



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



**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN LECHE DE
VACA, PASTO Y AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RIO
LLALLIMAYO MELGAR – PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JHON ALEXANDER VELARDE SONCCO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

A mis padres, Fernando y Sofía, mi hermanita Fatima Abigail como un testimonio de cariño y eterno agradecimiento por mi existencia, valores morales y formación profesional. Porque sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y porque nunca podré pagar todos sus desvelos, ni aún con las riquezas más grandes del mundo.

A mi abuelita Susana Gamarra Castro. Por ser esa voz de calma, fortaleza y ahora desde el cielo mi ángel protector.

Para mi tía Lucrecia, y mis tías gracias por los consejos y por tu paciencia, me hiciste siempre mejor persona.

A mi Facultad de medicina Veterinaria y Zootecnia en quien encontré un gran apoyo en todo momento y a mis docentes, amigos y compañeros que me brindaron su apoyo de alguna u otra manera.



AGRADECIMIENTOS

A Dios, ya que sin su ayuda de su buen guiar no hubiera sido posible el desarrollo de este trabajo.

A la gloriosa Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano, por haberme brindado la oportunidad de formarme en ella y consolidar mis objetivos.

A los docentes Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia que me formaron para prestar servicios de calidad en la organización social.

A mi director de tesis Dr. Julio Málaga Apaza, a los miembros del jurado, al personal administrativo de la FMVZ, a mis compañeros y a todos los que contribuyeron en el proceso de investigación del presente trabajo.

Jhon Velarde



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 9

ABSTRACT..... 10

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. OBJETIVO GENERAL 13

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 13

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO 14

2.1.1.CADMIO 14

2.1.2.PLOMO 22

2.1.3.MERCURIO..... 29

2.1.4.Pastos naturales y cultivados 33

2.2. EFECTOS DE CONTAMINACION..... 35

2.2.1.Espectrofotometría de absorción atómica por la técnica de horno de grafito 35

2.2.2.Efectos de metales pesados 36

2.3. ANTECEDENTES 40

2.3.1.Reportes Internacionales 40

2.3.2.Reportes Nacionales..... 44

2.3.3. Contaminación minera en Perú 45

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO..... 52

3.2. MUESTRAS BIOLÓGICAS..... 52

3.3. MATERIALES..... 53

3.4. EQUIPOS 53



3.5. METODOLOGIA.....	54
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. NIVELES DE CADMIO EN LECHE DE VACA, PASTO Y AGUA.....	59
4.2. NIVELES DE PLOMO EN LECHE DE VACA, PASTO Y AGUA.....	61
4.3. NIVELES DE MERCURIO EN LECHE DE VACA, PASTO Y AGUA	62
V. CONCLUSIONES.....	65
VI. RECOMENDACIONES	66
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	67
ANEXOS.....	71

Área: Salud Pública y Medio Ambiente

Tema: Metales pesados en leche, pasto y agua

FECHA DE SUSTENTACION: 13 DE ENERO DE 2021.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contribución en (%) de los distintos grupos de alimentos a la ingesta de cadmio.....	15
Figura 2. Contribución en (%) de los distintos grupos de alimentos a la ingesta de plomo.....	29
Figura 3. Niveles de Cadmio en leche de vaca, pasto y agua en la microcuenca del río Llallimayo – Melgar – Puno.....	86
Figura 4. Niveles de Plomo en la leche de vaca, pasto y agua de la microcuenca del río Llallimayo – Melgar - Puno	86
Figura 5. Niveles de Mercurio en leche de vaca, pasto y agua de la microcuenca del río Llallimayo – Melgar - Puno	87



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. UNION EUROPEA. Contenidos máximos en metales pesados.....	32
Tabla 2. Análisis físico químico de muestras de aguas subterráneas y superficiales – Rinconada (Muñoz et al., 1999).....	49
Tabla 3. Niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentación animal (OMS. Reglamento Sanitario Internacional. 2005).....	49
Tabla 4. Contenidos máximos (mg/Kg) de metales pesados en los productos alimenticios (Reglamento C.E., 2006).	49
Tabla 5. Contaminación de metales pesados (mg/L) en zona alta y estándares de calidad de suelos según UE y EPA (Astorga J.et all., 2010)	50
Tabla 6. Contaminación de metales pesados en sedimentos (mg/kg) en cordillera (Astorga J, 2010)	50
Tabla 7. Contaminación con metales pesados en suelos (mg/kg) en cordillera (Astorga et al., 2010).....	50
Tabla 8. Contaminación con metales pesados en vegetales (mg/kg) en cordillera (Astorga et al., 2010).....	50
Tabla 9. Contaminación con metales pesados en sedimentos (mg/kg) en zona intermedia (Astorga et al., 2010).....	51
Tabla 10. Muestras de leche de vaca, pasto y agua para el estudio	53
Tabla 11. Niveles de cadmio en leche de vaca, pasto y agua de la microcuenca del río Llallimayo Región Puno.....	59
Tabla 12. Niveles de plomo en leche de vaca, pasto y agua de la microcuenca del río Llallimayo Región Puno.....	61
Tabla 13. Niveles de mercurio en leche de vaca,pasto y agua de la microcuenca del río Llallimayo Región Puno.....	62



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

OMS	: Organización Mundial de la Salud
SENASA	: Servicio Nacional de Sanidad Agraria
FAO	: Food and Agriculture Organization (Organización para la Alimentación y la Agricultura)
ITSP	: ingesta tolerable semanal provisional
NRC	: Consejo Nacional de Investigación (por sus siglas en inglés)
EPA	: Protección medio ambiental de Estados Unidos (Por sus siglas en inglés)
µg/kg	: microgramos por kilogramo
mg/kg	: miligramo por kilogramo
µg/L	: microgramo por litro
EEC	: Comision de las Comunidades Europeas
ATSDR	: Agency for toxic substances and disease control
Cd.	: Cadmio
Hg.	: Mercurio
Pb.	: Plomo
L.M. P	: Límite Máximo Permisible
UNMSM	: Universidad Nacional Mayor de San Marcos
USAQ	: Unidad de Servicios de Análisis Químicos



