUANQUI PÉREZ

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



Dr. ELISEO PELAGIO FERNÁNDEZ RUELAS

PRIMER MIEMBRO



Dr. CEFERINO UBERTO OLARTE DAZA

SEGUNDO MIEMBRO



Dr. VLADIMIRO IBÁÑEZ QUISPE

ASESOR DE TESIS



Dr. JULIO MÁLAGA APAZA

Puno, 10 de octubre de 2018.

**ÁREA:** Ciencia, tecnología y medio ambiente.

**TEMA:** Metales pesados en pastos, fibra, carne y vísceras de alpaca.

**LÍNEA:** Impacto tecnológico ambiental.

## DEDICATORIA

- Con amor a mi amada esposa Julia por su apoyo invaluable.
- A mis queridos hijos Enrique, Cesar y Sofía por la felicidad que llenan en mi hogar, ilusión y esperanza de mi familia.
- A la memoria de mi padre Lucio y mi madre linda Catalina y a mis hermanos (as) que me apoyaron de manera permanente en mi formación personal.
- A mi familia política que los quiero mucho.

## AGRADECIMIENTOS

- A mis Docentes de la Escuela de Posgrado de la UNA, por su franco apoyo e incondicional.
- Al Dr. Julio Málaga Apaza, Docente de la Universidad Nacional del Altiplano, asesor de la tesis, por el interés y correcciones del presente trabajo de investigación.
- Al jurado calificador, por su apoyo, la información prestada y por sus sabios consejos.

**ÍNDICE GENERAL**

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
ACRÓNIMOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1

**CAPÍTULO I****REVISIÓN DE LITERATURA**

1.1 Marco teórico	3
1.1.1 Situación de la actividad minera en el Perú	3
1.1.2 Situación de la actividad minera en Ananea-Rinconada	4
1.1.3 Situación de los Camélidos en el Perú	6
1.1.4 Metales pesados	7
1.1.5 Contaminación por metales pesados	12
1.1.6 Técnicas en determinación de metales pesados	14
1.1.7 Clasificación de la vegetación	15
1.2 Antecedentes	15
1.2.1 Arsénico	15
1.2.2 Cadmio	18
1.2.3 Mercurio	19
1.2.4 Plomo	20

**CAPÍTULO II****PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

2.1 Identificación del problema	26
2.2 Enunciados del problema	27
2.2.1 Problema general	27

2.2.2	Problemas específicos	27
2.3	Justificación	27
2.4	Objetivos	28
2.4.1	Objetivo General	28
2.4.2	Objetivos Específicos	28
2.5	Hipótesis	29
2.5.1	Hipótesis general	29
2.5.2	Hipótesis específicas	29
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>		
3.1	Lugar de estudio	30
3.2	Material de estudio	30
3.3	Métodos de Investigación	31
3.3.1	Obtención de muestras	31
3.3.2	Determinación de arsénico, plomo, mercurio y cadmio por espectrofotometría de absorción atómica por la técnica de horno de grafito	32
3.4	Análisis Estadístico	37
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		
4.1	Metales pesados en pastos de las praderas	38
4.2	Metales pesados en fibra de alpaca	40
4.3	Concentración de cadmio en carne y vísceras de alpaca	41
4.4	Concentración de mercurio en carne y vísceras de alpaca	43
4.5	Concentración de arsénico en carne de alpaca	45
4.6	Concentración de plomo en carne de alpaca	48
CONCLUSIONES		51
RECOMENDACIONES		52
BIBLIOGRAFÍA		53
ANEXOS		60

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para Agua – D.S. N° 004-2017-MINAM	23
2. Niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentación animal.	23
3. Contenidos máximos (mg/Kg) de metales pesados en los productos alimenticios.	24
4. Contaminación de metales pesados (mg/L) en zona alta y estándares de calidad de suelos según UE y EPA	24
5. Contaminación con metales pesados en suelos (mg/kg) en cordillera	24
6. Contaminación con metales pesados en vegetales (mg/kg) en cordillera.	25
7. Muestras de carne y vísceras, fibra de alpacas y pastos para el estudio.	31
8. Niveles de concentración de metales pesados ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en pastos de las praderas del Distrito de Ananea-Puno.	38
9. Niveles de concentración de metales pesados ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en fibra de alpaca de las comunidades del Distrito de Ananea-Puno.	40
10. Niveles de concentración de cadmio ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en músculos y vísceras de la carne de alpaca en comunidades del Distrito de Ananea-Puno.	42
11. Niveles de concentración de mercurio ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en muslo y vísceras de la carne de alpaca en comunidades del Distrito de Ananea-Puno.	43
12. Valores determinados por el equipo de AA de las soluciones estándar de As.	61
13. Valores determinados por el equipo de AA de las soluciones estándar de Cd.	63
14. Absorbancia de los patrones de Mercurio	65
15. Absorbancias de los patrones de Pb	67
16. ANVA para concentración de metales en pastos de la pradera nativas en comunidades del Distrito de Ananea.	76
17. ANVA para concentración de metales en fibra de alpaca en comunidades del Distrito de Ananea.	76
18. ANVA para concentración de cadmio en músculos y vísceras de alpaca en comunidades del Distrito de Ananea.	76
19. ANVA para concentración de mercurio en músculos y vísceras de alpaca en comunidades del Distrito de Ananea.	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Mapa de la Región Puno y el Distrito de Ananea.	5
2. Contribución en (%) de los distintos grupos de alimentos a la ingesta de cadmio.	18
3. Localización del lugar de muestreo de la zona costal media en alpacas.	31
4. Niveles de metales pesados en pastos de las praderas	38
5. Niveles de metales pesados en fibra de alpaca	40
6. Niveles de cadmio en carne y vísceras de la alpaca	41
7. Niveles de mercurio en carne y vísceras de la alpaca	43
8. Curva de calibración de As	61
9. Programa de temperatura para la medición de As por horno de grafito	62
10. Parámetros ópticos para la medición de As por horno de grafito	62
11. Curva de calibración de Cd	63
12. Parámetros ópticos para la medición de Cd por horno de grafito	64
13. Programa de temperatura para la medición de Cd por horno de grafito	64
14. Curva de calibración de Hg	65
15. Parámetros ópticos para la medición de Hg por horno de grafito	66
16. Programa de temperatura para la medición de Hg por horno de grafito	66
17. Curva de calibración de Pb	67
18. Condiciones ópticas para la medición de Pb por horno de grafito	68
19. Programa de temperatura para la medición de Pb por horno de grafito	68
20. Identificación de los animales para obtención de muestras de fibra, carne y vísceras.	69
21. Zonas de pastoreo de alpacas reemplazadas por extracción minera.	70
22. Áreas de extracción minera.	70
23. Pastando alpacas en áreas circundantes a extracción minera.	70
24. Viviendas de calamina de los mineros de la Rinconada.	70
25. Puesto de expendio de carne de alpaca en el mercado la Rinconada.	70
26. Via de circulación de los habitantes en las calles de la Rinconada.	70
27. Expendio de visceras de alpacas en el mercado de la Rinconada.	71
28. Puesto de expendio de la carne de alpaca en Rinconada.	71
29. Comprando la carne de alpaca en la Rinconada.	71
30. Comercialización de la carne de alpaca en la Rinconada.	71



31. Puesto de expendio del chicharon con la carne de alpaca en la Rinconada.	71
32. Majada de alpacas de Pampa Blanca donde se utilizó para el presente estudio.	71
33. Majada de alpacas de Belén donde se utilizó para el estudio.	72
34. Traslado de Alpacas para el muestreo de carne y visceras.	72
35. Desuello de la alpaca de Pampa Blanca.	72
36. Desuello de la alpacas Belén.	72
37. Materiales para la toma de muestras	72
38. Visceras torácicas y abdominales	72
39. Pesado de las muestras	73
40. Rotulado de las muestras en bolsas de polietileno	73
41. Muestras congeladas en la caja de tecnoport	73
42. Ingreso a la UNMSM – Lima.	73
43. Laboratorio donde se procesó las muestras.	73
44. Triturado de las muestras del hígado.	73
45. Triturado de las muestras del corazón.	74
46. Triturado de las muestras del músculo.	74
47. Pesado de la muestra triturada.	74
48. Colocado muestras de las alpacas en crisoles.	74
49. Mufla eléctrica.	74
50. Filtrado de las muestras.	74
51. Dilución de la muestra.	74
52. Dilución para la lectura.	75
53. Automuestreador.	75
54. Espectrofotometro.	75

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Graficas de Curva de Calibración para el arsénico	61
2. Curva de Calibración para el cadmio	63
3. Curva de calibración para el mercurio	65
4. Curva de Calibración para el plomo	67
5. Panel fotográfico	69
6. Procesamiento de información	76
7. Informe de ensayos de laboratorio	77

## ACRÓNIMOS

Pb = Plomo

As = Arsénico

Hg = Mercurio

Cd = Cadmio

Cu = Cobre

Ni = Níquel

Sb = Antimonio

Bi = Bismuto

$\mu\text{g}/\text{kg}$  = Microgramos/ kilogramo

$\text{mg}/\text{kg}$  = Miligramos/ kilogramo

EPA = Agencia de Protección Ambiental (Enviromen Protection Agency)

USAQ = Unidad de Servicios de Análisis Químicos

NOM = Norma Oficial Mexicana

N. D. = No detectable

OMS = Organización Mundial de Salud

UNMSM = Universidad Nacional Mayor de San Marcos

UI = Unidad Internacional

UE = Unión Europea.

VIH = Virus de la Inmunodeficiencia Humana.

Ppb = Partes por billón

Abs = Absorbancia

ECC = Comisión de las Comunidades Europeas. Reglamento

EAA = Espectrofotometría de absorción atómica

SNC = Sistema nervioso central

ADN = Ácido desoxi rebonucléico

IARC = International Agency for Research on Cancer

IUPAC = Union International of Pure and Applied Chemistry

UIQPA = Unión Internacional de Química Pura y Aplicada

n = Tamaño de muestra

D.S. = Desviación Estándar

V.E. = Valores extremos

mL = Mililitros

## RESUMEN

Los metales pesados son factores de riesgo en la salud pública causando efectos negativos en humanos, animales y en el ambiente; la investigación fue realizado en comunidades del distrito de Ananea a 4 610 msnm, con el objetivo de determinar las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en pastos, fibra, carne y vísceras de alpacas criadas en ámbitos de actividad minera, se recolectaron muestras de pasto en zonas de pastoreo, fibra del costillar medio, la carne y vísceras de animales beneficiadas; en los cuales se han cuantificado cuatro metales que se analizaron mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito SHIMADZU AA-6800 en el laboratorio de Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Universidad Nacional Mayor San Marcos-Lima. La información obtenida fue transformada a valores logarítmicos y analizados a través del software R ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)) y comparación de medias de Tukey. Los niveles de metales pesados encontrados en el pasto fueron Hg, Cd y As con  $1,996 \pm 0,152$ ,  $1,623 \pm 0,118$  y  $1,606 \pm 0,352$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  de pasto, respectivamente ( $p > 0,05$ ); en la fibra de alpaca se encontró  $2,326 \pm 0,191$   $\mu\text{g}$  de mercurio/kg, cadmio  $1,752 \pm 0,155$   $\mu\text{g}/\text{kg}$ , arsénico  $1,721 \pm 0,247$   $\mu\text{g}/\text{k}$  y plomo  $0,884 \pm 0,228$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  ( $p < 0,01$ ); la concentración de cadmio fue de  $2,366 \pm 0,295$ ,  $2,157 \pm 0,275$ ,  $1,969 \pm 0,286$ ,  $1,512$  y  $1,214$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  de hueso, muslo, pulmón, riñón e hígado de las alpacas, respectivamente ( $p < 0,05$ ). La concentración de mercurio en el hueso, hígado, muslo, pulmón y riñón mostraron valores de  $2,092 \pm 0,222$ ,  $2,061 \pm 0,012$  y  $1,979 \pm 0,211$ ,  $1,925 \pm 0,243$  y  $1,919 \pm 0,217$   $\mu\text{g}/\text{kg}$ , respectivamente. En conclusión, los niveles de mercurio y cadmio en músculos y vísceras de alpacas no superan los límites máximos permisibles, según Normas Internacionales alimentarias.

**Palabras clave:** Alpaca, carne, fibra, metales pesados, pastos y vísceras.

## ABSTRACT

Heavy metals are risk factors in public health causing negative effects in humans, animals and the environment; The research was conducted in communities of Ananea district at 4,610 masl, with the objective of determining the concentrations of arsenic, cadmium, mercury and lead in pastures, fiber, meat and viscera of alpacas raised in mining activity areas, samples were collected of pasture in grazing areas, fiber of the middle ribs, the meat and viscera of animals benefited; in which four metals were quantified that were analyzed by the technique of atomic absorption spectrophotometry with graphite furnace SHIMADZU AA-6800 in the laboratory of the Chemical Analysis Services Unit of the National University of San Marcos-Lima. The information obtained was transformed to logarithmic values and analyzed through software R ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)) and comparison of means of Tukey. The levels of heavy metals found in the pasture were Hg, Cd and As with  $1,996 \pm 0.152$ ,  $1.623 \pm 0.118$  and  $1.606 \pm 0.352$   $\mu\text{g} / \text{kg}$  of grass, respectively ( $p > 0.05$ ); in alpaca fiber,  $2,326 \pm 0.191$   $\mu\text{g}$  mercury / kg, cadmium  $1,752 \pm 0.155$   $\mu\text{g} / \text{kg}$ , arsenic  $1,721 \pm 0.247$   $\mu\text{g} / \text{kg}$  and lead  $0.884 \pm 0.228$   $\mu\text{g} / \text{kg}$  ( $p < 0.01$ ); the concentration of cadmium was  $2,366 \pm 0,295$ ,  $2,157 \pm 0,275$ ,  $1,969 \pm 0,286$ ,  $1,512$  and  $1,214$   $\mu\text{g} / \text{kg}$  of bone, thigh, lung, kidney and liver of the alpacas, respectively ( $p < 0.05$ ). The concentration of mercury in the bone, liver, thigh, lung and kidney showed values of  $2,092 \pm 0,222$ ,  $2,061 \pm 0,012$  and  $1,979 \pm 0,211$ ,  $1,925 \pm 0,243$  and  $1,919 \pm 0.217$   $\mu\text{g} / \text{kg}$ , respectively. In conclusion, the levels of mercury and cadmium in the muscles and viscera of alpacas do not exceed the maximum permissible limits, according to International Food Standards.

**Keywords:** Alpaca, fiber, guts, heavy metals, meat and pasture

## INTRODUCCIÓN

La sociedad actual conlleva al impulso de las diversas actividades antropogénicas e industriales y por ende, a un aumento en la emisión de sustancias contaminantes, generando la acumulación de éstas en suelos, agua y plantas, que están íntimamente relacionados con las especies animales; lo cual facilita la entrada de dichas sustancias tóxicas a las redes tróficas. Dentro de los contaminantes ambientales se encuentran los metales pesados, algunos de estos metales son benéficos, debido al papel que desempeñan en las funciones bioquímicas y fisiológicas en los seres vivos y otros pueden ser muy tóxicos o inclusive letales en concentraciones muy bajas (Cobb et al., 2000; Negroni, 2009; Rascio y Navari, 2011; Tchounwou et al., 2012; Wang et al., 2015; Bonanno et al., 2017).

La demanda de carne y vísceras por parte de los habitantes que se dedican a la actividad minera en el distrito de Ananea, va en aumento en cada año; es por ello que se tiene que vigilar la contaminación en el proceso de producción de carne de alpacas, debido a que, es una de las actividades más representativas de la ganadería camélida, siendo los sistemas de producción de manera tradicional, y que no adoptan eficientemente nuevas tecnologías para mejorar el manejo y esto podría afectar a la salud de los consumidores. El problema ambiental por contaminación con metales pesados, presenta evidencia científica suficiente de que la contaminación del suelo puede repercutir fácilmente en la cadena trófica (suelo, agua, aire, plantas), desde ahí pasan a los animales a bioacumularse en sus tejidos, órganos y posteriormente se evidencian en sus productos como en la carne, huevos y leche; mediante ellas llegarán a los humanos como elementos finales de la cadena trófica, posibilitando graves problemas de salud (Castillo, 2005).

Los metales pesados como el arsénico, cadmio, mercurio y plomo además de ejercer efectos tóxicos, pueden transferirse mediante la cadena trófica y ser un factor de riesgo en la salud pública; causando efectos negativos sobre los animales y el hombre, tales como daños a nivel del sistema nervioso central, en la función hepática y renal, en el sistema músculo-esquelético, en la función reproductiva, alteraciones mutagénicas, efectos carcinogénicos e inmunológicos, específicamente en los infantes y adultos mayores a 60 años, que representan las poblaciones más sensibles a dichos efectos (Aquino, 2003).

El estudio pretende alcanzar un conocimiento científico sobre la contaminación por metales pesados y plasmar las bases sobre la situación real en la carne de alpaca que se



expende en los mercados de abasto del centro poblado de la Rinconada y del distrito de Ananea. En este contexto, no se han realizado investigaciones en relación al contenido de metales pesados en la carne de consumo de alpacas; por lo que, el conocimiento científico logrado, se presentará a la población de la zona, con fines de planificar, vigilar e implementar acciones preventivas sobre consumo de carne y vísceras para así contribuir a una vida saludable, ya que los criadores sensibilizados evitarán en proveer carne contaminada al mercado.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1 Marco teórico

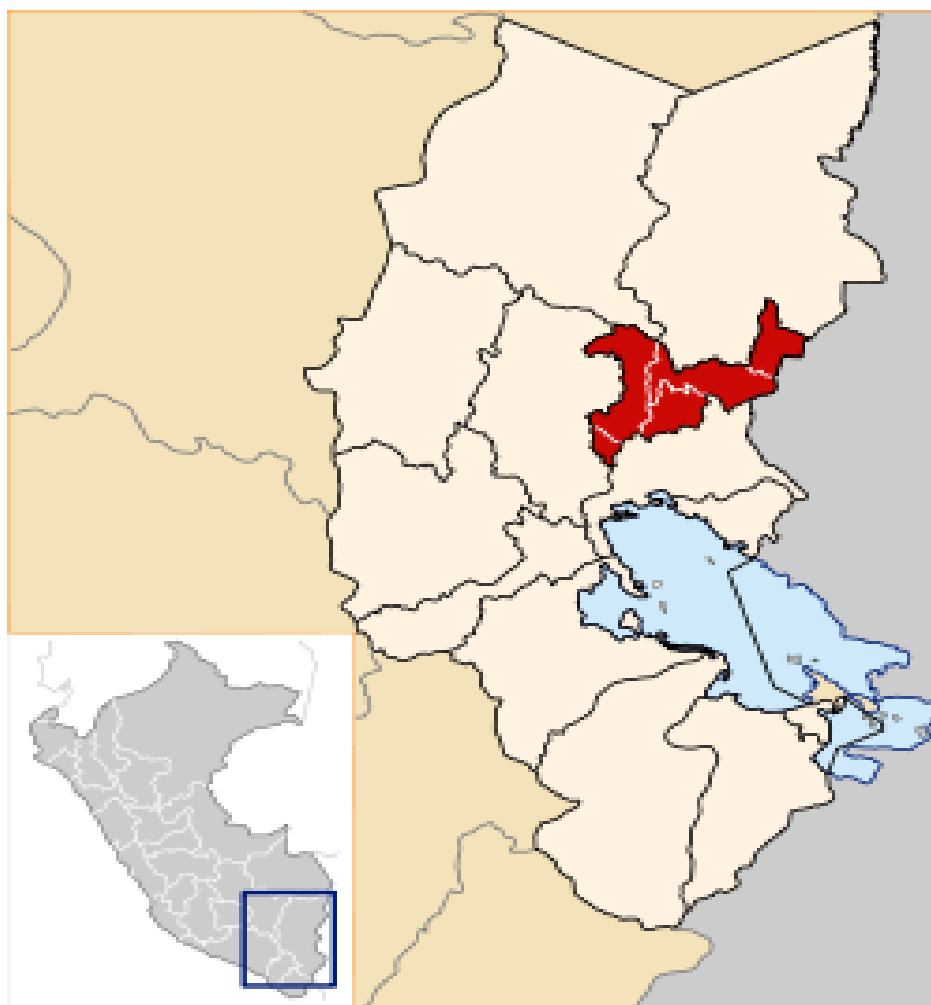
##### 1.1.1 Situación de la actividad minera en el Perú

La minería es una actividad extractiva cuyo desarrollo constituye soporte para gran parte de la industria manufacturera y joyera del mundo. Es una actividad vinculada a las finanzas y al medio ambiente. La cotización de los minerales ha determinado la evolución de las bolsas mundiales en estos últimos años. El Perú se ubica en lugares importantes en Latinoamérica y en el mundo por producción y potencial minero. Latinoamérica ocupa el primer lugar en la producción de zinc, plomo, estaño, plata y oro siendo segundo lugar sólo en la producción de cobre. A nivel mundial ocupa el primer lugar en plata (16,48%), tercer lugar en zinc (12,15%), cobre (6,86%), y estaño; cuarto lugar en plomo (9,52%) y quinto lugar en oro (8,01%). No obstante que, la historia económica peruana, la minería ha contribuido al crecimiento económico del país y ha sido una fuente importante de ingresos fiscales. No obstante, la generación de conflictos y los impactos ambientales han sido motivo de preocupación dentro de las comunidades campesinas y la sociedad en general (Dammert y Molinelli, 2007).