RESUMEN

El trabajo de investigación fue realizado con los objetivos de determinar cuantitativamente las concentraciones de metales pesados como cadmio, plomo y mercurio, en agua, pastos y leche de vacas alimentadas a base de pastos naturales y cultivados regados con aguas del río Llallimayo, Provincia de Melgar de la Región Puno. Se utilizaron un total de 08 muestras de leche, 08 muestras de pasto y 08 muestras de agua, debidamente identificados; las cuales fueron procesados en el laboratorio de la Unidad de Servicios de Análisis Químicos (USAQ) de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Ciudad de Lima, utilizando la técnica de absorción atómica con horno de grafito. La información obtenida fue analizada mediante diseño completamente al azar y la comparación de medias se realizó con la Prueba Múltiple de Significación de Duncan $\alpha=0.05$. Los resultados de los niveles de Cadmio en la leche de vaca fueron de 0.00121 mg/Lt, 0.00309 mg/kg de pasto y 0.00121 mg de cadmio/Lt de agua ($P<0.05$). Mientras que, los niveles de plomo reflejaron de 0.0199 mg de pb/Lt de leche, 0.0746 mg/kg de pasto y 0.0880 mg/Lt de agua ($P>0.05$). Y los de mercurio en la leche de vaca fueron de 0.0026 mg/Lt de leche, 0.0021 mg/kg de pasto y 0.0017 mg/Lt de agua ($P>0.05$). Los niveles de metales pesados encontrados en este estudio indica que las concentraciones de Cadmio y Mercurio en leche de vaca, pasto y agua con la cual son regados del Río Llallimayo no superan los límites máximos permisibles, excepto los niveles de Plomo si superan.

PALABRAS CLAVE: *Agua, Leche, Pasto, Metales pesados, Vaca.*



ABSTRACT

The research work was carried out with the objectives of quantitatively determining the concentrations of heavy metals such as cadmium, lead and mercury in water, pastures and milk of cows fed on natural and cultivated pastures irrigated with waters of the Llallimayo river, Province of Melgar of the Puno Region. A total of 08 milk samples, 08 grass samples and 08 water samples were used, duly identified; which were processed in the laboratory of the Chemical Analysis Services Unit (USAQ) of the Faculty of Chemistry and Chemical Engineering of the Universidad Nacional Mayor de San Marcos in the City of Lima, using the atomic absorption technique with a graphite furnace. The information obtained was analyzed by means of a completely random design and the comparison of means was carried out with Duncan's Multiple Significance Test $\alpha = 0.05$. The results of Cadmium levels in cow's milk were 0.00121 mg / Lt, 0.00309 mg / kg of grass and 0.00121 mg of cadmium / Lt of water ($P < 0.05$). While, the lead levels reflected 0.0199 mg of pb / Lt of milk, 0.0746 mg / kg of grass and 0.0880 mg / Lt of water ($P > 0.05$). And those of mercury in cow's milk were 0.0026 mg / Lt of milk, 0.0021 mg / kg of grass and 0.0017 mg / Lt of water ($P > 0.05$). The levels of heavy metals found in this study indicate that the concentrations of Cadmium and Mercury in cow's milk, grass and water with which they are irrigated from the Llallimayo River do not exceed the maximum permissible limits, except for Lead levels if they exceed.

KEY WORDS: *Water, Milk, Grass, Heavy metals, Cow.*



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio, además de ejercer efectos tóxicos, pueden transferirse mediante la cadena trófica y ser un factor de riesgo en la salud pública; causando efectos negativos sobre 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. El uso generalizado del Pb en actividades humanas ha traído como consecuencia la contaminación del medio ambiente y graves problemas de salud pública. El Pb una vez ingerido, se distribuye en el organismo acumulándose en diversos tejidos: cerebro, hígado, riñones y huesos, generando 143.000 muertes al año y 600.000 casos de discapacidad intelectual en niños (OMS, 2014).

Para la mayoría de los seres vivos la principal fuente de exposición al cadmio son los alimentos y el agua, pequeñas partículas de cadmio son absorbidas por el aparato respiratorio; en los animales las sustancias mercuriales inorgánicas provocan coagulación de mucosa digestiva y gastroenteritis, si los animales sobreviven habrá lesiones en riñón (nefrosis), el colon (colitis) y la boca (estomatitis). En animales se altera la función renal, presión sanguínea, ritmo cardiaco y digestivo. Además, afecta la fertilidad, incrementa el índice de abortos y provoca alteraciones en fetos y recién nacidos. La inhalación de altas concentraciones de mercurio puede provocar bronquitis corrosiva y neumonías agudas que causan la muerte. La exposición crónica ocasiona daños al sistema nervioso central (Aquino, 2003).



El punto de contaminación del cual es responsable Aruntani S.A.C. está focalizado entre la intersección de dos vertientes que forman una “Y”. El río que baja de las zonas altas se llama pataqueña, cuyo caudal es transparente y se logra ver peces y habitar sin mayor problema. Paradójicamente este río recorre por un costado del campamento de la empresa. El río Pataqueña pierde su transparencia, cuando recibe descarga de aguas turbias color beige oscuro lechoso, que salen del interior del campamento de la minera por el río denominada azufrini. Los peces que bajan de la altura vivos, finalmente mueren con la descarga de aguas provenientes de la actividad minera del río azufrini, generando la contaminación del río chacapalca. La confluencia de los ríos pataqueña y azufrini da origen al río chacapalca. En consecuencia, el problema es aguas abajo en el río chacapalca y jatun ayllu, donde los afluentes se unen. Los afectados con este contexto, son los pobladores de la localidad de Ayaviri (Melgar), quienes a pesar de estar alejados de la zona alta, consumen el agua del río Ayaviri a través de bombeo. Además, el temor es para los productores de los distritos como Llalli, Cupi y Umachiri, donde riegan sus pastizales con las aguas de la cuenca Llallimayo. Según el diario la República (2018).