### 1.1.2 Situación de la actividad minera en Ananea-Rinconada

El Centro Poblado de La Rinconada es lugar más alto del Mundo, que está a una altitud de 4 610 metros sobre el nivel del mar (msnm), considerado como un campamento minero-informal, cuenta con 50 000 habitantes aproximadamente, el 90% de esta población se dedican de la minería artesanal e informal, el estrecho camino llamado la compuerta es el paso obligado para llegar a las minas ubicadas en la falda del nevado Ritiik'úcho, un lugar donde se encuentra la mayoría de los asentamientos mineros, las minas de la Rinconada son explotadas las 24 horas del día por miles de trabajadores que llegan de distintas partes del País, atraídos por el oro, para muchos la esperanza de hacer dinero rápido se esfuman al poco tiempo de llegar, las condiciones del trabajo son extremas, el clima es adverso y el hacinamiento es intolerable. Esta actividad es una minería en vías de formalización, donde se extrae el oro utilizando el mercurio; la población puede presentar problemas neurológicos, alteraciones mentales y problemas renales, por la intoxicación del metal pesado el mercurio. El Centro poblado no cuenta con los servicios básicos, como agua potable, desagüe y relleno sanitario, existe un alto porcentaje de contaminación ambiental; presentando problemas diarreicos, desnutrición etc., existe hacinamiento por la gran cantidad de habitantes, cada familia vive en una habitación de 16 m<sup>2</sup>, de construcción con calaminas y algunas de material noble; existiendo la prostitución y el alcoholismo, con lo que generan problemas de enfermedades de transmisión sexual, como el VIH (Aquino, 2003).



*Figura 1.* Mapa de la Región Puno y el Distrito de Ananea.

Leyenda: Color rojo Distrito de Ananea y color Azul el Lago Titicaca.

La economía del Distrito de Ananea proviene de las actividades extractivas (sector primario), siéndole muy representativa la minería artesanal (extracción de oro); la ganadería de subsistencia (alpacas y llamas), esta se ha venido afectando debido a los relaves mineros provenientes de los campamentos mineros-informales; y la agricultura que no es practicada intensivamente debido a la pobreza de los suelos y el clima propio del área. Además de esto cabe mencionar la importancia del sistema "cooperativista" de las poblaciones que habitan esta región. El Distrito de Ananea está ubicado en los Andes Centrales, en el flanco oriental, al sur de Perú, en la provincia de San Antonio de Putina, en la Región Puno, el nevado de Ananea está a 5 852 msnm perteneciente a la cordillera de los Andes en su flanco oriental que es un constante asiento en su base de campamentos mineros-informales sin medidas de seguridad, ni sanidad, esto debido a su potencial aurífero (Astorga et al., 2010).

### 1.1.3 Situación de los Camélidos en el Perú

En América del Sur se estima que existen más de 7,5 millones de cabezas de camélidos sudamericanos, los cuales son agrupados en cuatro especies, dos de ellas silvestres: la vicuña (*Vicugna vicugna*), y el guanaco (*Lama guanicoe*); y dos domésticos: la llama (*Lama glama*), y la alpaca (*Lama pacos*) (Brenes et al., 2001).

Hasta hace unos 20 años, las alpacas fueron consideradas como un espécimen adaptado a su medio ambiente nativo. Sin embargo, las introducciones exitosas de esta especie a Australia, Canadá, Inglaterra, Francia, Nueva Zelanda y los EE. UU. Han demostrado que estas son más versátiles que lo reconocido anteriormente (Wuliji et al., 2000).

El Perú es el primer productor mundial de alpacas con una población de 3 685 516 animales, el departamento de Puno posee 1 459 903 alpacas (INEI-CENAGRO, 2012).

La crianza de alpacas es una actividad de vital importancia para los pobladores alto andinos, quienes se benefician económicamente y tienen acceso directo de alimentos de origen animal, como la carne, una proteína de alta calidad nutricional, cuya producción es a base de pastos naturales que se encuentran entre los 3 500 a 5 400 msnm, con precipitaciones pluviales de 707 mm y temperaturas de 1,2 °C; donde los camélidos sudamericanos se han adaptado eficientemente en comparación a otras especies. Esto implica una potencialidad para la crianza de alpacas y por ende la exportación de la carne y sus derivados, por su alto contenido de proteína, bajo porcentaje en colesterol y con menor infiltración de grasa en comparación a ovino y vacunos (Leguía y Clavo, 1989).

La importancia de la carne de alpaca en la alimentación humana es muy importante, tanto desde el punto de vista fisiológico como el biológico. La presencia en la ración de una cantidad determinada de proteínas de origen animal, es absolutamente necesaria, en especial cuando están destinadas a organismos en crecimiento. Además, se ha puesto en evidencia la importancia de ciertos aminoácidos esenciales que se encuentran en elevada proporción en las proteínas

de origen animal y que son imprescindibles para el buen funcionamiento de numerosas glándulas endócrinas, formación de anticuerpos (Solis, 2000).

#### 1.1.4 Metales pesados

Refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una densidad por lo menos cinco veces mayor que la del agua y sea tóxico o venenoso en concentraciones bajas. Muchas definiciones han propuesto basarse en la densidad, otras en el número atómico o peso atómico, y algunas en sus propiedades químicas o de toxicidad. El término metal pesado es considerado como una "mala denominación" en un informe técnico de la UIQPA (IUPAC) debido a su definición contradictoria y su falta de "bases de coherencia científica" (López, 2009). Existe un término alternativo metal tóxico, para el cual tampoco existe consenso de su exacta definición. Sin embargo, hay una serie de elementos que, en alguna de sus formas pueden representar un serio problema medioambiental y es común referirse a ellos con el término genérico de "metales pesados" (Oyarzun & Higuera, 2009)

Se tiene como metales pesados los elementos metálicos de interés económico en el sector minero (Oyarzun, 2011). Por lo general se acepta que son aquellos elementos químicos que presentan ciertas propiedades comunes: conductividad eléctrica y térmica altas, maleabilidad, ductilidad y brillo (Vega, 1990), cuya densidad es mayor a 5 g/ml (Moreno, 1999).

Como metales pesados tenemos, por ejemplo; Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn) (Arce García, 2000). Los metales pesados se encuentran en forma aislada o combinados formando minerales (Vega, 1990).

Dentro de la clasificación de los metales pesados hay dos grupos:

**Oligoelementos o micronutrientes;** que son los requeridos en pequeñas cantidades o cantidades traza por plantas y animales, son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital. Dentro de este grupo están: As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Se y Zn. Estos elementos minoritarios se encuentran en muy bajas concentraciones en el suelo y agua. Pasado cierto umbral biológico se

vuelven tóxicos. La ausencia de estos micronutrientes causa enfermedades y su exceso intoxicaciones (Arce, 2000).

**Metales pesados sin función biológica conocida;** su presencia en determinadas cantidades en los seres vivos, generan disfunciones en el funcionamiento de sus organismos, produciendo inhibición de las actividades enzimáticas. Son altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos. A este grupo pertenecen principalmente: Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Antimonio (Sb), Bismuto (Bi). La toxicidad de estos metales se debe a su capacidad de combinarse con una gran variedad de moléculas orgánicas, pero la reactividad de cada metal es diferente y consecuentemente lo es su acción tóxica. Mencionaremos algunos, los cuales tienen un mayor impacto e importancia por su peligrosidad (López, 2009).

- **El Arsénico (As)**

El arsénico es la causa más común de intoxicación aguda por metales pesados en los adultos. Aunque el arsénico no es un metal, sino un metaloide, básicamente significa que tiene propiedades de metal y no metal. El arsénico es liberado al medio ambiente por la industria de productos químicos, llega a los suministros de agua en todo el mundo con la exposición de la vida marina. El arsénico afecta a la sangre, los riñones y el centro nervioso, el digestivo y los sistemas de la piel, con consecuencias como: dolor abdominal, acrocianosis y necrosis, anemia, anorexia, apatía, ceguera progresiva, cólicos, demencia, dermatitis, diarrea, mareos, somnolencia, edema, eccema, inhibidor de la enzima, fatiga, fiebre, pérdida de líquido, olor a ajo en el aliento o en las heces, el sistema gastrointestinal, el bocio, la pérdida del cabello, dolor de cabeza, la hemólisis, aumento de la pigmentación hiperqueratosis de palmas y plantas, el herpes, la hiperpigmentación, ictericia, daño o insuficiencia renal, la disfunción del hígado, los pulmones, cáncer de pulmón y deterioro mental, la coordinación motora, náuseas, trastornos nerviosos, palidez, parestesias, parálisis, enfermedades respiratorias, salivación excesiva perforación del tabique, sensorio neuropatía, trastornos de la piel, espasmos, estupor, estomatitis, constricción de la garganta, vértigo y vómitos (López, 2009).

- **El Cadmio (Cd)**

El cadmio mayoritariamente proviene de la refinación del zinc. Es un producto residual o un subproducto del zinc. El cadmio está presente principalmente en la corteza terrestre, puesto que se absorbe con mucha fuerza por la materia orgánica que forma el suelo. Este hecho en sí, conforma el mayor peligro, porque estos depósitos de cadmio absorbidos por la materia orgánica del suelo, pasa a las plantas y muchas son parte de la dieta humana o animal en forma de metales pesados peligrosos. Los alimentos más susceptibles de estar contaminados por cadmio son los champiñones, los mariscos, los peces de agua dulce, las algas secas, el agua potable, etc. Los fumadores (activos y pasivos) están muy expuestos al cadmio. También, personas que viven cerca de vertederos de basuras o fábricas que liberan cadmio a la atmósfera. Trabajadores de refinerías de metal también pueden estar expuestos al cadmio y a otros metales pesados. El cadmio puede causar lesiones renales importantes, es un metal pesado que lo transporta la sangre y se acumula en los riñones obstaculizando la filtración de tóxicos. El cadmio afecta al sistema nervioso central (SNC), el sistema inmunitario y la integridad del ADN de las células. Una alta concentración de cadmio provoca síntomas como diarreas, vómitos, dolores de estómago y debilidad en los huesos (López, 2009).

- **El Mercurio (Hg)**

El mercurio es el único metal volátil; absorbido por los pulmones y la piel, el mercurio inhalado por el cuerpo absorbe un 82%, depositando gran parte en el sistema nervioso. Además se sabe que después de comer el nivel de mercurio en la sangre sube en las personas que tienen empastes con amalgama, porque se sueltan iones de mercurio. Éstos primero son absorbidos por la saliva y a través del sistema digestivo llegan a la sangre, donde se pueden medir. Estos vapores se ingieren parcialmente a través de las vías respiratorias, y así pasan también a la circulación sanguínea, donde se transforma una parte del vapor de mercurio en óxido de mercurio, una forma del mercurio aún más tóxica que el vapor. Y puesto que órganos como el hígado, la bilis, el corazón y el riñón trabaja como un filtro sanguíneo, es aquí donde se almacena principalmente el metal tóxico (Saiful, 2015).

El mercurio es altamente tóxico. Puede estar presente de forma natural como metal, o en forma de sales de mercurio. Es muy volátil y podemos respirarlo si está presente en el aire, siendo absorbido por los pulmones y la piel. El mercurio que se inhala es la forma más peligrosa de exposición, pues entra en el organismo y se acumula, permaneciendo durante mucho tiempo. El mercurio es uno de los metales pesados presente en una enorme variedad de productos de uso cotidiano, aparte de estar en el aire y en la amalgama de los empastes dentarios. Está presente en los termómetros, en bombillas de alumbrado doméstico (ampolletas) fluorescentes, barómetros, etc. Aunque no constituye ningún peligro, mientras los aparatos están atrapados. Una cosa a tener en cuenta, es que el mercurio no debería estar de ninguna manera presente en la cadena alimentaria. Este mercurio procede de actividades humanas, como minería, fundición, combustión de residuos sólidos, fertilizantes para la agricultura y los vertidos de aguas residuales (López, 2009).

- **El plomo (Pb)**

El envenenamiento por plomo, ya sea por exposición a largo plazo como en episodios aislados, conduce a una serie de alteraciones fisiológicas del organismo, debido a que su capacidad para imitar o inhibir mineral tales como el calcio y Zn que son importantes para la funcionalidad de la célula, altera los niveles de estos elementos en el cuerpo; por lo tanto, provoca trastornos del metabolismo celular relacionados que afectan a diversos órganos y sistemas del cuerpo. La toxicidad del plomo se debe principalmente a su interferencia con el funcionamiento de las membranas celulares y enzimas, formar complejos estables y ligadas al azufre, nitrógeno, fósforo u oxígeno, actúan como donantes de electrones. Una vez absorbido, el plomo no se distribuye homogéneamente en el organismo; así en la sangre, el plomo se asocia casi siempre con eritrocitos y se distribuye a tejidos blandos como hígado y riñón. Las concentraciones más elevadas se encuentran en los huesos y dientes, donde el metal se almacena en forma de trifosfato, pero los efectos de la exposición tienen un mayor impacto sobre el sistema nervioso, los huesos y el riñón. La principal manifestación clínica del efecto de la intoxicación sobre el sistema hematopoyético es la anemia, provocada por la inhibición de la síntesis de hemoglobina y disminución de tiempo de vida de los eritrocitos

circulantes, que resulta en la estimulación de la eritropoyesis (Kuramshina, et al., 2014).

El plomo es un elemento tóxico que se acumula en el organismo animal, según el nivel y duración de la exposición, y puede afectar múltiples sistemas orgánicos. Los signos clínicos de intoxicación en mascotas en su mayoría están relacionados con el sistema gastrointestinal, y nervioso central, envenenamiento crónico, signos gastrointestinales con bajas concentraciones de plomo. Los signos clínicos más comunes durante la infección aguda son vómitos, diarrea, letargo, faltos de apetito, dolor abdominal, regurgitación, debilidad, convulsiones o ceguera. Además de la mencionada anteriormente, los estudios en animales han demostrado que el plomo produce tumores. Algunos alimentos destinados a los gatos que contengan ingredientes derivados de productos de mar que permiten la bioacumulación de metales pesados (Vildes, 2009).

El suelo es considerado uno de los depósitos principales de plomo, debido a que este contaminante puede permanecer por tiempo indefinido allí, y es una de las principales fuentes de contaminación de los pastos y cultivos. El plomo en el suelo puede estar de diversas formas: (a) relativamente insoluble (sulfato, carbonato u óxido), (b) soluble, (c) adsorbida, (d) y precipitado adsorbido, como sesquióxido (e) adsorbido a material coloidal orgánica o (f) forma complejos en el suelo. El pH del suelo influye en la movilidad del metal, que puede ser modificado, para formar compuestos menos solubles y cada vez menos disponible. En los suelos cultivables, los niveles de plomo pueden estar de 20 a 80 mg/g. El reglamento de la UE para plomo de control establece el límite máximo de 5 mg/kg de los alimentos, que cuyo contenido de humedad aproximadamente es 12%. (Legislación con actualización - Agosto 2012).

El plomo ha sido un metal muy utilizado en instalaciones domésticas y en aleaciones metálicas o químicas como tuberías, fabricación de pinturas, masillas y pesticidas. Es de los metales pesados que más fácilmente podemos contaminarnos, es un metal muy manejable y moldeable, en la antigüedad ha sido muy utilizado en obras de arte como vitrales y como componente de algunas pinturas, pero hoy en día no se puede utilizar en muchas de esas aplicaciones debido a su gran toxicidad en organismos vivos. El plomo es tremendamente nocivo para



la salud, de los metales pesados que más estragos ha causado entre la población. Entra en el organismo a través de vegetales, carnes, frutas, mariscos y el vino y pescados. El humo del tabaco también es un contaminante con una alta concentración en plomo. Concentraciones altas de plomo pueden causar: Abortos, hipertensión arterial, problemas renales, Disminución en el aprendizaje y las habilidades motoras, alteración del sistema nervioso, daño en el esperma, daño cerebral, agresión, irritabilidad, hipersensibilidad, alteraciones en el comportamiento, sobre todo de los niños (López, 2009).

### **1.1.5 Contaminación por metales pesados**

Los metales pesados se encuentran en forma natural en la corteza terrestre. Estos se pueden convertir en contaminantes si su distribución en el ambiente se altera mediante actividades humanas.

#### **a) Origen de los metales pesados en los sistemas acuáticos**

En los sistemas acuáticos continentales (ríos, lagos, embalses, etc.) la contaminación se produce, bien por la presencia de compuestos o elementos que normalmente no estarían sin la acción del hombre, o por un aumento o descenso de la concentración normal de las sustancias ya existentes debido a la acción humana (Rosas, 2001).

#### **b) Origen natural**

El contenido en elementos metálicos de un suelo libre de interferencias humanas, depende en primer lugar de la composición de la roca madre originaria y de los procesos erosivos sufridos por los materiales que conforman el mismo (Adriano, 1986). Una alta concentración de metales puede resultar en ciertos casos de su material geológico sin que haya sufrido una contaminación puntual. La acción de los factores medioambientales sobre las rocas y los suelos derivados de ellas son los determinantes de las diferentes concentraciones basales de metales pesados en los sistemas fluviales (aguas, sedimentos y biota) (Adriano, 1986).

#### **c) Origen antropogénico**

Se entiende por contaminación de origen antropogénico a la intervención humana en el ciclo biogeoquímico de los metales pesados. Actualmente es difícil encontrar

una actividad industrial o un producto manufacturado en los que no intervenga algún metal pesado. Los principales orígenes antropogénicos de metales pesados pueden ser agrupados de acuerdo a las principales actividades económicas que se realizan en las poblaciones locales que dependen e inciden directamente en la salud del río: agropecuario (agrícola, ganadero, acuícola), industriales (extracción forestal, bancos de materiales) y doméstico (Wittmann, 1981).

#### **d) Origen agropecuario**

Los orígenes agrícolas de los metales pesados en las aguas continentales son los causados por la lixiviación de los terrenos de cultivo en los que se ha producido una acumulación previa de dichos elementos debido al uso o abuso de pesticidas, fertilizantes y desechos orgánicos susceptibles de ser utilizados como abono (Rosas, 2001).

El empleo sistemático de fertilizantes, biocidas, y abonos orgánicos son el principal foco de contaminación difusa de los suelos, así como la eliminación incontrolada de los envases de dichos productos, que generalmente son depositados en vertederos para residuos no peligrosos o abandonados en los campos. Los metales presentes en los terrenos alcanzan los cursos de agua no sólo directamente al ser lixiviados por la escorrentía superficial (aguas de riego y tormentas), sino también indirectamente al infiltrarse desde acuíferos previamente contaminados (Rosas, 2001).

Los contaminantes de origen ganadero son los debidos a los desechos de los animales y a los que proceden del lavado de establos y granjas. La concentración de metales en dichos materiales es variable y depende del tipo de ganado del que se trate, de la edad del animal, tipo de establo e incluso del manejo de los desechos (Adriano, 1986).

#### **e) Origen industrial**

Una de las principales fuentes de metales pesados en los sistemas acuáticos son las aguas residuales procedentes de las industrias que utilizan los cauces fluviales como vertederos. A menudo estos vertidos no son gestionados, no se someten a procesos de depuración o su tratamiento es inadecuado (Rosas, 2001). Los

contaminantes pueden encontrarse en forma disuelta o en suspensión, y ser orgánicos e inorgánicos por su naturaleza química (López, 2009).

#### **f) Origen doméstico y urbano**

Las aguas residuales de las ciudades son las portadoras de los metales pesados de origen doméstico. Los vertidos domésticos transportan una amplia gama de metales contenidos en las excreciones humanas, en los restos de los alimentos, en las aguas de lavado, etc. La actividad urbana es también una fuente de contaminación fundamentalmente por la generación de residuos sólidos urbanos, las emisiones de los vehículos a la atmosfera o a la producción de lodos en las depuradoras de aguas residuales (Rosas, 2001).

Las emanaciones gaseosas de los automóviles, no sólo afectan a las ciudades, sino que también lo hacen a las zonas limítrofes de autopistas y carreteras. Los metales así originados incluyen al Cd, Cu, Ni, Pb y Zn siendo el Pb el más abundante proveniente de la combustión de la gasolina y el Zn debido al desgaste de los neumáticos. Estos metales contenidos en las partículas de los humos de combustión y las originadas por el desgaste de neumáticos, pueden llegar a alcanzar los sistemas acuáticos de dos maneras: directamente (precipitación de partículas, por la lluvia) e indirectamente por la lixiviación de los terrenos (calles, carreteras y zonas adyacentes donde previamente se produjo la deposición) debido a la escorrentía superficial de las aguas de tormenta y de los riesgos de las ciudades (Rosas, 2001).

#### **1.1.6 Técnicas en determinación de metales pesados**

El empleo de la espectrofotometría de absorción atómica (EAA) es el método analítico de elección para el análisis de trazas de metales pesados y metaloides en diversas matrices (fluidos biológicos, alimentos, filtros de captación ambiental, etc.). Esta técnica, por tanto, permitirá valorar el grado de contaminación medioambiental, la exposición a determinados tóxicos industriales en un colectivo de trabajadores, el nivel de metales en un alimento.

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

- EAA con Llama (Ejs.: Cu, Zn)
- EAA con Horno de Grafito (Ejs.: Pb, Cd)
- EAA con Generador de Hidruros:
  - sin llama (Técnica de Vapor Frío) Ej.: Hg.
  - con llama Ejs.: As, Se (Cañadas y Calabuig, 2004)

### 1.1.7 Clasificación de la vegetación

Se tiene tres tipos principales de pastizales: **Césped de Puna**; entre las más conocidas se tiene: *Trifolium amabile* (Layo), *Festuca dolichophylla* (Chillihua), *Muhlenbergia peruviana* (Llapa pasto), *Hypochoeris estenocephala* (Miskipilli), *Aciante pulvinata* (Pacupacu), *Azorella compacta* (Puna yareta), *Dissanthelium macusaniense* (Pichupichu), *Ranunculus sp.* (Kemekeme), *Alchemilla piñata* (sillusillu). **Bofedales**; *Distichia muscoides* (Kunkuna), *Estilitis andicola* (Ccanccahui), *Hypochoeris taraxacoides* (Ojhopilli), *Aster sp.* (Occo estrella), *Calamagrostis eminens* (Sora). **Pajonales**; por gramíneas, *Festuca orthophylla* (Iruichu), *Stipa ichu* (Ichu), *Calamagrostis rigida* (Huayllaichu), generalmente están ubicados junto a los pedregales acompañados de *Opuntia sp.* (Waracos) (Siguayro y Gutiérrez, 2010).