El panorama es la misma y hasta peor en la cuenca de Llallimayo, ubicado en la Provincia de Melgar - Ayaviri, incluso incluso estas fueron advertidas en el informe N° 077-2017 de OEFA, donde confirma que existe contaminación minera causada por las operaciones mineras de Aruntani. Se encontró allí afloramiento de agua subterránea ácida con altas concentraciones de aluminio, cobalto, mercurio, plomo, hierro y manganeso. Se conoce que el río Hatun Ayllu, cabecera de la cuenca del río Llallimayo, mostraba una coloración extraña desde hace tiempo. La población sostuvo que este cambio se explicaría por los relaves mineros de la mina Arasi de la empresa Aruntani SAC. Según el informe de OEFA, dichas aguas contaminadas provienen del Botadero



"Yesica". Se encontró que allí existe afloramiento de agua subterránea ácida con altas concentraciones de metales pesados. (Avila, 2018)

El estudio del contenido de metales ya sea en la leche, pastos, agua y otros, constituye un aspecto de importancia debido a que algunos de estos, aún en bajas concentraciones no pueden tolerarse debido a su toxicidad para los seres humanos. Los metales pesados son de gran interés para la humanidad debido a que la presencia de estos en el ambiente tiene efectos negativos en la salud del hombre, de los animales y de los cultivos agrícolas.

Este trabajo de investigación se realizó con la finalidad de alcanzar un conocimiento científico sobre la contaminación por metales pesados y sentar las bases sobre la situación real del Agua, leche de las vacas y pasto que son alimentados con el riego de la microcuenca del río Llallimayo y en razón a ello nos hemos propuesto a alcanzar los siguientes objetivos:

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la concentración de metales pesados en la leche de vaca, pasto y agua en la microcuenca del río Llallimayo Melgar – Puno.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar la concentración de cadmio en leche de vaca, pasto y agua de la microcuenca del río Llallimayo Melgar – Puno.

Determinar la concentración de plomo en leche de vaca, pasto y agua de la microcuenca del río Llallimayo Melgar – Puno.

Determinar la concentración de mercurio en leche de vaca, pasto y agua de la microcuenca del río Llallimayo Melgar – Puno.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. CADMIO

El cadmio es una impureza que se forma en las menas de zinc, por ejemplo, del carbonato de zinc, utilizado en las empresas farmacéuticas. La presencia de cadmio es detectada como impureza de color amarillo, y así las primeras investigaciones fueron orientadas a descubrir dicha coloración indeseable en varias sustancias, las que condujeron a la identificación del cadmio en 1817 en la Universidad de Gottingen. El cadmio también suele aparecer como impureza en otras menas utilizadas en la obtención de cobre y plomo (Moreno, 2003).

El cadmio puede acumularse en el cuerpo humano hasta por 30 años, especialmente en el riñón, pues su eliminación es muy lenta a través de la orina y puede provocar afecciones renales, alteraciones óseas (osteoporosis, dolores óseos) y fallos del aparato reproductor. Además, no puede descartarse que actúe como carcinógeno pulmonar por la inhalación de cadmio. En su dictamen de 2 de junio de 1995, el SCF recomendó que se realicen mayores esfuerzos para reducir la exposición de cadmio en la dieta; puesto que los productos alimenticios son una de las principales fuentes de ingestión humana de cadmio (EEC, 2006).

Los contenidos de cadmio en algunos suelos son relativamente bajos y la absorción por los vegetales relativamente pobre; por lo que, en condiciones normales de cultivo, no suele ser preocupante esta vía de entrada en la cadena alimenticia. Por

el contrario, sí están aumentado se pueden presentar valores más elevados al utilizar fuentes de abonos fosforados ricos en cadmio o bien residuos urbanos (NRC, 2001). De esta manera, las plantas absorben eficientemente el cadmio, lo que puede constituir una importante vía de contaminación para animales y personas. La capacidad que tienen algunas plantas acuáticas para absorber cadmio se ha aprovechado en el tratamiento de afluentes contaminados (ATSDR, 1999).

El pH es el factor más importante en la absorción del cadmio por las plantas. Los medios ácidos favorecen la solubilidad y su absorción por las plantas, e igualmente la solubilidad del cadmio en el agua aumenta en medios ácidos. La absorción de cadmio por los animales es baja, particularmente en rumiantes (Underwood, 2003) donde los porcentajes de absorción no sobrepasan el 1%, pero la retención en el organismo es muy elevada, particularmente en los riñones, donde la vida media en rumiantes puede ser de varios años. En animales de abasto donde el tiempo de crianza es muy reducido, particularmente en mono gástricos, las acumulaciones de cadmio serán muy mermadas con prácticas habituales de manejo (Mendez, 2002).