## 1.2 Antecedentes

### 1.2.1 Arsénico

Archer y Hodgson (1987) mencionan que en el suelo se encuentran concentraciones considerables de As y cantidades menores en las plantas, en los suelos agrícolas de Inglaterra y Gales reportaron concentraciones promedio de 10,4 mg/kg hasta contenidos de 140 mg/kg en áreas mineras. Sin embargo, en un estudio realizado en el suroeste de Inglaterra se obtuvieron valores de 727 mg/kg y se demostró que un área aproximadamente de 722 km<sup>2</sup> estaba contaminada por arsénico (Thomton, 1981).

Ammerman (1970) sostiene que las plantas forrajeras absorben poco As y suelen contener menos de 0,5 mg/kg, aunque estos valores pueden aumentar mediante la

contaminación del suelo con el uso de pesticidas y otros suplementos que contengan As.

Peña et al. (2001) reportaron concentraciones de As en vegetales menores a 1,5 mg/kg pudiendo disminuir por crecimiento y por clorosis e incorporándose a la cadena alimenticia (a excepción del Pb y Hg); además las formas orgánicas del As no son tan tóxicas.

En el río Illpa, diferentes metales pesados fueron analizados y comparados en *Schoenoplectustatora* “totora” entre agosto y febrero 2006 indicando que: en As se obtuvo valores menores a 0,2 mg/kg, en Cd valores menores o iguales a 0,005 mg/kg, Hg entre 0,2 y 0,3 mg/kg, Pb entre 0,2 y 0,4 mg/kg. Los elementos químicos analizados y comparados entre agosto 2005 y febrero 2006 del río Ramis indican que: en As menores a 0,22 mg/kg, en Hg los valores son menores 0,3 mg/kg, en Cd desde 0,01 g/kg a 0,005 mg/kg y Pb menores a 0,10 mg /kg (Aquino, 2005).

En las muestras vegetales analizadas, la gramínea *Distichlys sp*, se muestra como acumuladora de As 2,3 mg/kg frente a las otras gramíneas, La compuesta *Senecio sp* acumula Cd 4,2 mg/kg, y la Leguminosa *Trifolium amabile* (Layo) muestra un rango amplio de acumulación de Hg menores a 0,02-0,06mg/kg (Astorga et al., 2010)

El resultado para As de la cuenca del río Ramis, subcuenca Ayaviri, Azángaro y Carabaya, de la fibra de alpaca reporta valores 0,32 mg/kg y menores a 0,1 mg/kg, para Hg, reporta valores como mínimo 0,02 y máximo 0,087 mg/kg y valores para el Pb como mínimo 0,089 y máximo 1,4 mg/kg, como consecuencia de la actividad minera, erosión litogénica y pasivos mineros existentes en la zona (Aguilar et al., 2010).

En la cuenca de Ramis – Titicaca en un estudio realizado con muestras de 2 épocas desde Rinconada, Crucero, Progreso, Azángaro y Taraco, encontraron los niveles de concentración de arsénico en cabello humano por debajo 0.1 mg/kg, los estándares de calidad de suelos de la Unión Europea, donde los límites permisibles de UE (mg/kg) para arsénico oscila de 5.5 a 13 mg/kg (Astorga et al., 2010).

En el estudio de línea base del año 2009, el área del Medio Ambiente de la CIA Minera Antapaccay y la oficina de sanidad animal de Fundación Tintaya, evaluaron niveles de concentración de arsénico en el hígado de los ovinos criados en ámbitos con influencia minera 0.02 mg/kg; no detectaron este metal en el riñón de los animales (Xstrata Tintaya S.A. 2009).

En el entorno de la Minera Antapaccay, el laboratorio de Servicio Nacional de Sanidad Animal (SENASA) Perú, no encuentra los niveles de arsénico en las vísceras ni en la carne de los ovinos de las comunidades de Espinar; mientras El Laboratorio CERPER S.A. registra 0.006 mg/kg en el hígado, 0.006 mg/kg riñón y 0.006 mg/kg carne de las muestras de 4 ovinos (Vicaria de la Solidaridad-prelatura 2011).

En Argentina estudiaron arsénico total e inorgánico en músculo e hígado de la Llamas, los resultados que se reportan a nivel de músculo procedente de Abra Pampa zona no contaminada encontraron niveles de arsénico total de  $0,132 \pm 0,043$  ng/g, en Rinconadillas zona contaminada  $0,114 \pm 0,062$  ng/g, en la zona contaminada El Moreno  $0,233 \pm 0,041$  ng/g. Referente al arsénico inorgánico el contenido en el músculo de las muestras de Abra Pampa fue de  $3 \pm 1$  ng/g y Rinconadillas  $4 \pm 2$  ng/g (Ponce, 2006).

Los niveles de concentración de arsénico en el hígado, riñón, músculo y sangre de ganado vacuno (terneros y vacas) oscilaron entre 2,92 mg/kg y 15,2 mg/kg de peso fresco. Las concentraciones, en la mayoría de los tejidos fueron significativamente más altas en las vacas que en los terneros. Los niveles de arsénico en el ganado vacuno en Galicia-España no constituyen un riesgo para la salud animal (López *et al.* 2003).

La información sobre el arsénico en las aguas superficiales y subterráneas de consumo humano de la provincia de Catamarca se ha recopilado y se presenta en tres categorías de concentraciones de arsénico: menor a 0,050 mg/L, 0,100 mg/L y mayor a 0,100 mg/L. La información disponible indica que amplias áreas pueden presentar aguas con concentraciones superiores a 0,100 mg/L de arsénico (Muñoz *et al.*, 1999).

### 1.2.2 Cadmio

En República Dominicana en pastos se han hallado valores entre 8,4 mg/kg y 42,6 mg/kg (Pastor y Hernández, 2009). Cabrera et al. (2008) en España encontraron contenidos de 1,9 mg/kg. Kovalsky (1974) sostiene que los niveles de Cd en los forrajes han demostrado ser inversamente proporcionales entre la distancia de la vía del tráfico automotor. Así concentraciones de Cd y Pb en los vegetales de regiones mineras tienen una media de 1,51 mg/kg de cadmio a lo largo de la ruta con gran densidad de tráfico de camiones para una distancia entre 90 metros de la carretera, cuando la distancia se aumenta a 180 metros o más las concentraciones son menores a 0,5 mg/kg.

El cadmio se encuentra en el ambiente de lugares de trabajo que manipulan baterías, soldaduras, pigmentos, en barras de control de los reactores nucleares, en aguas contaminadas, en lugares cercanos a centrales térmicas y quemaderos de basuras y muy especialmente en el tabaco; así la cantidad de cadmio absorbido con el humo del tabaco puede ser equivalente a la ingerida en la dieta, de hasta unos 10 µg/día (Méndez, 2002).

Los niveles máximos tolerables de consumo diario de cadmio son 68 µg/persona/día para un peso de 68 kg (IARC, 1984). En el entorno occidental los valores de ingesta diaria varían entre los 10 µg/día para Finlandia, los 11 µg/día del País Vasco, los 12 µg/día de Estados Unidos, los 18 µg/día de Reino Unido, Bélgica, República Checa y sobresale Japón con 35 µg/día (IARC. International Agency for Research on Cancer. 1987).

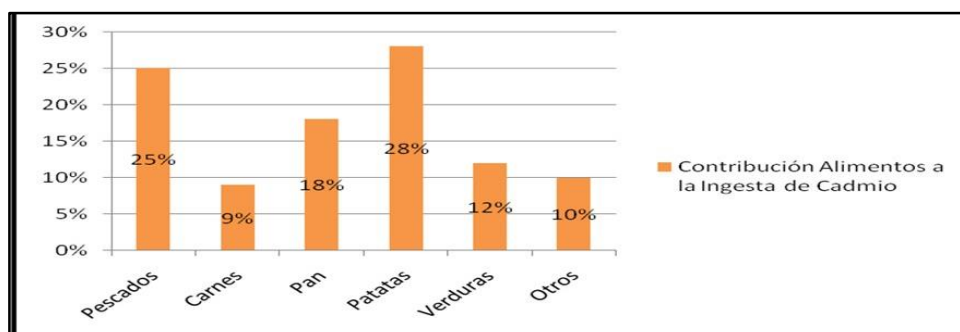


Figura 2. Contribución en (%) de los distintos grupos de alimentos a la ingesta de cadmio.



En carne cruda fresca de Llamas de Potosí reportan plomo de 0,27 – 0,79  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , Cadmio de 0,00 – 0,04  $\text{mg}/\text{kg}$ . En carnes de la ciudad de Oruro el plomo se encuentra entre 0,035 – 1,590  $\text{mg}/\text{kg}$ , cadmio 0,037- 0,128  $\text{mg}/\text{kg}$ , los cuales superan los límites máximos permisibles por normas internacionales (Caba *et al.*, 2009).

### 1.2.3 Mercurio

Estudios efectuados en la cuenca del río Ramis en Perú evidenciaron serios problemas de contaminación como producto de la actividad minera intensiva y artesanal, estas aguas tienen como destino final el lago Titicaca. En el año 1999 la Universidad Agraria la Molina y la Universidad de Montana-USA en convenio con la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, determinaron que existen concentraciones de hasta 0,63  $\text{mg}/\text{g}$  de Hg en los tejidos de los peces, siendo el límite para consumo humano (según USEPA) 0,3  $\text{mg}/\text{g}$  para USA y 0,5  $\text{mg}/\text{g}$  para otros países (Gerbrant *et al.* 2003).

En Suecia, trabajaron con cabello de mujeres suecas que vivían en un área contaminada con emisiones de mercurio, obteniendo una media de 0,27  $\mu\text{g}/\text{g}$  con rango de 0,07-0,96  $\mu\text{g}/\text{g}$ . (Oskarsson *et.al.*, 1994).

En América Latina, algunas localidades de la región amazónica son consideradas como seriamente impactadas por el mercurio debido a la extracción con oro por ello, se determinó la contaminación con Hg en cuatro comunidades amazónicas, encontrando mercurio total en cabello 4,33  $\text{mg}/\text{kg}$  (0,40-11,60  $\text{mg}/\text{kg}$ ) para 321 individuos de la localidad de Santana de Ituqui, 3,98  $\text{mg}/\text{kg}$  (0,40-11,76  $\text{mg}/\text{kg}$ ) para 316 individuos de la Aldea de Lago Grande; 5,46  $\text{mg}/\text{kg}$  (0,37-49,56  $\text{mg}/\text{kg}$ ) para 504 individuos de la Villa de Tabatinga y 8,98  $\text{mg}/\text{kg}$  (0,61-45,59  $\text{mg}/\text{kg}$ ) para 203 individuos de la localidad de Caxiuana, verificándose así la contaminación por este metal. (Santos *et al.*, 2000).

El mercurio es el único metal volátil; absorbido por los pulmones y la piel, del mercurio inhalado por el cuerpo absorbe un 82%, depositando gran parte en el sistema nervioso, mientras que del ingerido sólo se acumula cerca del 7%; personas con 8 empastes tienen de 100 a 200 veces más mercurio en el aire de



exhalación de lo que está permitido en instalaciones industriales. Y puesto que órganos como el hígado, la bilis, el corazón y el riñón trabajan como un filtro sanguíneo, es aquí donde se almacena principalmente el metal tóxico (Saiful *et al.*, 2015).

Asimismo, en la trucha reportan los niveles de mercurio menores a 0,025 mg/kg o 25 µg/kg, concentración que está muy por debajo al nivel máximo permitido (Astorga *et al.*, 2010).

En un estudio realizado con muestras de dos épocas desde La Rinconada, Crucero, Progreso, Azángaro y Taraco (cuenca de Río Ramis) encontraron los niveles de concentración de mercurio en cabello humano menores al límite de determinación 0,02 mg/kg. Asimismo, en la trucha reportan los niveles de mercurio menores a 0,030 mg/kg, este valor es muy por debajo de los valores permisibles que señala la legislación española, porque el nivel máximo permitido oscila de 0,5 a 1 mg/kg (Rodríguez *et al.*, 2005).

Se pretendió cuantificar las concentraciones de mercurio en el ganado de dos zonas: una rural y otra industrial-minera. La mayoría de las muestras (79,5-96%) en hígado, músculo y sangre no contienen residuos detectables, en cambio el mercurio suele ser detectado en el riñón (62,4-87,5% de las muestras). Las concentraciones de mercurio en riñón fueron significativamente mayores en los terneros de la zona rural que en los animales de la zona industrializada-minera. Los valores no parecen ser un riesgo para la salud humana o animal (López *et al.*, 2003).

#### 1.2.4 Plomo

En Magdalena medio colombiano (parte central del país) confluyen actividades ganaderas y una avanzada industria petroquímica; esta última genera una gran cantidad de residuos, entre ellos metales pesados, en detrimento de los agro ecosistemas de pastura.

Un estudio adelantado por investigadores de la Universidad Nacional de Colombia (UN) Sede Palmira, en colaboración con la Universidad de Pamplona (Norte de Santander), determinó que diez especies de *Brachiaria spp.*, un tipo de pasto ampliamente utilizado por ganaderos de la zona, están contaminadas con metales

pesados, como el plomo y cadmio. Explica que, en la muestra analizada, los vegetales estaban afectados a nivel de hojas, tallos y raíces. Esto se debe a la contaminación en el ambiente por la industria petrolera pues los residuos liberados son absorbidos por los suelos y, a su vez, por los agro ecosistemas (cultivos o pastos) (Peláez, 2014).

Según informaciones de las normas indican que la concentración del plomo en las carnes de ovino, se encuentran establecidas como límite permisible dentro de 0,1 a 0,5 mg/kg de carne para la alimentación humana (Reglamento CE N° 1881/2006. Comisión del 19 de diciembre que fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios; CODEX STAN 193-1995 2009. Norma General del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos Rev. 2-2006 (NOM-1994).

Estudios realizados sobre concentraciones de plomo y cadmio en carne de ovino del estado de Puebla México reportan 0,009 a 0,091 mg/kg para cadmio, de plomo superan los 0,5 mg/kg ( $P \leq 0,01$ ), donde la concentración media fue de 0,18 mg/kg; es clasificada dentro del intervalo permisible para consumo humano (López *et al.*, 2000).

Los resultados de estudios realizados en la cuenca de Ramis – Titicaca con muestras de 2 épocas desde Rinconada, Crucero, Progreso, Azángaro y Taraco, en la trucha reportan los niveles de plomo en 0,41 mg/kg, este valor es superior a los valores de límite de determinación de 0,1 mg/kg o la norma española indica que los límites máximos permitidos está en 5 mg/kg; Asimismo, los niveles de concentración de plomo en cabello humano es variable, alcanzando 6,5 mg/kg en la Rinconada, 2,4 mg/kg en Progreso, 0,78 mg/kg en Crucero y 0,82 mg/kg en Taraco y por otra parte la Unión Europea ha elaborado un reglamento que establece límites de plomo en alimentos de 1,0 mg/kg; y según la EPA los suelos de Ananea muestra concentraciones de 9,4 a 38 mg/kg que está por debajo del valor referencial de 85 mg/kg, comparado a los estándares de calidad de suelos de la Unión Europea, donde los límites permisibles de UE es de 50 a 300 mg/kg (Astorga *et al.*, 2010).

Los resultados del SENASA reporta en el 2011 metales pesados como el plomo en los ovinos de las comunidades de dos cuencas, tales como el Río Salado y

Cañipía de la provincia de Espinar - Cusco, en 04 muestras de hígado encuentran de 0,101 a 0,142 mg/kg, en riñón de 0,076 a 0,125 mg/kg y en la carne 0,00 a 0,059 mg/kg; mientras El Laboratorio CERPER S.A. registra niveles de concentración de plomo en el hígado 0,034 mg/kg, en riñón 0,034 mg/kg y en la carne 0,034 µg/kg; el arsénico no fue detectado en vísceras ni en la carne (Xstrata Tintaya S.A. 2009).

En un estudio de línea base en el año 2009, realizada por la oficina del Medio Ambiente del Proyecto Antapaccay – Fundación Tintaya, en coordinación con el área de Sanidad Animal analizaron muestras de carne y vísceras de ovinos de la Provincia de Espinar; donde no detectaron niveles de plomo en el riñón de los animales criados en áreas con influencia minera y sin actividad minera; mientras en el hígado proveniente de áreas de actividad minera encuentran 0,95 mg/kg y en áreas sin actividad minera 0,646 mg/kg (Vicaria de la Solidaridad-prelatura 2011).

En los suelos cultivables, los niveles de plomo pueden estar de 20 a 80 mg/g. El reglamento de la UE para plomo de control establece el límite máximo de 5 mg/kg de los alimentos, que cuyo contenido de humedad aproximadamente es 12%. (Legislación con actualización-agosto 2012) (DIGESA. 2008).

Los niveles de concentración de plomo en el hígado, riñón, músculo y sangre de ganado vacuno (terneros y vacas) oscilan entre 5,47 y 58,3 mg/kg peso fresco. Las concentraciones, en la mayoría de los tejidos fueron significativamente más altas en las vacas que en los terneros. Los niveles de plomo en el ganado vacuno en Galicia – España no constituyen un riesgo para la salud animal (Hernández, 2011).

Estudios de la concentración de plomo en hígado, riñón y músculo en vacas del NW de España, reportan valores más altos en el hígado del ganado lechero (51,6 y 43,7 mg/kg), que del ganado de carne (35,7 y 14,7 mg/kg). Tanto en riñón, como en músculo los residuos fueron similares en ganado de carne como de leche. La mayor acumulación de metales en el hígado de ganado lechero podría estar relacionado sólo al aumento de la ingesta alimentaria, sino también al mayor metabolismo hepático asociados con la producción de leche (López *et al.*, 2003).

En las muestras de leche de las vacas recogidas en diferentes granjas de la provincia de León presentaron una concentración media de plomo de 4,34 mg/kg,

mientras los elementos como el mercurio, el arsénico y el cadmio en las muestras de leche, tanto individuales como de tanque, registraron concentraciones por debajo del límite de detección por la metodología empleada. Los diferentes metales pesados analizados estuvieron dentro de los rangos señalados por otras investigaciones, por ello el riesgo para la salud del consumidor de leche de vaca procedente de explotaciones de la provincia de León es muy bajo, aunque no nulo (Monroy *et al.*, 2014).

En el distrito de Bogra-Bangladesh, en los alimentos como carne, huevos, pescado, leche, verduras, cereales y frutas encontraron los niveles de metales pesados y evaluaron el riesgo a la salud de los adultos y niños, mediante espectrómetro de masas de plasma seguido por digestión ácida. En general, detectaron en verduras, cereales y frutas de 0,058 hasta 10 mg/kg; de 0,036 hasta 25 mg/kg; de 0,045 hasta 40 mg/kg; de 0,001 a 5,5 mg/kg y 0,005 a 13 mg/kg para Cr, Ni, Cu, Cd y Pb, respectivamente; y no detectaron en alimentos de origen animal (Saiful *et al.*, 2015).

Tabla 1  
*Estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para Agua – D.S. N° 004-2017-MINAM*

AGUA PARA RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS ANIMALES			
Parámetros	Unidad de Medida	Riego de vegetales	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Mercurio	mg/L	0,001	0,01
Plomo	mg/L	0,05	0,05

Fuente: Diario Oficial “El Peruano”.

Tabla 2  
*Niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentación animal.*

Categorías	Niveles máximos(mg/kg)	Metales
Alta toxicidad	10	Cd, Hg y Se
Toxicidad	40	Ba, Cu, Pb, Mo, V y W (Tg)
Moderada toxicidad	400	At, As, Y y Ni
Leve toxicidad	1000	Al, B, Br, Bi, Cr, Mn y Zn

Fuente: OMS. Reglamento Sanitario Internacional 2005.

Tabla 3

*Contenidos máximos (mg/Kg) de metales pesados en los productos alimenticios.*

Metales	Especie animal	Valores (mg/kg)
Plomo	Carne: bovino, ovino, cerdo y aves	0.10
	Despojos: bovino, ovino, cerdo y aves	0.50
Mercurio	Productos de pesca y carne de pescado	0.50 a 1.0

Fuente: Reglamento C.E., 2006.

Tabla 4

*Contaminación de metales pesados (mg/L) en zona alta y estándares de calidad de suelos según UE y EPA*

Metales	Represa sillacunca	Ananea	Rinconada (relave)	Lunar de oro-relave	Límite permisible mg/kg (UE)	Niveles promedios ppm (EPA)
Plomo	< 0.0056	< 0.0056	< 0.0056	0.065	50 – 300	2.6 – 25
Arsénico	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.01	----	5.5 – 13
Mercurio	< 0.00027	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	1 – 1.5	30 – 160 ppb

Fuente: Astorga *et al.*, 2010.

Tabla 5

*Contaminación con metales pesados en suelos (mg/kg) en cordillera*

Metales	Sillacunca	Ananea	Rinconada (relave)	Lunar de oro-relave	Interpretación
Plomo	29 – 10	57 – 9.4	222 – 15	78 – 32	Muy alto
Arsénico	60 – 30	69 – 29	130 – 32	105 – 41	Muy alto
Mercurio	0,09 – 0,02	0.12- 0,02	0,12 – 0,07	0,12 – 0,08	Muy alto

Fuente: Astorga *et al.*, 2010.

Tabla 6  
Contaminación con metales pesados en vegetales (mg/kg) en cordillera.

Metales	Pampa Blanca (1)	Pampa Blanca (2)	Silla cunca (3)	Lunar de Oro (1)	Límite de determinación
Plomo	0,90	1,10	0,96	0,31	0,10
Arsénico	< 0,10	2,30	< 0,10	< 0,10	0,025
Mercurio	0,06	0,034	0,04	0,04	0,03
Cadmio	0,94	0,68	4,20	0,70	0,059

Pastos naturales: *Calamagrostis sp* (1), *Distichia sp* (2), *Senecio sp* (3).

Fuente: Astorga *et al.*, 2010.

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1 Identificación del problema

Los metales pesados representan una amenaza para los ecosistemas, el estiércol contaminado aplicado en la agricultura como abono, los mismos que alcanzan los cuerpos hídricos a través de la infiltración o por escorrentía superficial. Su uso en la agricultura representa otra fuente importante de contaminación (Peña *et al.*, 2001).

El aumento intenso y constante de las actividades desarrolladas por el hombre, incluyendo las industriales, ha favorecido la producción y emisión de sustancias contaminantes hacia los ecosistemas, facilitando la entrada de dichas sustancias tóxicas en la cadena trófica. El contenido residual de algunos elementos en la carne es un importante indicador directo del grado de contaminación. Igualmente es un indicador indirecto de las condiciones ambientales locales o periféricas, principalmente del suelo, agua, aire y vegetación de la zona donde se localiza el ganado (Gonzales-Montaña, 2009).

El problema ambiental por contaminación con metales tóxicos, presenta evidencia científica suficiente para que la contaminación del suelo puede repercutir fácilmente en toda la cadena trófica (suelo, agua, aire, plantas), desde ahí pasará a los animales para acumularse en sus tejidos, órganos, y posteriormente pasará a sus producciones (carne, huevos y leche), y que evidentemente llegarán al hombre como elementos finales de la cadena trófica; posibilitando graves problemas de salud (Gutierrez-Chavez, 2009).

Los metales como el plomo, el cadmio, el arsénico o el mercurio, además de ejercer efectos tóxicos, pueden transferirse y ser un factor de riesgo de intoxicación en la salud pública. Algunos efectos negativos sobre los animales y el hombre, pueden originar daños a nivel

del sistema nervioso, en la función hepática y renal, en el sistema músculo-esquelético, en la función reproductiva, alteraciones muta génicas, efectos carcinogénicos e inmunológicos, específicamente en los infantes y adultos seniles, que representan las poblaciones más sensibles a dichos efectos (OMS, 2015). En ese sentido, se evaluará la presencia de metales pesados en fibra, pastos y vísceras de alpaca de las Comunidades del Distrito de Ananea-Puno.

## 2.2 Enunciados del problema

### 2.2.1 Problema general

¿Cómo afecta los niveles de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en pastos, fibra, carne y vísceras de Alpaca de las Comunidades de Belén y Pampa Blanca del Distrito de Ananea-Puno?

### 2.2.2 Problemas específicos

- i. ¿Cuáles serán los niveles de concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en pastizales de pastoreo de las alpacas con actividad minera de las comunidades del Distrito de Ananea - Puno?
- ii. ¿Cómo influye las zonas con actividad minera en los niveles de concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en la fibra de alpacas de las comunidades del Distrito de Ananea - Puno?
- iii. ¿Cómo influye las zonas con actividad minera en los niveles de concentración de metales pesados (Arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en la carne y vísceras de las alpacas mayores a siete años de edad de las comunidades del Distrito de Ananea - Puno?

## 2.3 Justificación

Basado en toda la información científica recopilada para la elaboración del presente proyecto de investigación, para la determinación de metales pesados en pasto, fibra, carne y vísceras; la información a ser generada nos mostrará un panorama claro con relación a los contaminantes mencionados para así, ayudar a las autoridades a la toma de decisiones con relación a su uso en las actividades pecuarias.

La producción de carne en Ananea, después de la producción de la fibra, es una de las actividades más representativas de la ganadería camélida, lo que significa alrededor de un



12% del total de la Producción Regional Alpaquera (Censo Agropecuario, 2012). En este escenario la Municipalidad Distrital de Ananea, debe garantizar una adecuada sanidad de todos los productos provenientes de la producción pecuaria, y entre ellos se destaca la carne, que es uno de los alimentos de mayor consumo por la población. Por ello es preciso contar con una adecuada inocuidad y trazabilidad.

El presente trabajo pretende contribuir al conocimiento científico de las intoxicaciones por metales pesados y sentar las bases sobre la situación real de algunos contaminantes, en especial de metales tóxicos presentes en los canales de la carne dispuesta para el consumo humano en los mercados de abasto del Centro Poblado de la Rinconada y del Distrito de Ananea. Hasta donde es conocido, no se han realizado investigaciones en relación con el contenido de metales pesados en los diferentes alimentos, especialmente en la carne para consumo humano y a los procesos industriales para su transformación.

Por esta razón y tratándose de un problema de salud pública, puesto que no existen datos, que nos permite cuantificar los niveles de metales tóxicos en la carne de consumo público en comunidades del Distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina de la Región Puno, la cual ha inducido a realizar el presente trabajo, el mismo que contribuirá en acciones preventivas y poder llegar a posibles soluciones de bienestar social.

## **2.4 Objetivos**

### **2.4.1 Objetivo General**

Determinar los niveles de concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en pastos, fibra, carne y vísceras de alpaca de las Comunidades de Belén y Pampa Blanca del Distrito de Ananea-Puno.

### **2.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar los niveles de concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en los pastos de zonas de pastoreo de las alpacas de las Comunidades de Belén y Pampa Blanca del Distrito de Ananea-Puno.
- Determinar los niveles de concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en la fibra de alpacas de las Comunidades del Distrito de Ananea-Puno.

- Determinar los niveles de concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en la carne y vísceras de alpacas mayores de siete años de edad de las Comunidades del Distrito de Ananea-Puno

## 2.5 Hipótesis

### 2.5.1 Hipótesis general

Los niveles de concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en los pastos, fibra, carne y vísceras de alpaca procedentes de las comunidades del Distrito de Ananea-Puno son superiores a los niveles permisibles.

### 2.5.2 Hipótesis específicas

- Los niveles de concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en los pastos de zonas de pastoreo de alpacas sobrepasan los límites permisibles por la actividad minera.
- La fibra de alpaca concentra los niveles de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) por el pastoreo de pastos están contaminados por la actividad minera.
- Los niveles de concentración de metales pesados (arsénico, cadmio, mercurio y plomo) en carne y vísceras de alpaca procedentes de las zonas de actividad minera son superiores a los niveles permisibles.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de estudio

La investigación fue realizada en las comunidades de Belén y Pampa Blanca con influencia minera pertenecientes al Distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina, Región Puno; cuenta con una superficie total de 4 560 hectáreas o 45,6 km<sup>2</sup>, con una distancia de 200 km. desde la ciudad de Puno y con una altitud de 4 610 msnm el clima es frío en la tarde y en la madrugada; bien marcada sobre todo en los meses de Junio y Julio, con heladas que limitan la siembra de productos agrícolas, la superficie cuenta con pastos naturales como *Calamagrostis*, *Distichia sp.*, *Senecio sp.*, *Trifolium amabile* y cuenta con ríos provenientes de los deshielos de la cordillera. Temperaturas en el mes de noviembre, es más cálido, que llega hasta 20 °C. La temperatura media máxima en diciembre es de 9,6 °C, la menor en junio con 3,5 °C. La media anual es de 7,6 °C. La temperatura mínima media absoluta en julio con -13,1 °C. De diciembre a marzo corresponde el 70% de las precipitaciones totales anuales. Límites: Por el Norte: Distrito de Sina y Cuyo Cuyo-Sandia, Por el Sur: Distrito de Cojata y Quilcapuncu, Por el Este: República de Bolivia, Por el Oeste: Distritos de Putina y Quilcapuncu. Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de la Unidad de Servicios de Análisis Químicos (USAQ) Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la ciudad de Lima.

#### 3.2 Material de estudio

Las familias de las comunidades de Belén y Pampa Blanca poseen un promedio de 110 alpacas en el proceso productivo, de estas las alpacas hembras tienen una tasa de parición de 48%, mortalidad de crías 20%; la tasa de saca no pasa del 10% anualmente; por tanto, cada familia vende en el año un promedio de 5 a 10 animales. Considerando estos

indicadores productivos, se obtuvo 20 muestras para ser analizados los 4 metales pesados (As, Cd, Hg y Pb), que consiste en 4 músculos y 16 vísceras; asimismo, se utilizó 08 muestras de fibra de las alpacas y 06 muestras de pasto obtenidas de las praderas nativas, según como se observa en la tabla 7.

Tabla 7

*Muestras de carne y vísceras, fibra de alpacas y pastos para el estudio.*

Órganos de la alpaca	Número de muestras de muslo y vísceras	Número de muestras de fibra	Número de muestras de pastos
<b>Total de muestras</b>	20	08	06
<b>Total de muestras x 4 metales</b>	20 x 4 = 80	08 x 4 = 32	06 x 4 = 24

### 3.3 Métodos de Investigación

#### 3.3.1 Obtención de muestras

- a) Muestreo de pastos en número de 6, mediante el método de transecto en zonas de pastoreo.
- b) Muestreo de fibra en la zona costillar medio de las alpacas en número de 8.

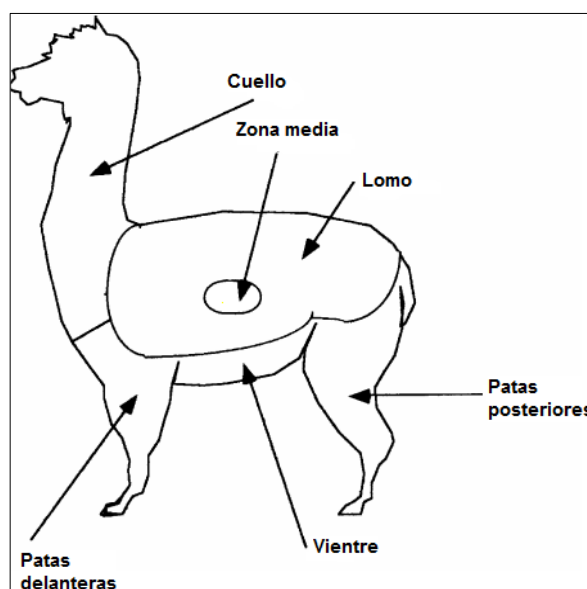


Figura 3. Localización del lugar de muestreo de la zona costillar media en alpacas.

Fuente: (Aylan-Parker y McGregor, 2002).

- c) Las muestras de pastos y fibra han sido rotuladas con su respectiva identificación para el envío al laboratorio.
- d) Adquisición de alpacas para el beneficio, desuello y evisceración de los animales.
- e) Se obtuvo 250 gramos de muestra a nivel del músculo de brazo y vísceras como el hígado, pulmón, riñón y hueso; previo pesado en una balanza de 2 000 gramos.
- f) Las muestras fueron embolsadas y rotuladas con su identificación (edad animal y lugar de la comunidad).
- g) Las muestras previa congelación fueron trasladadas a la ciudad de Lima en una caja de tecnopor con hielo.

**Tipo de investigación.** Es observacional, prospectivo y transversal.

### **3.3.2 Determinación de arsénico, plomo, mercurio y cadmio por espectrofotometría de absorción atómica por la técnica de horno de grafito**

Las 20 muestras de carne y vísceras, 08 muestras de fibra y 06 muestras de pastos, fueron procesadas 80, 32 y 24 veces para determinar los 4 metales pesados en el laboratorio de la Unidad de Servicios de Análisis Químicos (USAQ) SHIMADZU AA-6800 de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la ciudad de Lima. Los reactivos, materiales, equipos, preparación de la muestra y la medición se detallan a continuación.

#### **Reactivos:**

- Estándar certificado de plomo de 1 000 mg/L
- Estándar certificado de arsénico de 1 000 mg/L
- Estándar certificado de cadmio de 1 000 mg/L
- Estándar certificado de mercurio de 1 000 mg/L
- Ácido nítrico, HNO<sub>3</sub> concentrado ultra puro, para preparación de estándares.

- Ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$  concentrado para análisis de trazas, para la digestión de las muestras.
- Diluyente, Ácido nítrico, 0.2%: Medir 2 mililitros de ácido nítrico concentrado ultrapuro y llevar a una fiola de 1 litro, enrasar a la marca con agua ultra pura.
- Agua desionizada.

### **Materiales**

- Fiolas de 10 mL, 25 mL y 100 mL clase A
- Pipetas de 5 mL y 10 mL, clase A
- Probetas de 10 mL
- Vasos de precipitados
- Papel de filtrado de celulosa Whatman N° 40.
- Embudos de líquidos.

### **Equipos e instrumentos**

- Equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-6800
- Horno de grafito GFA-EX7
- Inyector automático, AutosamplerASC-6100
- Computadora
- Plancha térmica
- Balón de Argón, 99.999% de pureza
- Balanza analítica.

### **Preparación de la muestra:**

La muestra se corta en pequeños trozos con ayuda de un bisturí de alimentos, luego, se procedió a pesar las muestras de carne y vísceras de alpacas, se pesa en vasos de

precipitado limpios y secos aproximadamente 1 g, se procede a llevar a digestión ácida con 20 mL de ácido nítrico, una vez la solución haya aclarado, se lleva a secado, se deja enfriar, se disuelve en agua, se filtra y se lleva en una fiola a un volumen de 50 mL con agua desionizada. Para el caso de huesos, se pesó 2 g en crisoles de porcelana, limpios y secos, luego se aumenta la temperatura a 150 °C por unas horas más, y se lleva a una mufla a calcinar a 650 °C. Cuando las cenizas estén completamente blancas, la muestra es sometida a una digestión ácida con 3 mL de  $\text{HNO}_3(\text{C})$  y se lleva a calentamiento a 90 °C en una plancha eléctrica. Llevar casi hasta sequedad, y se agrega ácido en caso la solución para que conserve aún alguna coloración. Una vez la solución haya aclarado, se lleva a sequedad, se deja enfriar, se disuelve en agua, se filtra en una fiola a un volumen de 50 mililitros con agua desionizada, Se preparó simultáneamente un blanco digerido sustituyendo la muestra por agua ultra pura y realizar la digestión como se ha descrito con anterioridad.

### **Medición:**

Se encendió el equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-6800, así como también el horno de grafito 6FA-EX7 con inyector automático (autosampler) y la computadora, se colocó la lámpara de cátodo hueco de plomo. Siguiendo el procedimiento de operación del horno de grafito GFA-600, se verifico la calibración del instrumento, asegurando el alineamiento del autosampler antes de iniciar la corrida analítica. Usando el control manual del brazo muestreador, se hizo balancear el brazo sobre el tubo de grafito, sin tocar el borde del hueco.

Luego se colocó en el autosampler, el estándar de trabajo de 20  $\mu\text{g/L}$ , blanco reactivo y las muestras a los viales previamente identificados y enumerados correspondientemente. Programar la calibración automática y chequear la curva de calibración.

### **A) Determinación de arsénico (As)**

#### **Preparación de estándares:**

- Estándar patrón de arsénico, 100  $\mu\text{g/mL}$ : medir 10 mL del estándar certificado y diluir a 100mL con agua ultra pura. El estándar tiene una duración de un año.

- Estándar de arsénico, 10  $\mu\text{g/mL}$ : medir 10 mL del estándar de 100  $\mu\text{g/mL}$  y diluir a 100 mL con ácido clorhídrico ultra puro al 10%. Tiene una duración de 6 meses.
- Estándar de arsénico, 1  $\mu\text{g/mL}$ : medir 10 mL del estándar de 10  $\mu\text{g/mL}$  y diluir a 100 mL con ácido clorhídrico ultra puro al 10%. Tiene una duración de una semana.
- Estándar de arsénico, 0.1  $\mu\text{g/mL}$  (100  $\mu\text{g/L}$ ): medir 5 mL del estándar de 1  $\text{mg/L}$  y diluir a 50 mL con ácido clorhídrico ultra puro al 10%. Tiene una duración de un día.
- Estándar de calibración, 0.05  $\mu\text{g/mL}$  (50  $\mu\text{g/L}$ ): medir 25 mL del estándar de 0.1  $\text{mg/L}$  y diluir a 50 mL con ácido clorhídrico ultra puro al 10%. Tiene una duración de un día.
- Estándares de calibración: el estándar de 50  $\mu\text{g/L}$  será diluido por medio del autosampler con agua des ionizada para obtener concentraciones de 5  $\mu\text{g/L}$  (2:18), 10  $\mu\text{g/L}$  (4:16) y 20  $\mu\text{g/L}$  (8:12).
- Blanco de calibración: tomar un volumen de agua ultra pura acidificada, con la misma cantidad de ácido que los estándares de calibración.

## **B) Determinación de cadmio (Cd)**

### **Preparación de estándares:**

- Estándar patrón de cadmio, 100  $\mu\text{g/mL}$ : medir 100 mL del estándar certificado de 1 000  $\text{mg/L}$  y diluir a 100 mL en un matraz volumétrico con agua ultrapura. El estándar tiene una duración de seis meses.
- Estándar de cadmio, 10  $\text{mg/L}$ : se midió 10 mL del estándar de 10  $\text{mg/L}$  y luego se llevó a una fiola de 100 mL, para enrasar con el ácido nítrico al 0,2%. Tiene una duración de 3 meses.
- Estándar de cadmio, 1  $\text{mg/L}$ : se midió 10 mL del estándar de 10  $\text{mg/L}$  y luego se llevó a una fiola de 100 mL, para enrasar con el diluyente. Tiene una duración de 1 semana.



- Estándar de cadmio, 10 $\mu$ g/L: se midió 1 mL del estándar de 1 mg/L y luego se llevó a una fiola de 100 mL, para enrasar con el diluyente. Se tiene que preparar diariamente.
- Los estándares de calibración obtenidos son de 4  $\mu$ g/L, 6  $\mu$ g/L, 8  $\mu$ g/L. El equipo prepara automáticamente estos estándares a partir de estándar de 10  $\mu$ g/L.
- Blanco de calibración: tomar un volumen de agua ultra pura.

### **C) Determinación de mercurio (Hg)**

#### **Preparación de estándares:**

- Para preparar un estándar patrón de Mercurio de 100 mg/L, se midió 10 mL del estándar certificado de 1000 mg/L y se contuvo en una fiola de 100 mL, luego se enrasó con agua ultra pura. El estándar tiene una duración de 6 meses.
- Para el estándar de mercurio de 10 mg/L: se midió 10 mL del estándar de 100 mg/L y luego se llevó a una fiola de 100 mL, para enrasar con el diluyente. Este estándar tiene una duración de 3 meses.
- Para el estándar de mercurio de 1mg/L: se midió 10 mL del estándar de 10 mg/L y luego se llevó a una fiola de 100 mL, para enrasar con el diluyente. Tiene una duración de 1 semana.
- Los estándares de calibración obtenidos son de 10  $\mu$ g/ $\mu$ L, 20 $\mu$ g/L 40  $\mu$ g/L, El equipo prepara automáticamente estos estándares a partir de estándar de 20  $\mu$ g/L.
- Se preparó un blanco de calibración con agua ultra pura, siguiendo el procedimiento anterior.

### **D) Determinación de plomo (Pb)**

#### **Preparación de estándares:**

- Para preparar un estándar patrón de plomo de 100 mg/L, se midió 10 mL del estándar certificado de 1 000 mg/L y se contuvo en una fiola de 100 mL, luego se enrasó con agua ultra pura. El estándar tiene una duración de 6 meses.

- Para el estándar de plomo de 10 mg/L: se midió 10 mL del estándar de 100 mg/L y luego se llevó a una fiola de 100 mL, para enrasar con el diluyente. Este estándar tiene una duración de 3 meses.
- Para el estándar de plomo de 1mg/L: se midió 10 mL del estándar de 10 mg/L y luego se llevó a una fiola de 100 mL, para enrasar con el diluyente. Tiene una duración de 1 semana.
- Para el estándar de plomo de 20 µg/L: se midió 2 mL del estándar de 1 mg/L y luego se llevó a una fiola de 100 mL, para enrasar con el diluyente. Se tiene que preparar diariamente.
- Los estándares de calibración obtenidos son de 4 µg/µL, 8 µg/L, 12 µg/L, 16 µg/L, 18 µg/L. El equipo prepara automáticamente estos estándares a partir de estándar de 20 µg/L.
- Se preparó un blanco de calibración con agua ultrapura, siguiendo el procedimiento anterior.

### 3.4 Análisis Estadístico

Los datos de los niveles de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en los pastos, fibra, músculos y vísceras de la alpaca, fueron transformados a valores logarítmicos y analizados a través del software R ([www.r-project.org](http://www.r-project.org)) es un software libre, ajustado al diseño completamente al azar, donde los tratamientos son los órganos de la alpaca o metales pesados con diferente número de repeticiones por tratamiento; cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta (niveles de As, Cd, Hg y Pb en carne y vísceras de alpaca)

$\mu$  = Media poblacional

$V_i$  = Efecto de la  $i$ ésima Vísceras ó metales pesados

$E_{ij}$  = Efecto del error no controlable

La contrastación de promedios fue analizada mediante la prueba múltiple de significación de Tukey con  $\alpha = 0.05$ .

## CAPÍTULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1 Metales pesados en pastos de las praderas

En la tabla 8, se muestra los resultados de los niveles de concentración de metales pesados en pastos de las comunidades del Distrito de Ananea-Puno.