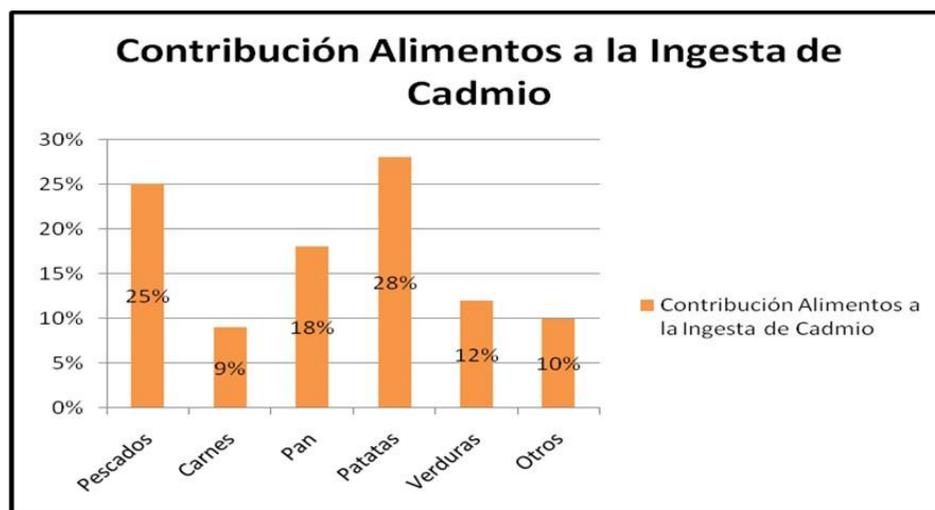


Figura 1. Contribución en (%) de los distintos grupos de alimentos a la ingesta de cadmio.



2.1.1.1.Toxicidad

El cadmio puede ingresar al organismo por las siguientes vías: inhalatoria, oral y dérmica. Por vía inhalatoria, la vía oral es la vía de mayor toxicidad, se da por ingesta de agua y alimentos contaminados, pese a una baja absorción entre 5 a 20% en un adulto, los niños son los más afectados, esta se ve aumentada considerablemente cuando hay deficiencias de calcio, proteínas, hierro y zinc. Una vez absorbido, el cadmio pasa al torrente sanguíneo, entre el 90-95% se fija a la hemoglobina y a la metalotioneína, una proteína de bajo peso molecular rica en grupos sulfidrilos (SH) sintetizada en el hígado donde se almacena sin embargo progresivamente se traslada al riñón asimismo el cadmio atraviesa fácilmente la barrera placentaria, induce la síntesis de metalotioneína y forma el complejo que se acumulará progresivamente en la placenta durante el embarazo. (Mendez, 2012)

A. Intoxicación aguda

Diarrea, náuseas, vómitos en ocasiones sanguinolentos, en las primeras horas después del consumo, sabor metálico, mialgias, cefaleas y salivación, insuficiencia renal aguda y alteraciones de la función hepática, acidosis metabólica. (OMS, 2014)

B. Intoxicación crónica

Alteraciones renales, aparecen luego de un periodo de exposición de 10 a 20 años a una dosis baja a moderada, caracterizada con una proteinuria. inicialmente la proteinuria es de bajo peso molecular beta-2 microglobulina y luego pasa a ser una proteinuria de alto peso molecular (albúmina), asimismo existe glucosuria, aminoaciduria, fosfaturia y calciuria, llegando a producir osteomalacia, en forma de fisuras óseas simétricas que aparecen sobre todo en el cuello del fémur, afectando especialmente a las mujeres,



después de la menopausia, alteraciones cardiovasculares. Es considerado un carcinogénico, sin embargo, los mecanismos no están del todo claros se asocia a cáncer de riñón y testículos, está asociado con pérdida de peso, coloración amarilla de los dientes (cuello) e incremento de caries dental, anemia microcítica hipocrómica que no responde al tratamiento. (OMS, 2015)

2.1.1.2. Toxicocinética del cadmio.

A. Absorción

El tabaco es la fuente principal de la exposición a Cd en la población general. La inhalación es la vía principal de exposición al Cd; en caso de humos de Cd, se puede absorber hasta el 40-60% del Cd inhalado. De manera general, a través del sistema digestivo solo el 5% del Cd que es ingerido es absorbido; en niños puede ser significativamente más elevado. Una vez absorbido por la sangre, la mayoría del Cd es transportado vinculado a proteínas como la albumina y la metalotioneina. Tras la absorción es almacenado principalmente en hígado y riñón. El Cd tiene una vida media entre 15 y 30 años por lo que se puede detectar mucho tiempo después de la exposición (ATSDR, 1999).

Los datos sobre los efectos biológicos de Cd en las personas son incompletos en comparación con los datos del Hg y el Pb. Aparentemente sólo alrededor del 5% de Cd administrado por vía oral se absorbe en el tracto gastrointestinal. Las diversas sales de Cd difieren en su solubilidad en agua, y, por lo tanto, puede ser absorbida a diferentes grados. El Cd no se encuentra como derivados de alquilo estables que se esperaría que tendrían mayor solubilidad lipídica. El grado de absorción del Cd en el tracto gastrointestinal de ratas es considerablemente mayor en el animal recién nacido que en el animal más viejo. La absorción es dependiente de otros factores, por ejemplo; la absorción de Cd cuando se toma con leche es aproximadamente 20 veces mayor que la



absorción de Cd que no se toma en leche. En los seres humanos la medida de la absorción de Cd puede ser mayor bajo la influencia de la deficiencia de calcio, proteínas, o Zn. En ratas el Cd absorbido se distribuye en el hígado, el bazo, las glándulas suprarrenales, y el duodeno dentro de 48 horas después de la administración. La acumulación es más lenta en los riñones (Shibamoto,1993; Nordberg, 2007).

B. Por inhalación

La exposición al Cd por inhalación se produce en forma de aerosol. 1050% de las partículas inhaladas se depositan en la parte alveolar del pulmón y la mayor parte en el resto de la mucosa traqueobronquial, estas partículas son transportadas a la faringe y depositadas en el tracto gastrointestinal. Para aerosoles de partículas finas (sub-micras), como es el caso con la exposición a través de fumar cigarrillos, se estima que la absorción esta entre 25 y 50% (Nordberg, 2007).