Tabla 8

*Niveles de concentración de metales pesados ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en pastos de las praderas del Distrito de Ananea-Puno.*

METALES	N	PROMEDIO $\pm$ DE	V.E.
Mercurio	4	102,64 <sup>a</sup> $\pm$ 30,14	58,33 – 125,22
Cadmio	4	42,54 <sup>b</sup> $\pm$ 10,15	27,33 – 48,32
Arsénico	4	49,33 <sup>b</sup> $\pm$ 33,05	13,06 – 91,997
Totales	12	64,84 $\pm$ 36,90	13,06 – 125,22

a y b Letras diferentes indican que hay diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ )

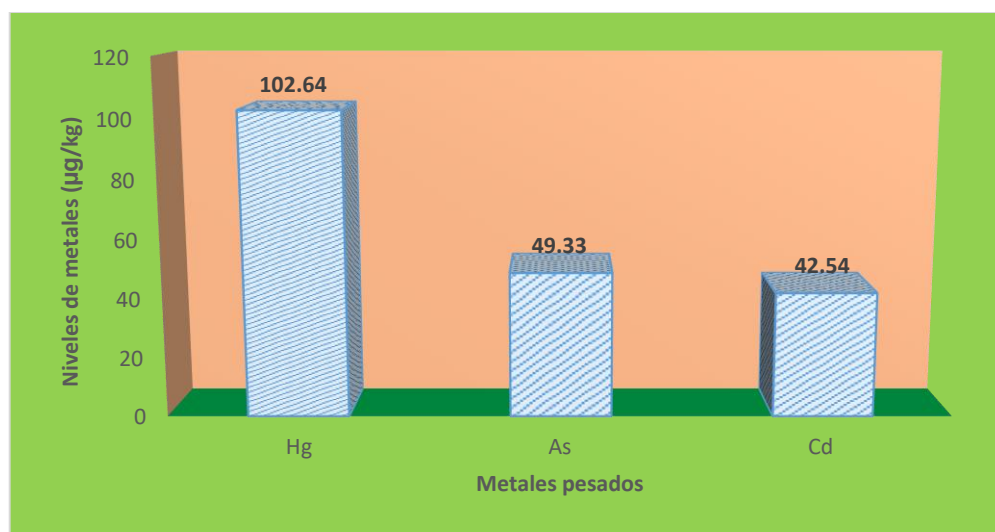


Figura 4. Niveles de metales pesados en pastos de las praderas

En la tabla 8 y figura 4, se observa la concentración de metales pesados en los pastos de las praderas; donde los niveles de Hg, Cd y As fueron de  $102,64 \pm 30,14$ ,  $42,54 \pm 10,15$  y  $49,33 \pm 33,05$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  de pasto, respectivamente, con un promedio de  $64,84 \pm 36,190$  ( $p \leq 0,05$ ). La diferencia de los niveles entre los metales en los pastos de las praderas nativas es debido a que el mercurio es manipulado en forma directa en el proceso de extracción de oro, comparado a cadmio y arsénico donde poseen menores concentraciones que se impregnan en forma natural a los pastos y por ende la cadena trófica.

Los valores que se encontraron en el presente estudio son inferiores al reporte de Astorga et al., (2010), quienes investigaron en muestras de vegetales como la gramínea *Distichlys sp*, encontraron As 2,3 mg/kg frente a las otras gramíneas, la compuesta *Senecio sp* acumula Cd 4,2 mg/kg, y la Leguminosa *Trifolium amabile* (Layo) muestra un rango amplio de acumulación de Hg menores a 0,02 – 0,06 mg/kg, como se puede observar los valores determinados por el mencionado autor son superiores a los encontrados para los tres metales como el Hg, As y Cd; esta diferencia podría deberse a los lugares de muestreo, ya que los valores encontrados refieren a la cuenca del río Ramis de la región Puno. Igualmente, (Legislación con actualización-agosto 2012) (DIGESA. 2008), reporta en los suelos cultivables, los niveles de plomo pueden estar de 20 a 80 mg/g. El reglamento de la UE para plomo de control establece el límite máximo de 5 mg/kg de los alimentos, que cuyo contenido de humedad aproximadamente es 12%. Y Archer y Hodgson (1987) mencionan que en el suelo se encuentran concentraciones considerables de As y cantidades menores en las plantas, en los suelos agrícolas de Inglaterra y Gales reportaron concentraciones promedio de 10,4 mg/kg hasta contenidos de 140 mg/kg en áreas mineras. Sin embargo, en un estudio realizado en el suroeste de Inglaterra se obtuvieron valores de 727 mg/kg y se demostró que un área aproximadamente de 722 km<sup>2</sup> estaba contaminada por arsénico (Thomton, 1981).

Además, Ammerman (1970) sostiene que las plantas forrajeras absorben poco As y suelen contener menos de 0,5 mg/kg, aunque estos valores pueden aumentar mediante la contaminación del suelo con el uso de pesticidas y otros suplementos que contengan As. Y Peña et al. (2001) reportaron concentraciones de As en vegetales menores a 1,5 mg/kg pudiendo disminuir por crecimiento y por clorosis e incorporándose a la cadena alimenticia (a excepción del Pb y Hg); además las formas orgánicas del As no son tan tóxicas.

En el río Illpa, diferentes metales pesados fueron analizados y comparados en *Schoenoplectus tatora* “totora” entre agosto y febrero 2006 indicando que: el As se obtuvo valores menores a 0,2 mg/kg, en Cd valores menores o iguales a 0,005 mg/kg, Hg entre 0,2 y 0,3 mg/kg, Pb entre 0,2 y 0,4 mg/kg, Los elementos químicos analizados y comparados entre agosto 2005 y febrero 2006 del río Ramis indican que: en As menores a 0,22 mg/kg, en Hg los valores son menores 0,3 mg/kg, en Cd desde 0,01 g/kg a 0,005 mg/kg y Pb menores a 0,10 mg /kg (Aquino, 2005).

#### 4.2 Metales pesados en fibra de alpaca

En la tabla 9 se muestra las concentraciones de las sustancias toxicas en fibra de alpaca en las comunidades del Distrito de Ananea-Puno.

Tabla 9

Niveles de concentración de metales pesados ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en fibra de alpaca de las comunidades del Distrito de Ananea-Puno.

METALES	N	PROMEDIO $\pm$ DE	V.E.
Mercurio	5	226,66 <sup>a</sup> $\pm$ 87,51	108,33 – 325,33
Cadmio	8	59,19 <sup>b</sup> $\pm$ 20,32	32,28 – 89,19
Arsénico	8	59,28 <sup>b</sup> $\pm$ 29,17	20,52 – 96,72
Plomo	2	7,70 <sup>c</sup> $\pm$ 4,13	4,78 – 10,62

a, b y c Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P \leq 0,01$ )

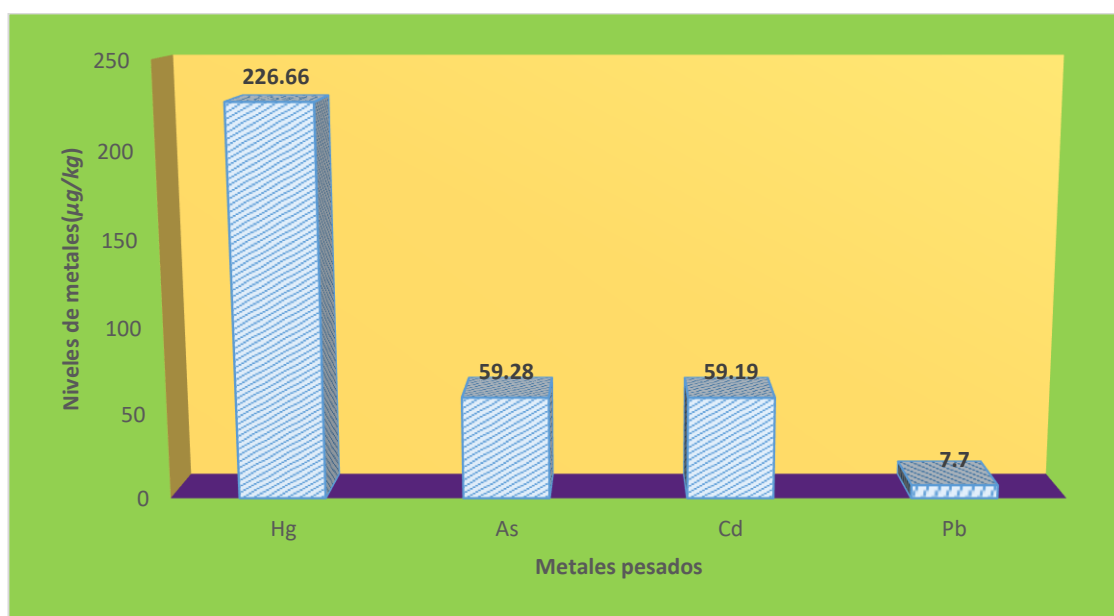


Figura 5. Niveles de metales pesados en fibra de alpaca

En la tabla 9 y figura 5, se muestra las concentraciones de metales en fibra de alpaca; donde se encontró  $226,66 \pm 87,51$   $\mu\text{g}$  de mercurio/kg de fibra de alpaca que fue muy superior al de cadmio  $59,19 \pm 20,32$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  de fibra y al arsénico  $59,28 \pm 29,17$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  de fibra; estos valores son similares pero inferiores a la concentración de mercurio y superiores a la concentración de plomo  $7,70 \pm 4,13$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  de fibra de alpaca; estos valores evidencian diferencias altamente significativas al ANVA ( $p < 0,01$ ) tal como aprecia en la tabla 17 del anexo. La diferencia se debe a que el mercurio se impregnaría fácilmente a la fibra de alpaca; debido a la manipulación excesiva en el proceso de extracción de oro en lugares contiguos al pastoreo de las alpacas.

Los resultados mostrados por Aguilar *et al.*, (2010) reporta valores de 0,75 mg/kg, 0,32 mg/kg y menores a 0,1 mg/kg de la fibra de alpaca para As en la cuenca del río Ramis, subcuenca Ayaviri, Azángaro y Carabaya, respectivamente; en cambio para Hg reportan valores como mínimo 0,02 y máximo 0,087 mg/kg y valores para el Pb como mínimo 0,089 y máximo 1,4 mg/kg, como consecuencia de la actividad minera, erosión litogénica y pasivos mineros existentes en la zona; como se observa las concentraciones encontradas por Aguilar *et al.*, (2010) mencionan que, el As fue superior e inferior en Hg y Pb, respectivamente; comparado a los resultados de la presente investigación.

No encontramos reportes sobre la contaminación de metales en fibra de alpacas, y por tanto no coadyuva a realizar las discusiones respectivas.

#### 4.3 Concentración de cadmio en carne y vísceras de alpaca

La tabla 10 muestra los resultados de la variable estudiada en músculos y vísceras de las alpacas procedentes con influencia minera del Distrito de Ananea.

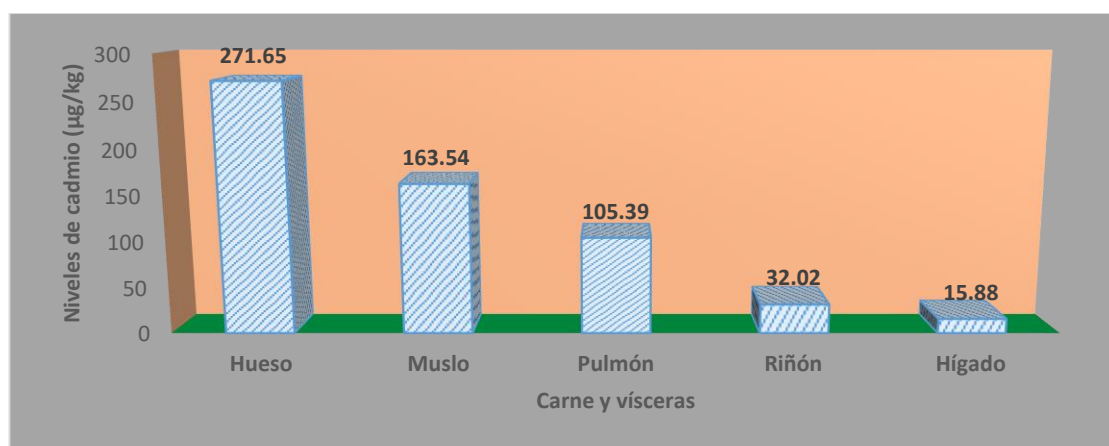


Figura 6. Niveles de cadmio en carne y vísceras de la alpaca

Tabla 10

*Niveles de concentración de cadmio ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en músculos y vísceras de la carne de alpaca en comunidades del Distrito de Ananea-Puno.*

ÓRGANOS	n	PROMEDIO $\pm$ DE	V.E.
Hueso	4	271,65 <sup>a</sup> $\pm$ 60,00	104,68 – 412,66
Muslo	4	163,54 <sup>ab</sup> $\pm$ 88,03	60,28 – 272,46
Pulmón	4	105,39 <sup>ab</sup> $\pm$ 48,96	34,52 – 146,98
Riñón	1	32,02 <sup>c</sup> $\pm$ 0,0	32,02 – 32,02
Hígado	1	15,88 <sup>d</sup> $\pm$ 0,0	15,88 – 15,88

a, b, c y d Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ )

En la tabla 10 y figura 6, se evidencia concentraciones de cadmio con valores de 271,65  $\pm$  60,00  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de hueso que fue superior al del muslo y pulmón 163,54  $\pm$  88,03 y 105,39  $\pm$  48,96  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , y los de riñón y hígado fueron inferiores a la anteriores 32,02 y 15,88  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , respectivamente; los mismos que mostraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Estos valores encontrados en este estudio no superan a los límites permisibles reportados y recomendados por (CE, 2006). En general los niveles de concentración de cadmio son evidentes en carne y vísceras de alpacas de la zona de Ananea, pero está por debajo del límite permisible para el consumo humano, como consta la Norma General del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos Rev. 2 – 2009 (CE, 2006). Sin embargo con este resultado se evidencia el papel de las alpacas como biomonitor de la contaminación por cadmio en la cadena productiva de carne, en donde un ambiente contaminado, unido al desconocimiento de los criadores podría conllevar a la alteración de productos cárnicos que repercuten en la salud humana en el futuro; ya que cada vez aumenta el número de los pobladores mineros con fines de trabajo dentro del área de influencia de las actividades como es la minería y el desconocimiento sobre el impacto medio ambiental podría exponerse a niveles de cadmio, que es un riesgo para la salud de esta población; y debe ser preocupación del gobierno local como es la Municipalidad Distrital de Ananea, la posta médica y junto con el gremio de alpaqueros deben elaborarse planes de vigilancia permanente con fines de proteger el medio ambiente y la salud humana mediante estrategias locales y regionales para evitar la exposición a este riesgo como el metal pesado cadmio. La peligrosidad de cadmio radica que no son ni química ni biológicamente degradables, de ahí que se acumulan tanto en el medio ambiente como en los organismos. Una vez que se encuentra en el entorno sobre todo por las actividades que implementan el ser humano, pueden permanecer en el medio ambiente cientos de



años, contaminar el suelo y acumularse en los pastos y tejidos orgánicos y, por lo tanto, aumentar su consecuencia a medida que se avanza en la cadena trófica.

#### 4.4 Concentración de mercurio en carne y vísceras de alpaca

La tabla 11, muestra los resultados de la variable estudiada en músculos y vísceras de las alpacas procedentes con influencia minera del Distrito de Ananea.

Tabla 11  
Niveles de concentración de mercurio ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en muslo y vísceras de la carne de alpaca en comunidades del Distrito de Ananea-Puno.

ÓRGANOS	N	PROMEDIO $\pm$ DE	V.E.
Hueso	4	135,73 <sup>a</sup> $\pm$ 70,14	66,60 – 233,33
Hígado	2	114,51 <sup>a</sup> $\pm$ 3,05	112,352 – 116,66
Riñón	2	100,90 <sup>a</sup> $\pm$ 48,59	66,54 – 135,26
Pulmón	2	90,41 <sup>b</sup> $\pm$ 48,35	56,22 – 124,60
Muslo	2	87,34 <sup>b</sup> $\pm$ 41,02	58,33 – 116,34

a y b, Letras diferentes indica que hay diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

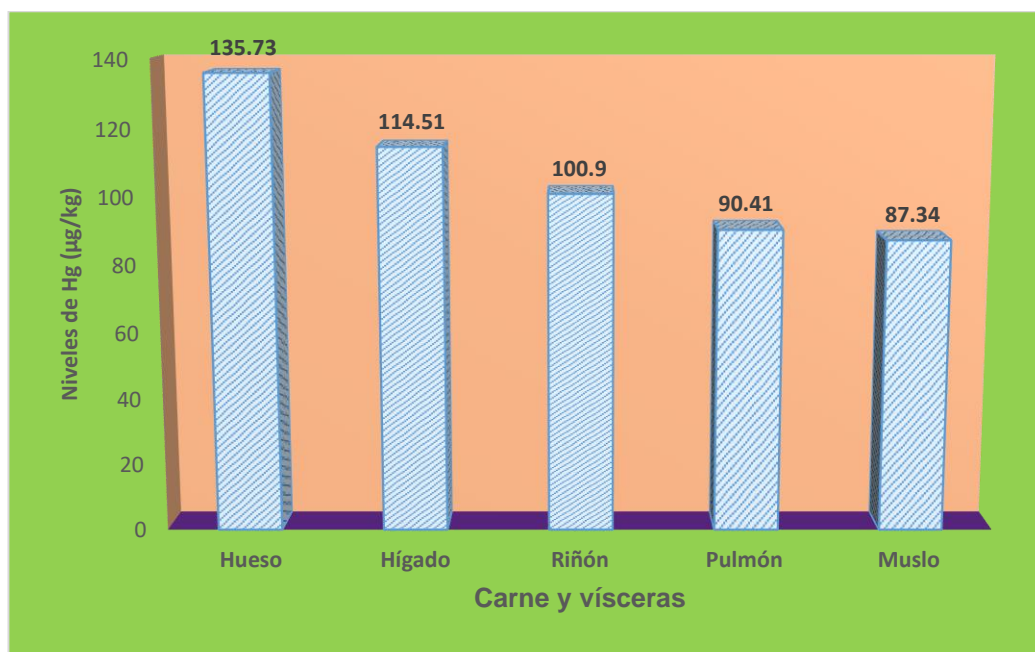


Figura 7. Niveles de mercurio en carne y vísceras de la alpaca

En la tabla 11 y la figura 7, observamos los niveles de concentración de mercurio carne y vísceras de las alpacas; en el cual, el hueso, hígado, muslo, pulmón y riñón mostraron valores de  $135.73 \pm 70.14$ ,  $114.51 \pm 3.05$  y  $100.90 \pm 48.59$ ,  $90.41 \pm 48.35$  y  $87.34 \pm 41.02$



$\mu\text{g}/\text{kg}$ , respectivamente, y se encontró diferencias significativas en la variable mercurio entre los órganos, así como coadyuva el ANVA ( $p < 0,05$ ) ) tal como aprecia en la tabla 19 del anexo. Estos valores encontrados no superan límites permisibles reportados y recomendados por (CE, 2006). Los resultados encontrados en el presente estudio nos inducen asumir que las carnes y vísceras que se expenden en los mercados informales del Centro Poblado La Rinconada y mercado del Distrito de Ananea, constituirían en un futuro el factor de riesgo para los consumidores de este ámbito.

Resultados inferiores se encontró en la presente investigación comparado a lo que reportan (Astorga *et al.*, 2010) en un estudio realizado en la cuenca de Ramis – Titicaca con muestras de dos épocas desde La Rinconada, Crucero, Progreso, Azángaro y Taraco, para los niveles de concentración de mercurio en la leche cruda de vacas, registran niveles por debajo del Límite de Determinación establecido como  $0,2 \text{ mg}/\text{kg}$  ó  $200 \mu\text{g}/\text{kg}$ . Asimismo, en la trucha reportan los niveles de mercurio menores a  $0,030 \text{ mg}/\text{kg}$  o  $30 \mu\text{g}/\text{kg}$  este nivel de concentración está muy por debajo de los valores permisibles que señala la legislación española (UE), porque los niveles máximos permitidos oscilan de  $0,5$  a  $1 \text{ mg}/\text{kg}$  en los pescados. Igualmente, en cabello humano encuentran menores al límite de determinación  $0,02 \text{ mg}/\text{kg}$ , pero a pesar de que, de acuerdo a la EPA, indica que los suelos de Ananea no sobrepasan en un 90% de los lugares de la cordillera, valores elevados de mercurio comparado a los estándares de calidad de suelos de la Unión Europea, donde los límites permisibles para mercurio son de  $1,0 - 1,5 \text{ mg}/\text{kg}$ . Esto permite deducir que esta contaminación con mercurio por la extracción de oro en la zona de Ananea estaría afectando a los camélidos, debido a que los animales estarían bebiendo aguas estancadas provenientes del proceso de obtención de oro, igualmente del río que fluye de forma constante, más que todo en la comunidad de Pampa Blanca que permitiría la ocurrencia efectiva en la cadena trófica; por tanto, refleja el bioindicador en las muestras estudiadas.

El mayor problema es, en el futuro, ya que la contaminación ambiental generada por la minería informal es por el uso de mercurio en forma exagerada e inadecuada para la extracción de oro, debido a que altera a la flora y fauna silvestre, así como cultivos y ganadería, con los consiguientes riesgos sobre la salud pública de aproximadamente 80 000 habitantes, y se estima que se pierden cada año alrededor de 15 toneladas de mercurio líquido en la zona de Puno, acrecentando la contaminación ambiental y los riesgos de salud pública (Lobato, 2013). Debido a la deficiente tecnología en la

recuperación del oro por refogeo y lixiviación por cianuro, más del 50% del mercurio usado se libera al aire y se precipita en las zonas inmediatas y fuentes de agua; encontraron altos niveles de mercurio en sangre de todos los miembros de las familias que habitan en las casas donde se quema la amalgama. Las fuentes de agua derivan en el río Ramis que acarrea los relaves mineros al lago Titicaca, y evidenciaron la contaminación mercurial en peces que habitan en las aguas del Titicaca y en el río Ramis (Aquino, 2003).

Aunque las concentraciones muy elevadas de Hg y otros metales pesados se documentaron en los arroyos de cabecera cerca de los centros mineros de La Rinconada y Cecilia, la cantidad de Hg en el Lago Titicaca podría atribuirse a la minería de la cuenca Ramis que estaba por debajo del límite cuantificable en julio 2002. Esto no disminuye la amenaza localizada a la exposición de mercurio para los propios mineros de oro artesanales, así como sus familias. Si no recomendamos más estudios de la dinámica de mercurio en el Lago Titicaca, así como en los ríos que desembocan en el lago. Es probable que la mayor parte del transporte cuesta abajo de Hg y otros metales traza de los centros mineros de cabecera se produce como sedimento en suspensión durante los períodos estacionales de mayor precipitación pluvial (Christopher, 2006).

#### **4.5 Concentración de arsénico en carne de alpaca**

En resultados de la variable en niveles de arsénico no se detectó en las muestras de los músculos ni en vísceras de las carcasas de alpacas de las comunidades con actividad minera; lo cual, indica que existen valores menores a 5  $\mu\text{g}$  de As/kg de carne y vísceras de la alpaca; estos resultados (N.D.) obtenidos mediante la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica con horno de grafito es confiable, ya que el equipo es muy sensible, porque cada uno de las muestras fueron repetidos por dos veces para obtener un aproximado de 0,0001  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , este valor no detectable no supera al reporte de la Unión Europea (U.E.), que el contenido máximo permisible de Arsénico oscila de 0,05 a 1,25 mg de As/kg en productos alimenticios.

Similar al presente resultado registra (Vicaria de la Solidaridad-prelatura de Sicuani, 2011) mediante SENASA - Lima, en muestras del hígado, riñón y en la carne de los ovinos de dos años de edad criadas en zonas con actividad minera de la Provincia de Espinar – Cusco, donde obtuvieron un valor no detectable (N.D.) de este metal arsénico; mientras el Laboratorio CERPER S.A. Lima, encuentra valores menores a 0,06 mg/kg en muestra de hígado y riñón de los ovinos; no obstante que, estos no llegan a sobrepasar

valores establecidos como permisibles para consumo humano. Igualmente (XstrataTintaya, 2009), reporta en muestras de ovinos en un ámbito control sin actividad minera valores de arsénico en concentraciones por debajo del límite de detección. Esta similitud indica que, tanto las alpacas como los ovinos no estarían asimilando a su organismo mediante la cadena trófica, debido a que los pastizales contaminados consumidos por los animales no permanecen en todo el año, porque en época de estiaje desaparece por la helada y a falta de humedad. A esto respalda (Pelayo, 2011) indicando que la edad de los animales es un factor que influye, debido a que la bioacumulación de metales pesados es conforme avanza la edad de los animales; como estos animales en la mayoría no supera edades mayores a 5 años en permanecer en el rebaño, es por ello que no mostrarían valores detectables, muy a pesar de que los suelos de la cordillera de Ananea contienen arsénico.

En Argentina (Ponce, *et al.*, 2006) estudiaron arsénico total e inorgánico en músculo y hígado de las Llamas, mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica con generación de hidruros. Los resultados que se reportan a nivel de músculo procedente de Llamas de Abra Pampa zona no contaminada encontraron niveles de arsénico total de  $0,132 \pm 0,043$  ng/g, similar a los hallados en las llamas de Rinconadillas zona contaminada  $0,114 \pm 0,062$  ng/g. Sin embargo, en la zona contaminada El Moreno los niveles de arsénico se duplican  $0,233 \pm 0,041$  ng/g. Referente al arsénico inorgánico los contenidos en el músculo de las muestras de Abra Pampa fue  $3 \pm 1$  ng/g y Rinconadillas  $4 \pm 2$  ng/g. Las bajas concentraciones de arsénico inorgánico indican que la carne de llama no es un alimento de riesgo para los consumidores porque en ninguno de los casos exceden el límite máximo permisible por la legislación argentina.

Los contenidos de arsénico total en el hígado superan al de los músculos en 1,7 en Abra Pampa y 1,5 en El Moreno, la mayor acumulación del arsénico en hígado es atribuible a que, es el principal órgano implicado en los mecanismos de detoxificación del arsénico. La diferencia entre Argentina que reportó valores en nanogramos/g que es un indicador mínimo y en el distrito de Ananea que no detecta, se debería a diferente actividad económica, ecosistema y sistema de manejo que se encuentran sometidos los animales; porque los suelos argentinos registran niveles de concentraciones de arsénico muy elevados, así como registra también los suelos de Ananea valores elevados (Astorga *et al.*, 2010).

Los valores encontrados en el presente estudio son inferiores y/o similares a los resultados de (Astorga et al., 2010) en un estudio realizado en la cuenca de Ramis – Titicaca con muestras de 2 épocas desde Rinconada, Crucero, Progreso, Azángaro y Taraco, donde los niveles de concentración de arsénico en leche cruda de vacas se encuentra por debajo del Límite de Determinación establecido como  $0,0001 \mu\text{g/L}$ ; debido a que del suelo al pasto muy poco se absorbería y por ende que no refleja en el producto leche, porque la crianza de vacas ha incrementado con fines de producir leche en la zona de Progreso y Taraco parte baja de la cuenca de Ramis – Titicaca. Asimismo, en la trucha reportan los niveles de arsénico menores a  $0,025 \text{ mg/kg}$ , concentración que está muy por debajo al nivel máximo permitido y en el cabello humano también registraron valores menores al límite de determinación  $0,1 \text{ mg/kg}$ . Estos resultados encontrados en diferentes especies como en la leche de las vacas, trucha y cabello de humanos estudiados en la cuenca Ramis – Titicaca, respaldan al indicador arsénico en los músculos y vísceras de las alpacas, que no fue detectado en el presente estudio; estos indicadores nos coadyuva a comentar que muy a pesar de que el suelo de ésta cuenca se encuentra con valores altos de arsénico no está relacionado con la cadena trófica entre consumo de vegetales y el animal; que este último actuaría mediante su organismo la destoxificación como defensa propia del organismo. Sin embargo, los suelos, sedimentos y los vegetales de la zona cordillera de Ananea están por debajo de los estándares de calidad de suelos de la Unión Europea, donde los límites permisibles para arsénico son de  $5,5$  a  $13 \text{ mg/kg}$ .

Una conclusión importante que manifiesta (Pelayo, 2011) que, en el plano hepático y renal, confirman una estrecha correlación entre la edad de los animales y metales pesados como plomo, arsénico y cadmio, y en el plano muscular, con el arsénico. Este hecho demuestra que, de forma general, estas sustancias tienden a acumularse con la edad del animal y que la fuente de contaminación es común e influye en casi todos los ejemplares estudiados. Y no obstante que, (Gonzales et al., 2009), registra concentraciones por debajo del límite de detección de este metal pesado arsénico en las muestras de leche de cada una de las vacas o del tanque, y los otros metales pesados analizados estuvieron dentro de los rangos señalados por otras investigaciones, es por ello el riesgo para la salud del consumidor, la leche de vaca procedente de explotaciones de la provincia de León es muy bajo, aunque no nulo. Diferencia al no detectarse en carne y vísceras de la carcasa de alpaca comparada al de la leche de vacunos, es debido al diferente nivel de concentración de arsénico que tiene los suelos de España y Ananea – Perú.

#### 4.6 Concentración de plomo en carne de alpaca

Resultados de la variable plomo no se detectó en las muestras de los músculos ni vísceras de las carcasas de alpacas criadas en zonas con actividad minera; lo cual indica que existen valores menores a 5  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de Pb en carne y vísceras; estos resultados (N.D.) de los niveles de concentración de plomo están por debajo de los límites máximos permisibles por normas internacionales, donde la concentración de plomo en las carnes rojas, el límite establecido para el consumo humano es de 0,1 a 0,5 mg/kg según Reglamento CE N° 1881/2006. Comisión del 19 de diciembre que fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios; CODEX STAN 193-1995 2009. Norma General del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos Rev. 2-2009.

Los valores encontrados en el presente trabajo fueron inferiores a los reportes de (Caba y Vega, 1996), donde los niveles de concentración de plomo se registra de 0,27 – 0,79 mg/kg, en muestras de carne cruda fresca de Llamas de Potosí, y en carnes de Llamas de la ciudad de Oruro - Bolivia encuentran valores que oscilan de 0,035 – 1,590 mg/kg determinadas mediante espectrofotómetro de absorción atómica AA-10, el valor extremo superior muestra que está por encima de los límites máximos permisibles por normas internacionales. Esta diferencia se debería al efecto de precipitaciones entre los dos ecosistemas; ya que en la cordillera occidental, donde se ubica la ciudad de Oruro posee la menor precipitación pluvial aproximadamente 200  $\text{mm}^3/\text{año}$  y esto permite la presencia constante de ventarrones que ya se observa a partir de 11:00 am y este polvo ingresa por vía respiratoria a las Llamas; mientras la cordillera oriental donde se ubica Ananea presenta un promedio de 780  $\text{mm}^3/\text{año}$ ; lo cual permite el mayor arrastre de este metal tóxico a nivel del suelo hacia parte baja de la cordillera y no hay mucha frecuencia de presencia de polvo, por ende menores concentraciones (N.D) de plomo en los animales estudiados.

No obstante que, en (Xstrata Tintaya S.A. 2009) a través de Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) reporta niveles de concentración de plomo en ovinos de las comunidades del Río Salado y Cañipía de la provincia de Espinar - Cusco, donde en el hígado registra 0,101 a 0,142 mg/kg, en el riñón 0,076 a 0,125 mg/kg y en la carne 0,00 a 0,059 mg/kg; mientras el Laboratorio CERPER S.A. Lima, registra niveles de concentración de plomo en el hígado menores a 0,034 mg/kg, en riñón 0,034 mg/kg y

en la carne 0,034 mg/kg; Estos bioindicadores no superan el límite de determinación; la diferencia es porque el medio ambiente de Espinar es planicie y no hay mucho arrastre de contaminación por efecto lluvia y muy a pesar que la CIA minera Antapaccay es una empresa formal, por tanto cumple a través de las actividades del área de medio ambiente la vigilancia y protección de la contaminación ambiental, tales como el regadío con agua no potable de las carreteras con tanques ó cisternas que prestan servicios a la empresa; mientras el ámbito de Ananea no tiene muchas áreas planicies, posee más laderas y es por ahí que se vierte los residuos de plomo a los ríos circundantes.

Estos valores N.D. en esta investigación son semejantes cuando comparamos a un estudio de línea base que hizo (Vicaria de la Solidaridad-prelatura de Sicuani, 2011), en carne y vísceras de ovinos de la Provincia de Espinar, no detectaron niveles de plomo en el riñón de los animales criados en áreas con influencia minera y sin actividad minera; mientras en el hígado de ovinos criadas en áreas de actividad minera encuentran 0,095 mg/kg y en áreas sin actividad minera 0,646 mg/kg; lo cual se debería a la geografía que posee Espinar por la planicie de su ecosistema. Y cuando comparamos nuestros valores con (Hernández, *et al.*, 2012) quienes encuentran altas concentraciones de plomo (superiores a 0,5 mg/kg) en la carne de los ovinos de 3 lugares de México e indica que es un problema potencial para la salud humana y una limitante para la exportación; las concentraciones registradas superan el límite establecido para el consumo humano; el cual, es de 0,1 a 0,5 mg/kg según Reglamento CE N° 1881/2006 comisión del 19 de diciembre que fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios; CODEX STAN 193-1995 2009. Norma General del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos. También en México (Hernández A. 2011), reportan diferencias estadísticas no significativas ( $P \geq 0,05$ ) en el contenido de plomo entre los músculos ( $1,6 \pm 1,9$  mg/kg), riñón ( $1,7 \pm 1,8$  mg/kg) e hígado ( $1,4 \pm 1,8$  mg/kg), además señalan de que el valor de desviación estándar es muy elevado, debido a que los valores extremos tenían una amplitud, por lo que están por encima del límite máximo tolerable por la Norma. Nuestros valores N.D. de la presente investigación en alpacas no superan a los órganos estudiados al de ovinos; diferencia que, podría deberse al diferente ecosistema, tipo de actividad minera y método de evaluación.

Los valores encontrados se asemejan por (Astorga *et al.*, 2010) al estudio realizado en la cuenca de Ramis – Titicaca con muestras de 2 épocas desde Rinconada, Crucero,

Progreso, Azángaro y Taraco, no detectaron los niveles de concentración de plomo en la leche cruda de vacas, que cuya concentración está muy por debajo de los Límites de Determinación (0,56 mg/kg); esto es similar a la carne y vísceras de alpaca del presente estudio; esta semejanza podría deberse a que los vacunos y alpacas no poseen edades mayores a 5 años, por tanto este metal pesado no se acumulan suficientemente conforme aumenta la edad animal, y los pastizales aparecen y desaparecen por efecto época del año. Mientras, en la trucha reportan los niveles de plomo en 0,41 mg/kg, este valor es superior a los valores de límite de determinación de 0,1 mg/kg ó la norma española (UE), indica que el límite máximo permitido está en 5 mg/kg, esta superioridad es por el arrastre del metal de la parte de cordillera hacia lago Titicaca. Asimismo, el nivel de concentración de plomo en cabello humano es variable, alcanzando 6,5 mg/kg en Rinconada, 2,4 mg/kg en Progreso, 0,78 mg/kg en Crucero y 0,82 mg/kg en Taraco, estos indicadores son superiores al límite de determinación 0,56 mg/kg y excede los límites establecidos ( $0,960 \pm 0,86$  mg/kg), esto es por el contacto directo con el polvo durante el trabajo minero. Sin embargo, la Unión Europea ha elaborado un reglamento que establece límites de plomo en alimentos de 1,0 mg/kg; y según la EPA los suelos de Ananea muestran valores de 9,4 a 38 mg/kg que está por debajo del valor referencial de 85 mg/kg, comparado a los estándares de calidad de suelos de la Unión Europea, donde los límites permisibles para plomo son de 50 a 300 mg/kg.



## CONCLUSIONES

- La determinación de metales pesados (As, Cd, Hg y Pb) en pastos, fibra, carne y vísceras de alpaca de las comunidades de Belén y Pampa Blanca del Distrito de Ananea-Puno mediante espectroscopia de absorción atómica, ha permitido comprobar la presencia de todos los metales estudiados en fibra de alpaca, en pastos no se determinó la presencia de Pb, mientras que en carne y vísceras de alpaca sólo se detectaron Cd y Hg.
- En los pastos de las praderas nativas del distrito de Ananea, el Hg está en niveles superiores (102,64  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de pasto), al del Cadmio y Arsénico ( $p > 0,05$ ); los mismos que entran en la cadena trófica y es un factor de riesgo para las alpacas.
- En la fibra de alpaca se determinó 226,66  $\mu\text{g}$  de mercurio/kg, que superó a cadmio, arsénico y plomo ( $p < 0,01$ ).
- Se determinó cadmio ( $p < 0,05$ ) y mercurio ( $p > 0,05$ ) en hueso, hígado, muslo, pulmón y riñón de la alpaca; los valores no superan el límite máximo permisible, pero en el futuro sería un factor de riesgo para la salud humana. Y no se detectaron plomo y arsénico en carne y vísceras; por tanto, se requiere vigilancia.



## RECOMENDACIONES

- La Oficina del Medio Ambiente de la Municipalidad Distrital de Ananea debe considerar en el plan de desarrollo del Municipio, la vigilancia y el monitoreo de metales pesados, previa socialización de la población expuesta a este factor de riesgo.
- Implementar estrategias de vigilancia de metales pesados mediante la Oficina del medio ambiente y zoonosis del Centro de Salud del distrito de Ananea.
- Realizar investigaciones sobre metales pesados en pastizales durante época seca y lluvia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adriano, D. (1986). *Trace elements in the terrestrial environment*. Springer Verlag. New York: Springer Verlag.
- Aguilar T., Arizaca J., Cornejo., Huanqui R., Medina R., Miranda N., Pacheco M., Pérez M., Pimentel J., Roque W. y Ttito S. (2010). *Estudio Integral de la Contaminación en la Cuenca del Ramis*. Oficina de Investigación Universitaria. Universidad Nacional del Altiplano Puno-Perú.
- Ammerman, C B. (1970). Recent developments in cobalt and copper in ruminant nutrition: A review. *Journal of DairyScience*, 53(8), 1097-1107.
- 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.
- Aquino, E. (2005). Contaminación por mercurio y cianuro en el Distrito Minero de Ananea-Puno. *Reflexiones y propuestas*. OUI. UNA. Puno, Perú..
- Arce, O. (2000). Metales pesados presentes en el agua. Manual de prácticas. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia. *Obtenido de Metales pesados presentes en el agua. Manual de prácticas*. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia. Recuperado en <http://www.fcyt.umss.edu.bo/docentes/29/practicas/practica4.pdf>.
- Archer, F C; Hodgson, I H. (1987). Total and extractable trace element contents of soils in England and Wales. *Journal of Soil Science*, 38(3), 421-431.
- Astorga, J., Cari A., Vilcatoma L., Alcantara A., Zamalloa W., Calsin A., Olarte U., Tello E., Supo F. y Julio Huanca. (2010). *Implicancias sociales y económicas de la contaminación de la Cuenca hidrográfica del Río Ramis*. Oficina Universitaria de Investigación. Universidad Nacional del Altiplano. Puno.

- Aylan-Parker, J., McGregor, B.A., (2002). Optimising sampling techniques and estimating sampling variance of fleece quality attributes in alpacas. *Small Ruminant Research* 44, 53-64.
- Bonanno G; Borg J.A.; Di Martino V. (2017). Levels of heavy metals in wetland and marine vascular plants and their biomonitoring potential: *A comparative assessment. Sc. of the Total Env.* 576:796-806. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.10.171.
- Brenes, E. R., K., Pérez, F., Valladares, K., (2001). El clúster de los camélidos en el Perú: Diagnostico competitivo y recomendaciones estratégicas. *Proyecto Andino de Competitividad. Documentos de trabajo. Instituto Centroamericano de administración de empresas (INCAE)*, 71p.
- Caba, F., S. Vega Olmos. (1996). *Contaminación por metales pesados y microbiológicos en carne de camélidos de Oruro y Potosí. Instituto de Tecnología de Alimentos (ITA)*.
- Cabrera, F; Ariza, J; Madejón, P; Madejón, E; Murillo, J M. (2008). Mercury and other trace elements in soils affected by the mine tailing spill in Aznalcollar (SW Spain). *Science of the Total Environment*, 390(2), 311-322.
- Castillo, M. F. (2005). Minería artesanal, un caso de contaminación por mercurio y su impacto socio-ambiental. *IV Congreso Internacional de medio ambiente en minería y metalurgia*. Perú. Pág.
- Christopher, H., Gammons, D, Darell, G., Slotton, Butch Gerbrandt, Willis Gramajea, Courtney A. Younga, Richard L. McNearnya, Eugenio Cámac, Rubén Calderón, Henry Tapia. (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, páginas 637-648.
- Cobb, G., Sands, K., Waters, M., Wixson, M., y Dorward, K. E. (2000). Accumulation of heavy metals by vegetables grown in mine wastes. *Environ. Toxicol. Chem*, 19:600-607. Doi:10.1002/etc.5620190311.
- Codex Stan 193-1995. (2009). *Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos*.
- Cuentas A, M. (2008). *Evaluación cualitativa del impacto ambiental generado por la actividad minera en La Rinconada Puno* (Tesis para optar el Grado de Master en Gestión y Auditorías Ambientales). Universidad de Piura. Piura, Perú.

- Dammert, A. y F. Molinelli. (2007). *Panorama de la Minería en el Perú. Osinergmin-Perú.*
- Dawson, B., y Robert, G. (2005). *Bioestadística Médica* (Cuarta ed. ) Bogotá, Colombia: El Modermo S. A.
- DIGESA. (2008). *Variaciones de parámetros en el Río Ramis y afluentes.* DIGESA/DEPA/JVAR/21- 07.
- Ferro – Mayhua, F. P. (2009). *Contaminación de la Cuenca del Río Ramis – Puno – Perú.* www.poferro@yahoo.com
- Gonzales, R. (2009). Metales pesados en carne y leche de vacunos y certificación para la Unión Europea (UE) (Tesis doctoral.). *Revista Colombiana de Ciencias Agropecuarias.* Universidad de León, España. <http://rccp.udea.edu.co>. 22:3.
- Hernández, A. (2011). *Determinación de metales pesados en suelos de Natividad Ixtlán de Juárez Oaxaca.* (Tesis de Licenciatura). México.
- Hernández, M. A., LI Trejo-Téllez LI, Anaya-Rosales S, y JE Ramírez-Bribiesca. (2012). Contenido de cadmio y plomo en carne de ovino. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo – México. Correo electrónico: tlibia@colpos.mx.
- IARC. (2087). International Agency for Research on Cancer. Lyon. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans ([www.iarc.fr](http://www.iarc.fr)).
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), IV Censo Nacional Agropecuario – (2012). Disponible: <http://www.inei.gob.pe/DocumentosPublicos.2012/ResultadosFinalesIVCENAGR O.pdf>.
- Kovalsky, V. V. (1974). Geochemical environment, health and diseases. In: Hemphill D.(ed.), Trace Substances, *Environment and Health, Vol. 8.* University of Missouri, Columbia, MO, 137 pp.
- Kuramshina, N. G., Kuramshinb, E. M. , Nikolaevac, S.V. y Imashev, Y. B.. (2014). Las características biogeoquímicas del contenido de metales pesados en el suelo, las plantas y los animales en diferentes espacios naturales de Bashkortostán. *Diario de Geoquímica de Exploración.* (144): 237 - 240.
- Leguía, G. y Clavo, N. (1989). Sarcocistiosis o triquina. *Boletín Técnico N° 7 – CICC.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos IVITA. Agosto. Lima – Perú.