C. Por Ingestión:

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

D. Distribución y Metabolismo:

Después de la absorción en los pulmones o el intestino, el Cd se transporta a través de la sangre a otras partes del cuerpo. El Cd en la sangre se encuentra principalmente en los eritrocitos, donde se une a una fracción de alto y de bajo peso molecular. La fracción



de bajo peso molecular es similar a la metalotioneína, una proteína que también se une Cd en el plasma. El Cd también se une en menor proporción a compuestos ricos en grupos SH como el glutatión y la cisteína (Nordberg, 2007).

En sangre se encuentra aproximadamente 0,06% de Cd y más del 50% está en los hematíes unido inestablemente a una pseudoproteína (la metalotioneína). La metalotioneína es el “medio de transporte” del Cd en el plasma sanguíneo. El aclaramiento sanguíneo del Cd es rápido, se acumula principalmente en el riñón y en adultos no expuestos llega a valores entre 7,4 y 8,8 mg, lo que representa entre 30% y 50% de su contenido corporal. La concentración en la corteza renal es 1,5 veces mayor que la del riñón total y se fija en las células del túbulo proximal. El hígado de adultos no expuestos tiene en promedio 2,7 mg de Cd. El Cd unido a la albúmina es en gran medida absorbido por el hígado causando toxicidad en las células hepáticas (Oleru, 1976; Kido, 1991).

En los experimentos de exposición crónica, se han encontrado mayores cantidades de Cd en el hígado y los riñones. En algunos experimentos, se encontró que aproximadamente el 75% de la carga en estos órganos. La distribución de Cd a los riñones es de particular importancia debido a que el riñón es el órgano crítico después de la exposición a largo plazo. Según algunos reportes se habla de que el 50% se encuentra en los riñones, aproximadamente el 15% en el hígado, y aproximadamente el 20% en los músculos. La concentración de Cd en la mayoría de los tejidos aumenta con la edad (Nordberg, 2007).

El Cd también puede atravesar la barrera placentaria, dependiendo también de la cantidad de nutrientes que tiene la madre, tales como Cu y Zn. El Cd atraviesa la barrera placentaria fácilmente, induciendo allí la síntesis de metalotioneína, con la que forma el



complejo Cd-metalotioneína, que se acumula progresivamente en la placenta durante el embarazo, actuando como mecanismo protector frente al transporte de Cd al feto. Al término del embarazo, la concentración de cadmio en la placenta es aproximadamente 10 veces más que en la sangre materna. Por el contrario, la concentración de Cd en el cordón umbilical es alrededor de 2 a 3 veces más baja que en la sangre materna. Por ello, se infiere que el Cd puede interferir la evolución del embarazo por acción directa sobre el metabolismo de la placenta, pero no por acción directa sobre el feto. En el recién nacido el Cd en sangre es de 30 a 50% menor que el Cd en la sangre materna. La leche materna sólo secreta pequeñas cantidades (Vuori, 1979)

E. Eliminación

La eliminación se lleva a cabo a través de las heces y la orina y comprenden sólo aproximadamente 0,01-0,02% de la carga de Cd total en el cuerpo. El aumento de eliminación por orina de Cd que se produce cuando aparece daño. Debido a la gran proporción (90-95%) de Cd ingerido, pero no absorbido, el Cd fecal total es un indicador de la dosis de Cd ingerido; su valor es aproximadamente 50 veces mayor que la eliminación urinaria diaria. Los estudios en animales han demostrado que la verdadera eliminación de Cd en las heces es dependiente de la dosis, y es aproximadamente la misma que la eliminación urinaria (Nordberg, 2007).

2.1.1.3. Efectos sobre la salud por exposición a Cd

La inhalación de vapores o partículas de Cd pueden ser mortales, aunque los efectos pulmonares sean agudos y las muertes sean poco frecuentes. La exposición al Cd puede causar daño a los riñones. El primer signo de la lesión renal es por lo general una disfunción tubular, evidenciado por un aumento de la excreción de proteínas de bajo peso molecular (tales como β 2-microglobulina y α 1-microglobulina) o enzimas tales como N-acetil- β -D -glucosaminidasa (NAG). El daño tubular inicial puede progresar a daño renal



más grave, se tiene evidencia que algunos trabajadores expuestos a Cd desarrollaron disminución de la tasa de filtración glomerular (TFG). Un exceso de cálculos renales, posiblemente está relacionado con un aumento de la excreción de calcio en la orina después del daño tubular. Una alta exposición al Cd a largo plazo puede causar daño óseo; por primera vez en Japón, donde se descubrió la enfermedad de Itai-Itai (una combinación de osteomalacia y osteoporosis) en la década de 1950. La exposición fue causada por el agua contaminada con Cd utilizada para el riego de campos de arroz locales. Algunos estudios fuera de Japón han informado hallazgos similares (Nordberg, 2007).

La inhalación de humos de Cd produce irritación del sistema respiratorio, puede causar neumonitis química además de edema en los pulmones, lo que puede ser letal. La exposición crónica conduce al enfisema provocado por la disminución de la actividad de la α -1 antitripsina. La exposición larga provoca daño en los riñones. Debido a la acumulación de Cd en las células tubulares y la falta de energía y daño en las membranas célula tubulares, provoca daño en la reabsorción tubular del calcio, fosfato, aminoácidos y algunas células de bajo peso molecular (α 1 microglobulina y β 2 microglobulina). El cadmio es un carcinógeno humano causante del cáncer de pulmón (Nordberg, 2007).

2.1.1.4. Toxicodinámica del cadmio

Los efectos tóxicos del Cd están asociados a su reacción con grupos sulfhidrilos de enzimas y la inhibición consecutiva de la actividad enzimática. Debido a la disminución de la actividad de las enzimas implicadas en el metabolismo y la consecuente falta de energía, algunos procesos en las células se ven afectados. Los trastornos de metabolismo celular también dan lugar a producción de radicales libres y daña la peroxidación lipídica de las membranas celulares. (Järup, 2003; Cordoba, 2006)



2.1.2. PLOMO

El plomo es un metal que se encuentra bastante distribuido en la naturaleza. El hombre ha hecho uso de él desde hace 6 000 años, así los antiguos egipcios utilizaban compuestos de plomo como pigmentos, cosméticos y para la fabricación de estatuillas. La primera civilización que utilizó el plomo a gran escala fue Roma para fabricar tuberías del acueducto, en aleaciones con estaño para fabricar vajillas y como pigmento blanco (Moreno, 2003).

La absorción de plomo puede constituir un grave riesgo para la salud pública. Puede provocar un retraso del desarrollo mental e intelectual de los niños y causar hipertensión y enfermedades cardiovasculares en los adultos. En los diez últimos años los contenidos de plomo de los productos alimenticios se redujeron sensiblemente porque aumentó la sensibilización ante el problema sanitario que puede representar el plomo y por los esfuerzos realizados para reducir la emisión de plomo en su origen. En el dictamen de 19 de junio de 1992 el SCF establecía que el contenido medio de plomo en los productos alimenticios no debe ser causa de alarma, pero que debe de proseguirse la monitorización a largo plazo con el objetivo de continuar reduciendo los contenidos medios de plomo en los productos alimenticios (EEC, 2006).

2.1.2.1. Toxicidad

El plomo se absorbe por vía digestiva, respiratoria e incluso por la piel. Sólo un porcentaje del total del Pb ingerido por vía gastrointestinal es absorbido entre el 10 y 15% en adultos, el 50% en niños, la absorción de plomo aumenta cuando el aporte de minerales y proteínas en la dieta es inadecuado, así aquellos con deficiencia de hierro, calcio o zinc



están en mayor riesgo de toxicidad. El calcio de la dieta inhibe completamente el transporte activo del plomo intestinal. La neuropatía por plomo se produce por toxicidad de las neuronas motrices de la asta anterior de la medula espinal o degeneración de las terminaciones axónicas y el recubrimiento de la mielina. El plomo es un neurotóxico periférico y central interfiere la liberación de la acetilcolina, la síntesis consecuente de acetilcolina, la adenil-ciclasa del SNC e inhibe a la enzima del glóbulo rojo delta aminolevulinico dehidratasa. La vida media del plomo en sangre es aproximadamente 30 días. se distribuye en todos los tejidos teniendo afinidad por el sistema nervioso central, en especial por el que se encuentra en desarrollo, se acumula principalmente en los huesos donde puede permanecer hasta 20 años donde puede ser removido como sucede en la lactancia, originando niveles de plomo en la leche materna (Moreno, 2003).

A. Intoxicación aguda

Una exposición intensa a altas concentraciones durante un tiempo corto, produce una intoxicación aguda vómitos, dolor abdominal, anorexia y estreñimiento anemia hemolítica (EEC, 2006).

B. Intoxicación crónica

La exposición por plomo habitualmente es crónica (exposiciones de meses a años) las manifestaciones clínicas de la exposición crónica por plomo son polimorfas y abarcan prácticamente todos los órganos y sistemas, en particular el sistema nervioso central y periférico, hemapoyetico y renal. El plomo atraviesa la barrera placentaria, afecta la viabilidad del feto y su desarrollo ocasionando aborto, niños con bajo peso al nacer y partos prematuros, las manifestaciones neurológica en la infancia pueden tener efectos permanentes e irreversibles en el sistema nervioso, con retraso del desarrollo psicomotor (áreas cognitiva o intelectual, motora gruesa y fina, lenguaje y social) Puede observarse



disminución en la agudeza auditiva que contribuye a los problemas de aprendizaje o alteraciones conductuales. Los adultos también presentan efectos sobre el sistema nervioso central que se manifiestan con cambios conductuales sutiles, fatiga y problemas de concentración. (Moreno, 2003)

2.1.2.2. Toxicocinética del Pb

El grado de absorción de Pb en el tracto gastrointestinal depende de varios factores. Un factor es la forma química en la que se encuentra el Pb. Los compuestos orgánicos tales como tetraetilo de Pb se absorben fácilmente en el tracto gastrointestinal (> 90%) y finalmente se acumulan en el hueso, y en menor medida en el riñón, músculo, sistema nervioso central y el hígado. En circunstancias normales en el adulto, los compuestos inorgánicos de Pb se absorben en poca proporción en el tracto digestivo (5-10%). La absorción de Pb inorgánico en los bebés y los niños es mucho mayor, sin embargo, con estimaciones en el rango de 40-50%. El Pb absorbido se excreta principalmente en la orina (75%) y las heces (16%). La deficiencia de Fe también afecta a la absorción de Pb en el tracto gastrointestinal. La disminución de la ingesta de Zn también da a lugar a un aumento de la absorción gastrointestinal y un aumento de la toxicidad del Pb (Shibamoto,1993; Nordberg, 2007).

a) Absorción

La absorción es diferente dependiendo del tipo de sal de la cual se está hablando, al igual que su distribución; como es el caso de compuestos como óxidos, sales o compuestos orgánicos como el tetraetil y tetrametilo de Pb (Córdoba, 2006). Sus principales vías de ingreso son la aérea y la oral; teniendo en cuenta que la entrada por vía dérmica es relativamente efectiva como barrera a la entrada del toxico; teniendo en cuenta que los compuestos orgánicos de este metal pueden absorberse en niveles



realmente peligrosos como es el caso del tetraetil de plomo con una dosis mortal de 700 mg/kg en conejos, siendo esta dosis seis veces mayor que por vía oral (Ramírez, 2005).