- López, M, Benedito, J. L, Miranda, M., Castillo, C., Hernández, J., y Shore, R. F. (2000). Toxic and trace elements in liver, kidney and meat from cattle slaughtered in Galicia (NW Spain). *Food Addit Contam.* 17(6):447-457.
- López, M, Benedito, J. L., Miranda, M., Castillo, C., Hernández, J., y Shore R. F. (2003). Mercury concentrations in cattle from NW Spain. *Sci Total Environ.* 20; 302(1-3):93-100.
- López, M., Prieto, F., Miranda, M., Castillo, C., Hernández, J. y Benedito, J. L. (2003). Cadmium and lead accumulation in cattle in NW Spain. *Vet Hum Toxicol.* 45(3):128-30
- Maite, P. (2011). Metales pesados en carne de vacuno. Recuperado en: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2011/04/14/199972.php#sthash.vOz5RGXH.dpuf>
- Méndez, J. (2002). Metales pesados en alimentación animal. Anaporc. *Revista de Porcinocultura;* 22(223), 88-95
- MINSA 2011. Reglamento de la Calidad del Agua para consumo humano. DS N° 031-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental Ministerio de Salud Lima –Perú.
- Monroya, M., Maceda-Veigab A., y De Sostoa, A. (2014). La concentración de metales en agua, sedimentos y cuatro especies de peces del lago Titicaca revela una preocupación ambiental a gran escala. *Ciencias del medio ambiente total,* (487): 233-244.
- Moreno, R. (1999). *Contaminación ambiental por metales pesados impacto en los seres vivos.* México: AGT, Editor, S.A. México.
- Muñoz, O., Vélez, D. and Montoro, R.. (1999). Optimization of the solubilization, extraction and determination of inorganic arsenic (AsIII+AsV) in seafood products by acid digestion, solvent extraction and hydride generation atomic absorption spectrometry. *Analyst.* 124: 601-607.
- Negroni, M. (2009). Microbiología Estomatológica. Fundamentos y guía práctica (Segunda ed.) México: Editorial Medica Panamericana.
- NOM (Norma Oficial Mexicana) 004-ZOO. (1994). Grasa, hígado, músculo y riñón en aves, bovinos, caprinos, cérvidos, equinos, ovinos, y porcinos. Residuos tóxicos. Límites máximos permisibles y procedimientos de muestreo. *Modificación de la*

*Norma Oficial Mexicana.*

- OMS. Reglamento Sanitario Internacional. (2005). Disponible en:  
<http://www.who.int/csr/ihr/es/index.html>. Acceso 20/04/2015 .
- Oyarzun, R. (2011). *Introducción a la geología de minas*. Madrid: GEMM.
- Oyarzun, R., & Higuera, P. (2009). *Minería ambiental*. Madrid: GEMM.
- Peláez, M. J. (2014). *Efectos del plomo en la pared celular del tallo de Brachiaria*.  
Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira.
- Peña, C. Carter, D. y Ayala-Fierro, F. (2001). *Toxicología ambiental: evaluación de riesgos y restauración ambiental*. University of Arizona, 150 pp.
- Ponce, R., Silvia Farías, S., Bovi Mitre, G., Vélez D. y Montoro, R.. (2006). Determinación de arsénico total e inorgánico en carne y vísceras de camélidos (*Lama glama*) autóctonos de la provincia de Jujuy, Argentina. *Rev. Fac. De Agronomía de la UBA, Buenos Aires*. 26(1):105.109.
- Rascio, N. y Navari I.F. (2011). Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? *Plant Sci*. 180:169-181. Doi10.1016/j.plantsci.2010.08.16.
- Reglamento (CE). (2006). El contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. *Diario Oficial de la Unión Europea*. 20.12.2006.
- Rodríguez, P. H., Sánchez, E., Rodríguez, M., Vidales, J. A., Contreras, K., Acuña A., Martínez G., y Rodríguez, J. C. (2005). *Metales pesados en leche cruda de bovinos*. Facultad de Medicina. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- Rosas, H. (2001). *Estudio de la contaminación por metales pesados en la Cuenca Del Llobregat*. Catalunya Barcelona.
- Islama, S. Kawser Ahmedc, K. Al-Mamunb, H. y Raknuzzamanb, M. (2015). La concentración, la fuente y el potencial riesgo para la salud humana de metales pesados en los alimentos de consumo habitual en Bangladesh. *Ecotoxicología y Seguridad Ambiental* (122): 462-469.

- Siguayro, R. y Gutiérrez, A. (2010). *Comparación de las características físicas de las fibras de la llama chaku (Lama glama) y la alpaca huacaya (Lama pacos) del Centro Experimental Quimsachata del INIA, Puno-Perú*. Puno, Perú.
- Solís, H. (2000). *Producción de Camélidos Sudamericanos*. Cerro de Pasco, Perú: Imprenta Ríos S.A.
- Thornton, I. (1981). *Geochemical aspects of the distribution and forms of heavy metals in soils*. In: Lepp N W (ed). *Effects of heavy metal pollution on plants*. London and New Jersey: Applied Science Publishers.
- Tchounwou, P. B. Yedjou, C. G., Patlolla A. K. y Sutton D. J. (2012). *Heavy metal toxicity and the environmental toxicology*. 3: 133-164. doi:10.1007/978-3-7643-8340-4\_6.
- Vega, G, S. (1990). *Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales*. México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud: Organización Panamericana de la Salud: Organización Mundial de la Salud, 1985.
- Vicaria de la Solidaridad-prelatura de Sicuani. (2011). *Monitoreo Ambiental Participativo en el ámbito del proyecto XstrataTintaya en la Provincia de Espinar – Cusco*.
- Vildes M., Karina K de Souza, Geovana D., Menithen Bieber, Laura P Garcia, Vinícius Vitorino, Sheron Bitencourt, Kin A da Costa. 2009. “Contaminación por metales pesados PLOMO. Laboratório de Micotoxicologia e Contaminantes Alimentares. www.labmico.ufsc.br Depto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Centro de Ciencias Agrarias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – Brasil. Traducción: www.latinrendering.com..
- Villanueva, G. C.. (2004). *Medicina Legal y Toxicología*. 6ª ed., Masson, Barcelona.
- Wang, X;Chen J; Yan X; Zhang J; Huang J; Zhao J. (2015). Heavy metal chemical extraction from industrial and municipal mixed sludge by ultrasound- assisted citric acid J. of *Industrial and Engineering Chemistry*. 27:368-372. doi: 10.1016/j.jiec.2015.01.016.
- Wittmann, G. (1981). *Toxic Metals*. Berlin: Springer-Verlag.
- Wuliji, T., Davis, G.H., K.G., Turner, P.R. Andrews, R.N., Bruce, G.D., (2000). Producción performance, repeatability and heritability for live weight and fiber characteristics of alpacas in New Zeland. *Small RuminantResearch* 37, 189-201.

XstrataTintaya S.A. (2009). *Estudio del Impacto Ambiental del Proyecto Antapaccay*.  
Espinar, Cusco.





## ANEXOS

**Anexo 1.** Graficas de Curva de Calibración para el arsénico

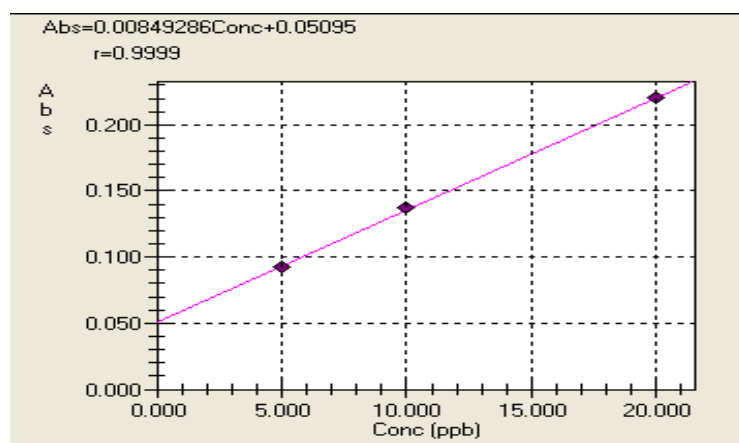


Figura 8. Curva de calibración de As

Tabla 12

Valores determinados por el equipo de AA de las soluciones estándar de As.

Sample ID	Graph	X	M	Q	True Value (ppb)	Conc. (ppb)	Abs.	BG	Pos.	VOL	Diluent R1
STD 1					5.0000		0.0926	0.0026	1	2	18
STD 2					10.0000		0.1371	0.0000	1	4	16
STD 4					20.0000		0.2204	0.0002	1	8	12

**Condiciones instrumentales**

Las condiciones instrumentales para un análisis de arsénico por horno de grafito son:

- Longitud de onda: 193.7nm.
- Slit: 1.0
- Medida de señal: Área del pico (A-As)
- Tubo de grafito con plataforma
- Temperatura programada del horno de grafito:
  - Temperatura de secado: 150°C
  - Temperatura de pre tratamiento: 500°C
  - Temperatura de atomización: 2200°C
- Volumen de muestra: 20 µL.
- Se usa corrección de fondo (background) mediante el uso de una lámpara de deuterio.

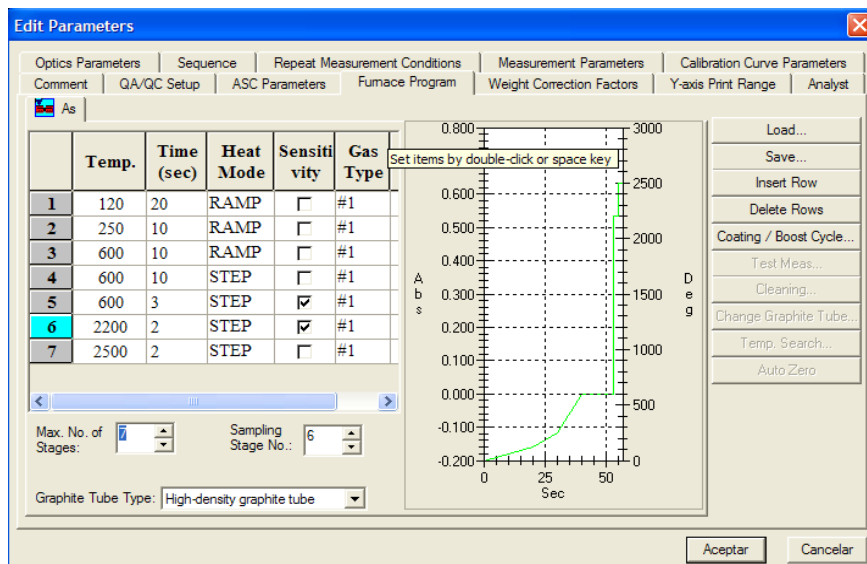


Figura 9. Programa de temperatura para la medición de As por horno de grafito

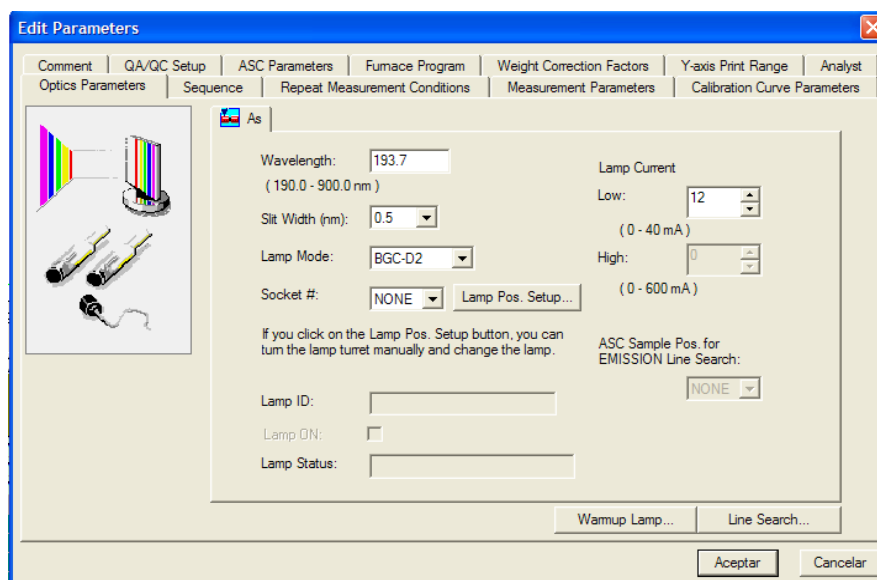


Figura 10. Parámetros ópticos para la medición de As por horno de grafito

**Anexo 2.** Curva de Calibración para el cadmio

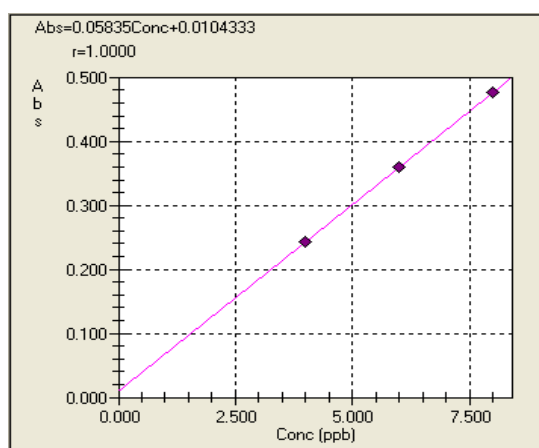


Figura 11. Curva de calibración de Cd

Tabla 13

Valores determinados por el equipo de AA de las soluciones estándar de Cd.

True Value (ppb)	Conc. (ppb)	Abs.	BG	Pos.	VOL	Diluent RI
4.0000		0.2440	0.0014	1	8	12
6.0000		0.3602	0.0014	1	12	8
8.0000		0.4774	0.0015	1	16	4

**Condiciones instrumentales**

Las condiciones instrumentales para un análisis de Cadmio por horno de grafito son:

- Se usa corrección de fondo (background)
- Longitud de onda: 228.8nm.
- Slit: 1.0
- Medida de señal: Área del pico (A-As)
- Tubo de grafito con plataforma
- Temperatura programada del horno de grafito:

Temperatura de secado: 150°C

Temperatura de pre tratamiento: 500°C

Temperatura de atomización: 2200°C

- Volumen de muestra: 20 µL.

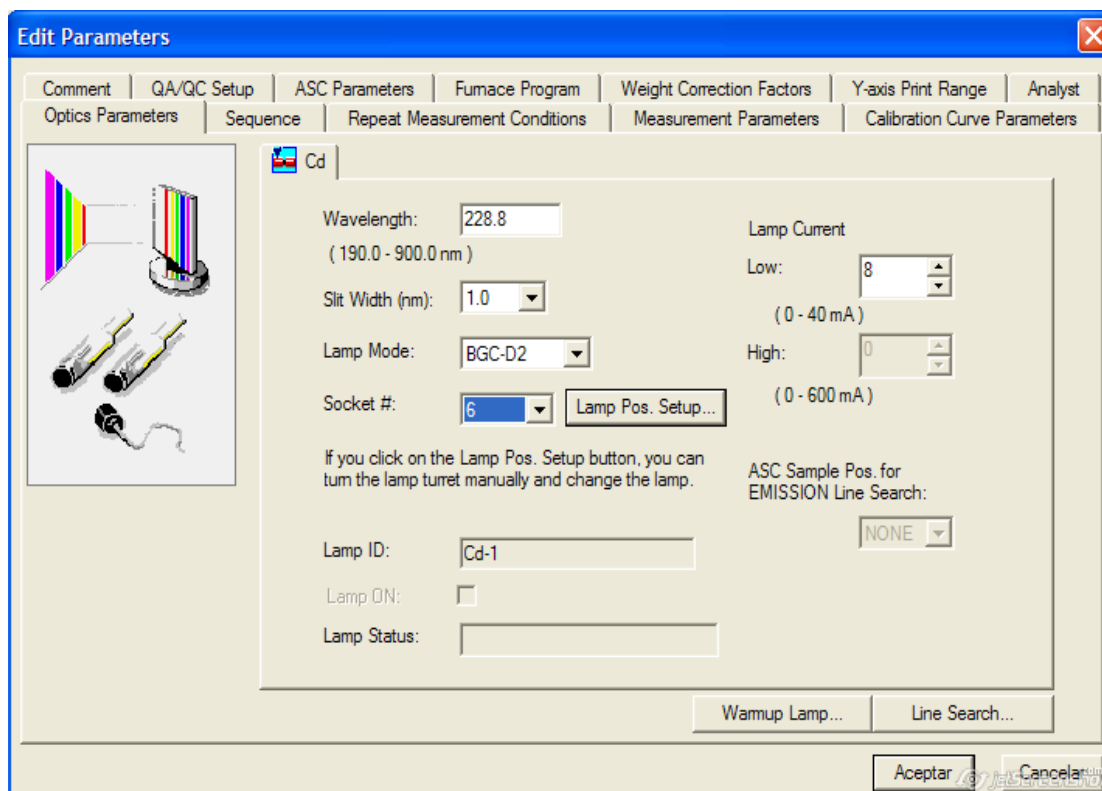


Figura 12. Parámetros ópticos para la medición de Cd por horno de grafito

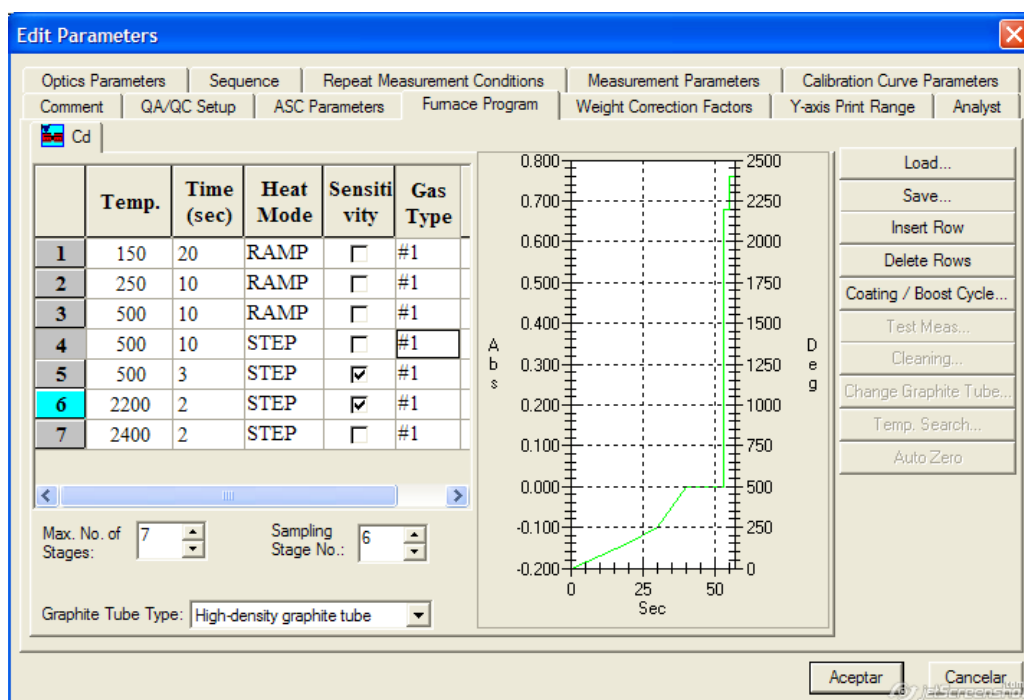
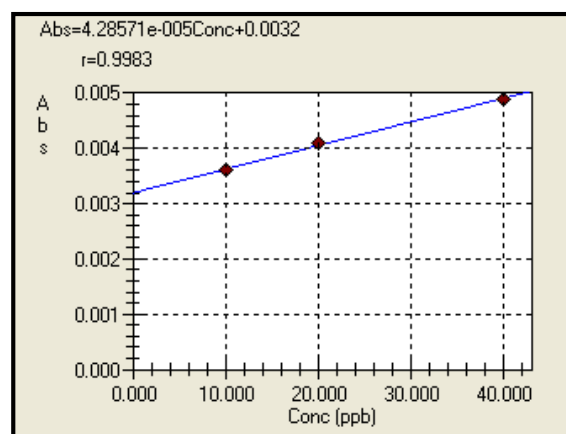


Figura 13. Programa de temperatura para la medición de Cd por horno de grafito

**Anexo 3.** Curva de calibración para el mercurio

Tabla 14  
*Absorbancia de los patrones de Mercurio*

Concentración (ppb)	Absorbancia
10.0000	0.0036
20.0000	0.0041
40.0000	0.0049



*Figura 14.* Curva de calibración de Hg

**Condiciones instrumentales:**

Las condiciones instrumentales para un análisis de mercurio por horno grafito son:

- Longitud de onda: 253.7nm.
- Slit: 0.5
- Se usa corrección de fondo (background)
- Medida de señal: Área del pico (A-As)
- Temperatura programada del horno de grafito:

Temperatura de secado: 100°C

Temperatura de pre tratamiento: 250°C

Temperatura de atomización: 1000°C

- Volumen de muestra: 20 µL.