b) Por Inhalación

El Pb puede ser inhalado en forma de aerosol. El patrón de deposición de Pb inhalado en el tracto respiratorio depende del tamaño de partícula. Las partículas con un diámetro $> 5 \mu\text{m}$ se depositan principalmente en la parte superior y medias de las vías respiratorias. Estas partículas son absorbidas desde el tracto gastrointestinal cuando son inhaladas por la boca con un tamaño en el intervalo $0,01-5 \mu\text{m}$, 10 a 60% se depositan en la vía alveolar y en el caso de partículas inhaladas a través de la nariz la fracción absorbida es mucho más baja. La tasa de absorción depende de la solubilidad de las especies químicas de Pb (Valdivia 2005). El grado de absorción por vía respiratoria es directamente afectado por el tamaño de la partícula tóxica (menor a $5 \mu\text{m}$) así como por el volumen y la frecuencia respiratoria (Valdivia, 2005; Ramírez, 2005).

c) Por ingestión:

El Pb se absorbe en el tracto gastrointestinal, aproximadamente hasta un 60%. En las comidas, por las sales de Pb solubles aproximadamente un 8% son absorbidas. Después de la ingestión de Pb, éste se absorbe activamente, dependiendo de la forma, tamaño, tránsito gastrointestinal, estado nutricional y la edad; hay mayor absorción de plomo si la partícula es pequeña, si hay deficiencia de hierro y/o calcio, si hay gran ingesta de grasa ó inadecuada ingesta de calorías, si el estómago está vacío y si se es niño, ya que en ellos la absorción de plomo es de 30 a 50 % mientras que en el adulto es de 10%. Una ingesta baja en Fe se ha asociado con un aumento de absorción de Pb. La vitamina D aumenta la absorción de plomo. Otros agentes también pueden afectar la absorción de Pb (Valdivia, 2005).



d) Distribución

Posterior a su absorción el plomo se distribuye en compartimentos (hueso, sangre y tejidos blandos). Inicialmente circula en sangre unido a los glóbulos rojos (un 95% unido a eritrocitos; posteriormente se distribuye en tejidos blandos (hígado, riñón, medula ósea y sistema nervioso central); pasado entre uno y dos meses se difunde a los huesos donde permanece inerte y no toxico (Valdivia, 2005).

En sangre: El Pb absorbido es transportado por la sangre y distribuido en un 90% a hueso y el restante a tejidos blandos, hígado y riñón. Atraviesa fácilmente la barrera placentaria y trae también efectos deletéreos en el feto. La vida media del Pb en el organismo es variable, según el lugar en donde se encuentra; de 3 a 4 semanas si el metal se encuentra en sangre; de 4 semanas si se depositó en tejidos blandos y de 20 a 27 años si está en tejido óseo (Arroyave, 2008).

Dentro de la sangre está presente en los eritrocitos, dejando sólo una fracción de menos de 1 al 5 % libre en el plasma (Ramírez, 2005). A altas concentraciones de Pb en sangre de la fracción de Pb en plasma aumenta. La razón de la unión de Pb en los eritrocitos parece ser la alta afinidad del Pb por la deshidratasa ácido δ -aminolevulínico, una enzima presente en todas las células, incluyendo los eritrocitos. Es la segunda enzima en la vía hemo; es una enzima de 250-kDa, que contiene cuatro sitios activos, cisteínas reactivas, y dos tipos diferentes de sitios de unión a Zn. El Pb puede reemplazar algo de Zn, y tiene aproximadamente 20 veces mayor afinidad por la proteína que el Zn. Tal unión causa inhibición de la actividad de la enzima (Nordberg, 2007)

e) Eliminación

El Pb se excreta del cuerpo, principalmente a través de la orina y las heces; también hay otras rutas de menor de eliminación. Por orina en un 76% y en heces 16%,



siendo claramente la vía urinaria la más relevante. Se menciona que existe filtración glomerular y un relativo grado de reabsorción tubular; igualmente que en los niños la vía de eliminación gastrointestinal es tan relevante como la vía urinaria (Córdoba, 2006) En exposiciones bajas, la excreción en las heces es aproximadamente la mitad que en la orina, a niveles más altos probablemente menos (Nordberg, 2007).

Riñones: La excreción en la orina se produce a través filtración glomerular, aunque la filtración es, probablemente, seguida por la reabsorción tubular parcial. Hay un ritmo circadiano en la tasa de excreción urinaria del Pb, con una disminución durante la noche. Por otra parte, la tasa de excreción se ve afectada por el flujo urinario. El Pb también se excreta a través de la bilis y jugo pancreático. Posiblemente, la excreción en la bilis es en la forma de un complejo Pb-glutatión. El Pb en cierta medida es excretado en la saliva y el sudor. Se excreta en cantidades muy mínimas como en las en las uñas y el pelo El Pb también se incorpora en el semen, la placenta, el feto y la leche (Ramírez, 2005).

2.1.2.3. Toxicodinámica del Pb

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

El mecanismo de acción está dado por la afinidad del Pb por los grupos sulfhídrico principalmente por las enzimas dependientes de zinc, inicialmente el Pb interfiere con el metabolismo del Ca cuando este está en concentraciones bajas. El Pb reemplaza el Ca comportándose como segundo mensajero intracelular, alterando la distribución de Ca en los compartimientos dentro de la célula; activa la proteinquinasa C, se une a la



calmodulina e inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el Ca intracelular (Valdivia, 2005).