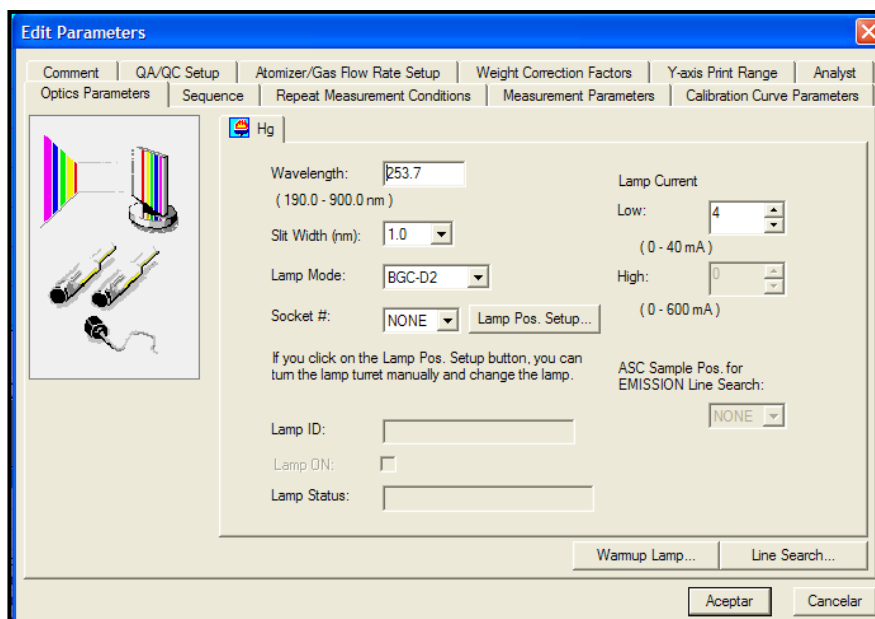


Figura 15. Parámetros ópticos para la medición de Hg por horno de grafito

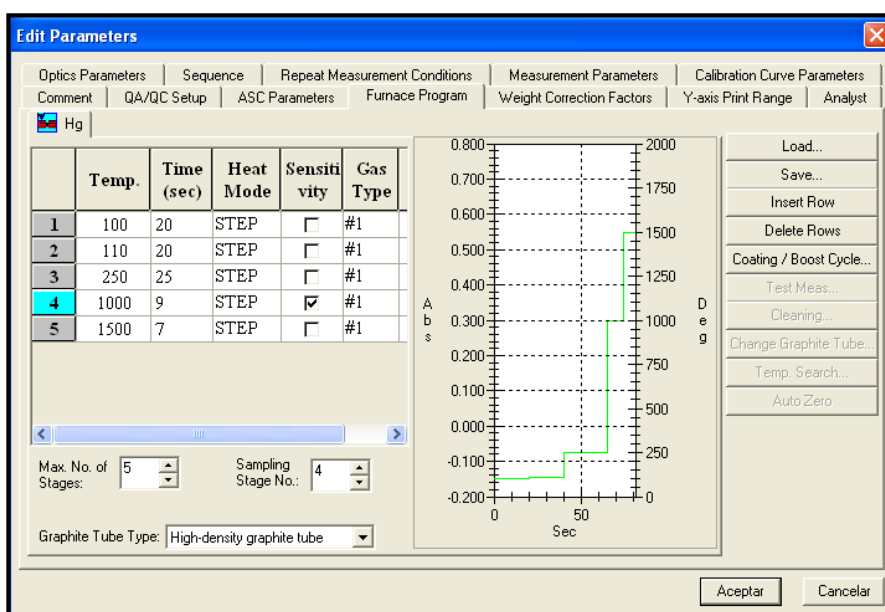


Figura 16. Programa de temperatura para la medición de Hg por horno de grafito

**Anexo 4. Curva de Calibración para el plomo**

Tabla 15  
Absorbancias de los patrones de Pb

Concentración (ppb)	Absorbancia
4.0000	0.0101
8.0000	0.0158
12.000	0.0219
16.000	0.0286
18.000	0.0313

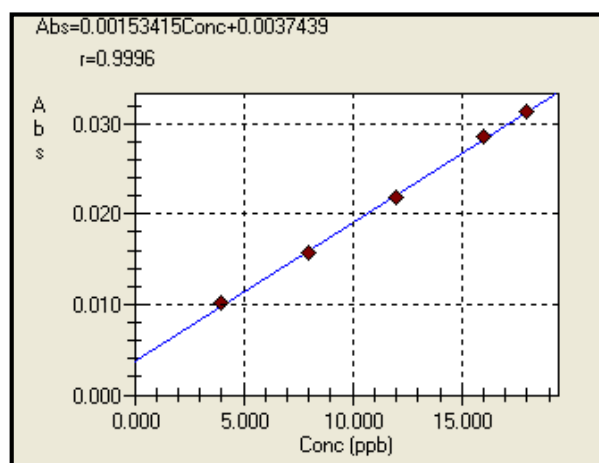


Figura 17. Curva de calibración de Pb

Programar el análisis de las muestras y constatar los resultados.

**Condiciones instrumentales**

Las condiciones instrumentales para un análisis de plomo por horno de grafito son:

- Longitud de onda: 283.3 nm.
- Slit: 0.5
- Se usa corrección de fondo (background)
- Medida de señal: Área del pico (A-As)
- Tubo de grafito con plataforma
- Volumen de muestra: 20 µL
- Temperatura programada del horno de grafito:

Temperatura de secado: 120°C

Temperatura de pre tratamiento: 800°C

Temperatura de atomización: 2400°



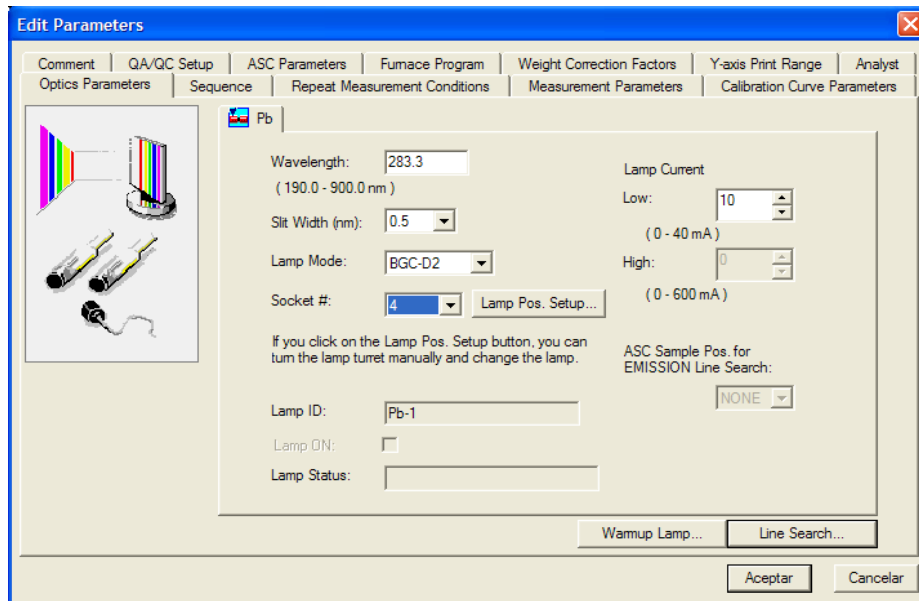


Figura 18. Condiciones ópticas para la medición de Pb por horno de grafito

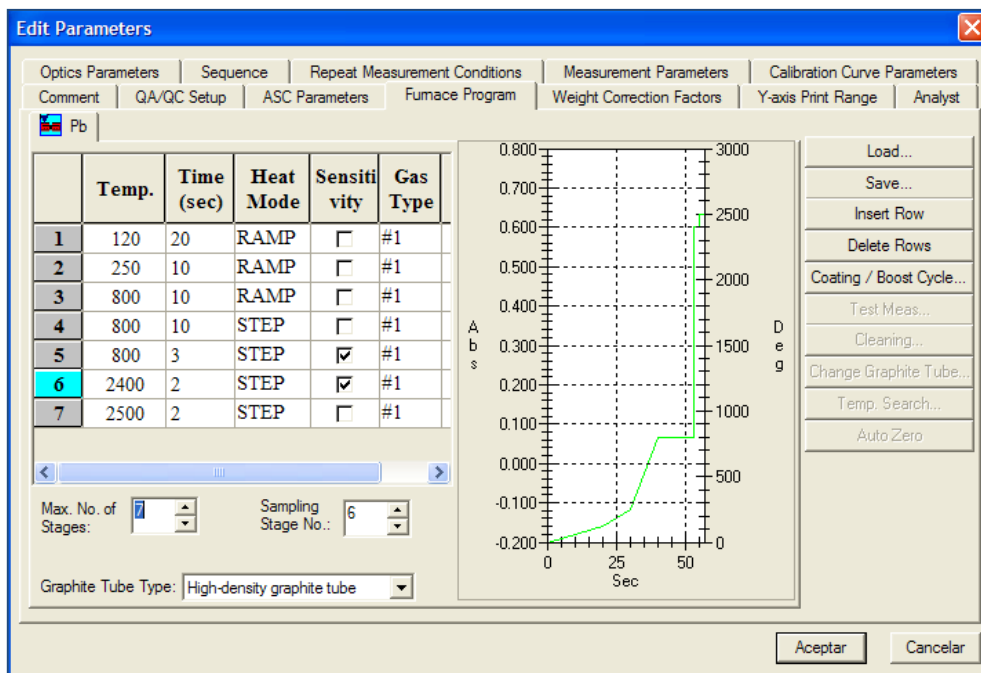


Figura 19. Programa de temperatura para la medición de Pb por horno de grafito

**Anexo 5.** Panel fotográfico

Imágenes de la obtención de muestras del trabajo de investigación



*Figura 20.* Identificación de los animales para obtención de muestras de fibra, carne y vísceras.



*Figura 21.* Zonas de pastoreo de alpacas reemplazadas por extracción minera.



*Figura 24.* Viviendas de calamina de los mineros de la Rinconada.



*Figura 22.* Áreas de extracción minera.



*Figura 25.* Puesto de expendio de carne de alpaca en el mercado la Rinconada.



*Figura 23.* Pastando alpacas en áreas circundantes a extracción minera.



*Figura 26.* Via de circulación de los habitantes en las calles de la Rinconada.





*Figura 27.* Expendio de vísceras de alpacas en el mercado de la Rinconada.



*Figura 28.* Puesto de expendio de la carne de alpaca en Rinconada.



*Figura 29.* Comprando la carne de alpaca en la Rinconada.



*Figura 30.* Comercialización de la carne de alpaca en la Rinconada.



*Figura 31.* Puesto de expendio del chicharon con la carne de alpaca en la Rinconada.



*Figura 32.* Majada de alpacas de Pampa Blanca donde se utilizó para el presente estudio.





*Figura 33.* Majada de alpacas de Belén donde se utilizó para el estudio.



*Figura 36.* Desuello de la alpacas Belén.



*Figura 34.* Traslado de Alpacas para el muestreo de carne y vísceras.



*Figura 37.* Materiales para la toma de muestras



*Figura 35.* Desuello de la alpaca de Pampa Blanca.



*Figura 38.* Vísceras torácicas y abdominales



Figura 39. Pesado de las muestras



Figura 42. Ingreso a la UNMSM – Lima.



Figura 40. Rotulado de las muestras en bolsas de polietileno



Figura 43. Laboratorio donde se procesó las muestras.



Figura 41. Muestras congeladas en la caja de tecnoport



Figura 44. Triturado de las muestras del hígado.



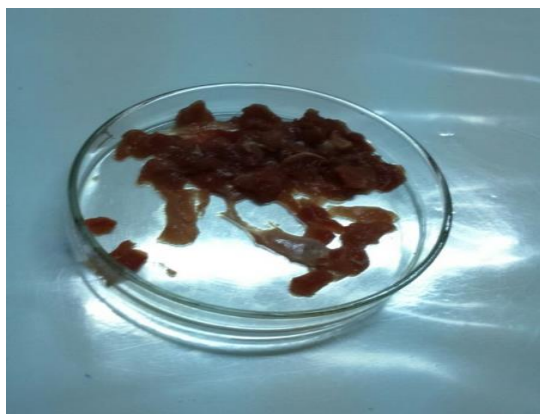


Figura 45. Triturado de las muestras del corazón.



Figura 49. Mufla eléctrica.



Figura 46. Triturado de las muestras del músculo.



Figura 50. Filtrado de las muestras.



Figura 47. Pesado de la muestra triturada.



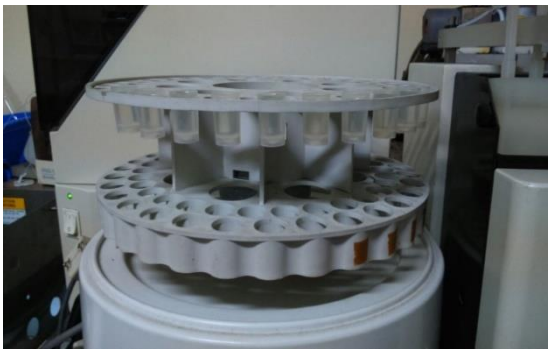
Figura 51. Dilución de la muestra.



Figura 48. Colocado muestras de las alpacas en crisoles.



*Figura 52.* Dilución para la lectura.



*Figura 53.* Automuestreador.



*Figura 54.* Espectrofotometro.



**Anexo 6.** Procesamiento de información

Tabla 16

ANVA para concentración de metales en pastos de la pradera nativas en comunidades del Distrito de Ananea.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Metales	2	0.38831	0.1942	3.616	0.0704 ns
Error resid.	9	0.48334	0.0537		
Total	11	0.87165			

CV = 13.31 %

Tabla 17

ANVA para concentración de metales en fibra de alpaca en comunidades del Distrito de Ananea.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Metales	3	3.12354	1.04118	24.914	<.000 ***
Error resid.	19	0.79405	0.04179		
Total	22	3.91759			

CV = 11.42 %

Tabla 18

ANVA para concentración de cadmio en músculos y vísceras de alpaca en comunidades del Distrito de Ananea.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Metales	4	1.459	0.365	4.478	0.0289 *
Error resid.	9	0.733	0.081		
Total	13	2.192			

CV = 13.93 %

Tabla 19

ANVA para concentración de mercurio en músculos y vísceras de alpaca en comunidades del Distrito de Ananea.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Metales	4	0.0648	0.016	0.38	0.816 ns
Error resid.	7	0.2980	0.043		
Total	11	0.3628			

CV = 10.26 %

Anexo 7. Informe de ensayos de laboratorio



**INFORME DE ENSAYO**  
N° 367-2017

Cliente : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO  
 Atención : Ing. Roger Huangui Pérez / Ing. Julio Milaga Apaza  
 Referencia USAQ : 224-01/48  
 Muestras : FIBRAS Y PASTO  
 CARNE DE ALPACA (PIEL, MUSLOS, VÍ CERAS, HUESOS)  
 Cotización : 342-355-356-357-358-359-2017/USAQ-FQM  
 Fecha de Recepción : 22/08/2017  
 Fecha de Emisión : 20/09/2017

**RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS**

No. de Muestra USAQ	CÓDIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIONES	RESULTADOS (ppm)
224-01	FIBRAS F-01	CADMIO	79.293
		MERCURIO	N.D.
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	90.929
224-02	FIBRAS F-02	CADMIO	89.191
		MERCURIO	188.332
		PLOMO	10.621
		ARSENICO	84.171
224-03	FIBRAS F-03	CADMIO	51.690
		MERCURIO	325.333
		PLOMO	4.780
		ARSENICO	62.187

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-367-2017 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (Página 1 de 11)

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

**RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS**

No. de Muestra USAQ	CÓDIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIONES	RESULTADOS (ppb)
224-04	FIBRAS F-04	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	38.433 N.D. N.D. 50.637
224-05	FIBRAS F-05	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	71.708 175.090 N.D. 96.723
224-06	FIBRAS F-06	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	45.711 233.333 N.D. 28.517
224-07	FIBRAS F-07	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	65.212 291.333 N.D. 47.090
224-08	FIBRAS F-08	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	32.284 N.D. N.D. 26.737

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-367-2017 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (Página 2 de 11)

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

**RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS**

No. de Muestra USAQ	CÓDIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIONES	RESULTADOS (ppm)
224-09	PASTOS F-01 B	CADMIO	47.258
		MERCURIO	116.342
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	54.040
224-10	PASTOS F-02 B	CADMIO	48.318
		MERCURIO	N.D.
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	4.739
224-11	PASTOS F-03 B	CADMIO	47.148
		MERCURIO	110.668
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	13.964
224-12	PASTOS F-04 B	CADMIO	N.D.
		MERCURIO	58.133
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	39.297
224-13	PASTOS F-05 B	CADMIO	N.D.
		MERCURIO	125.223
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	7.801

Muestra Proportcionada por el Cliente.

IE-367-2017 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (Página 3 de 11)

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

**RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS**

No. de Muestra USAD	CÓDIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIONES	RESULTADOS (ppb)
224-14	PASTOS F-06B	CADMIO	27.33
		MERCURIO	N.D.
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	91.966
224-15	PIEL C-01	CADMIO	N.D.
		MERCURIO	116.342
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	N.D.
224-16	PIEL C-02	CADMIO	N.D.
		MERCURIO	N.D.
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	N.D.
224-17	PIEL AC-03	CADMIO	N.D.
		MERCURIO	N.D.
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	N.D.
224-18	PIEL AC-04	CADMIO	18.500
		MERCURIO	N.D.
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	N.D.

Muestra Proporcionado por el Cliente

IE-367-2017 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (Página 4 de 11)





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

UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



**RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS**

Nº de Muestra (E.P.Q.)	CÓDIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIONES	RESULTADOS (ppb)
224-19	PIEL AP-4	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	N.D. 191.341 N.D. N.D.
224-20	PIEL AP-9	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	N.D. N.D. N.D. N.D.
224-21	HUESOS AH-03	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	N.D. 126.321 N.D. N.D.
224-22	HUESOS AH-08	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	392.970 233.333 N.D. N.D.
224-23	HUESOS H-5	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	412.660 58.322 N.D. N.D.

Muestra Proporcional por el Cliente.

IE-367-2017 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (Página 5 de 11)

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

**RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS**

No. de Muestra GRAQ	CÓDIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIONES	RESULTADOS (ppm)
224-24	HUESOS H-10	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	404.430 116.663 N.D. N.D.
224-25	HUESOS H-15	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	164.840 66.597 N.D. N.D.
224-26	HUESOS H-20	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	104.685 N.D. N.D. N.D.
224-27	MUSLOS AM-01	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	179.471 58.333 N.D. N.D.
224-28	MUESLOS AM-06	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	60.275 N.D. N.D. N.D.

Muestra Proporcionada por el Cliente:

IE-367-2017 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (Página 6 de 11)



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

UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



**RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS**

Nº de Muestra (UNQ)	CÓDIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIONES	RESULTADOS (ppb)
224-29	MUSLOS M-01	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	N.D. N.D. N.D. N.D.
224-30	MUSLOS M-06	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	141.960 N.D. N.D. N.D.
224-31	MUSLOS M-11	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	272.465 N.D. N.D. N.D.
224-32	MUSLOS M-16	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	N.D. N.D. N.D. N.D.
224-33	VISCERAS AH-5	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	N.D. N.D. N.D. N.D.

Muestra Proporcionada por el Cliente:

IE-867-2017 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (Página 7 de 11)





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

UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



**RESULTADO DE ANÁLISIS - DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS**

Nº. de Muestra CIAQ	CÓDIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIONES	RESULTADOS (ppm)
224-34	VISCERAS AH-10	CADMIO	N.D.
		MERCURIO	116.663
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	N.D.
224-35	VISCERAS AR-2	CADMIO	N.D.
		MERCURIO	66.544
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	N.D.
224-36	VISCERAS AR-7	CADMIO	32.020
		MERCURIO	N.D.
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	N.D.
224-37	VISCERAS IE-04	CADMIO	N.D.
		MERCURIO	N.D.
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	N.D.
224-38	VISCERAS IE-09	CADMIO	15.877
		MERCURIO	N.D.
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	N.D.

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-367-2017 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (Página 8 de 11)



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

UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

**RESULTADO DE ANÁLISIS - DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS**



No. de Muestra USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIONES	RESULTADOS (ppb)
224-39	VISCERAS H-14	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	N.D. N.D. N.D. N.D.
224-40	VISCERAS H-19	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	N.D. 112.352 N.D. N.D.
224-41	VISCERAS P-03	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	117.947 56.215 N.D. N.D.
224-42	VISCERAS P-08	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	146.986 N.D. N.D. N.D.
224-43	VISCERAS P-13	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	122.164 124.597 N.D. N.D.

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-367-2017 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (Página 7 de 11)

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

**RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS**

No. de Muestra USAQ	CÓDIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIONES	RESULTADOS (ppm)
224-44	VISCERAS P-18	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	34.519 N.D. N.D. N.D.
224-45	VISCERAS R-02	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	N.D. 135.256 N.D. N.D.
224-46	VISCERAS R-07	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	N.D. N.D. N.D. N.D.
224-47	VISCERAS R-12	CADMIO MERCURIO PLOMO ARSENICO	N.D. N.D. N.D. N.D.

Muestra Proporciónada por el Cliente.

E-367-2017 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (Página 10 de 11)



**RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS**

No. de Muestra USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIONES	RESULTADOS (ppb)
224-18	VISCERAS R-17	CADMIO	N.D.
		MERCURIO	N.D.
		PLOMO	N.D.
		ARSENICO	N.D.

Muestra proporcionala por el Cliente.

**N.D. = NO DETECTABLE**

Límite de Detección :

Cadmio = 4 ppb

Ploomo = 4 ppb

Arsénico = 4ppb

Mercurio = 5 ppb

**Método:**

Determinación de Metales por Absorción Atómica-Horno de Grafito- Metales GFAAS USAQ-ME-15

**Equipo:**

ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA, MARCA SHIMADZU, MODELO AA6800

PERCY VAQUE LÓPEZ MARILUZ  
QUÍMICO  
COP. 878

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original, cualquier corrección o omisión en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.  
Observ: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendario de entrega del Informe de Ensayo, pasado el tiempo indicado no se aceptarán reclamos ni devoluciones.