2.1.2.4. Efectos sobre la salud por exposición a Pb

Los síntomas de la intoxicación aguda por Pb son dolor de cabeza, irritabilidad, dolor abdominal y varios síntomas relacionados con el sistema nervioso. También se puede presentar encefalopatía que se caracteriza por la falta de sueño e inquietud. Los niños pueden ser afectados por alteraciones del comportamiento, aprendizaje y dificultades de concentración. En casos graves de encefalopatía, la persona afectada puede sufrir de psicosis aguda, confusión y disminución de la consciencia. Las personas que han sido expuestas al Pb durante mucho tiempo pueden sufrir de deterioro de la memoria, tiempo de reacción prolongado y disminución de la capacidad de entender. Las personas con niveles promedio de Pb en sangre menores de 3 mmol/L pueden mostrar signos de síntomas nerviosos periféricos con menor velocidad de conducción nerviosa y la reducción de la sensibilidad cutánea. Si la neuropatía es severa la lesión puede ser permanente. En los casos menos graves, el signo más evidente de la intoxicación por Pb es la perturbación de la síntesis de la hemoglobina. La exposición al Pb a largo plazo puede llevar a anemia. Investigaciones recientes han demostrado que la exposición al Pb de bajo nivel a largo plazo en los niños también puede llevar a la disminución de la capacidad intelectual. Otros efectos de toxicidad son en el sistema nervioso central: cefalea, fatiga, disminución de la libido, encefalopatía, en el sistema nervioso central: debilidad motora; en el sistema renal: insuficiencia, proteinuria leve; en sangre: anemia, mialgias, gota; sistema reproductivo: oligospermia; sistema cardiovascular: hipertensión (Valdivia, 2005).

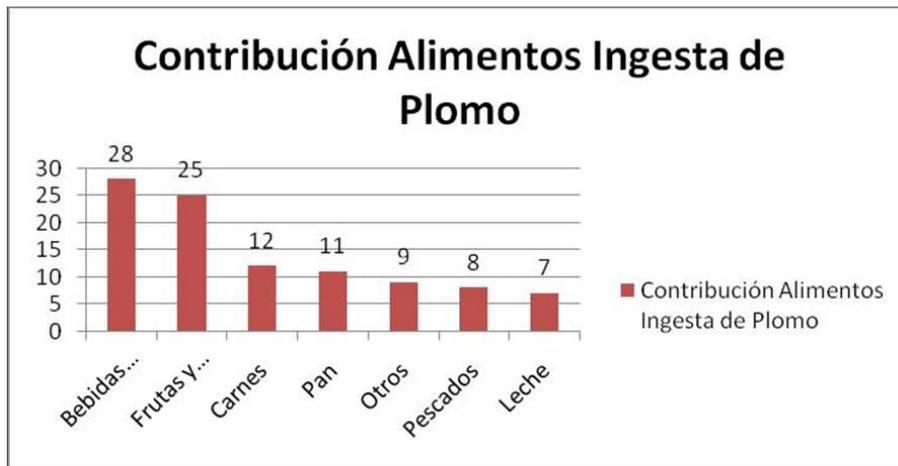


Figura 2. Contribución en (%) de los distintos grupos de alimentos a la ingesta de plomo.

2.1.3. MERCURIO

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

El mercurio elemental es el único metal líquido al que se le conocen múltiples efectos tóxicos dependiendo de la forma química en que se encuentre. Presenta tres estados de oxidación: mercurio elemental, compuestos mercuriosos y compuestos mercúricos. Por otra parte, las tres sales de mercurio se encuentran frecuentemente en las aguas de los ríos. Además de estas formas inorgánicas el mercurio también se encuentra en compuestos orgánicos entre los que destaca por sus efectos toxicológicos y ambientales el metilmercurio, y este último, puede provocar alteraciones del desarrollo normal del cerebro de los lactantes e incluso en altas concentraciones puede causar modificaciones neurológicas en los adultos (Méndez, 2002).

La erosión y arrastre con escorrentía superficial pueden contribuir a la



movilización de mercurio, además muestra una clara tendencia a la bioconcentración y magnificación, tanto en forma inorgánica como especialmente orgánica; como derivados del metil y fenilmercurio. Esta tendencia se ha encontrado en numerosas especies acuáticas de agua dulce y marina. Por ejemplo, el factor de bioconcentración de mercurio inorgánico y de metilmercurio en trucha arcoíris (*Salmo gairdneri*) es 1 800 mg/kg y 11 000mg/kg respectivamente, para una exposición de 60 días de duración. Para la ostra americana (*Crassostrea virginica*), en su parte comestible, es de 10 000 mg/kg y 40 000 mg/kg para ambas formas de mercurio, también con una exposición a 60 días. Asimismo, se ha comprobado la bioconcentración de mercurio en hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*, *Lepistanuda* y *Lepistarhacodes*) y en macrófitas acuáticas (Moreno, 2003).

Los estudios realizados en otras especies vegetales muestran que apenas se produce translocación del mercurio a la parte aérea de la planta. Incluso en muestras a las que se le había aplicado fangos con alto contenido de mercurio durante largos periodos de tiempo (20 a 24 años) se queda el 80-100% del mercurio aplicado con el fango había permanecido en los 15 cm. Superficiales del terreno (ATSDR, 1999).

2.1.3.1. Toxicidad

El mercurio puede ingresar al organismo por las siguientes vías: inhalatoria, oral y dérmica. La vía oral es la principal vía de exposición ya que se absorben del 90 al 95% en el tracto gastrointestinal. La toxicidad del mercurio se encuentra directamente relacionada a su unión covalente con los grupos sulfhidrilos (SH) también tiene afinidad a los grupos carboxilos, amidas, aminos, lo que contribuye a su toxicidad a nivel de la membrana citoplasmática esta posee grupos sulfhidrilos que son esenciales para las



propiedades normales de permeabilidad y transporte. Inhibe enzimas esenciales como las catalasas plasmáticas, asimismo afecta la homeostasis del ión calcio, incluso en exposiciones a corto plazo (menores a 24 horas) produciendo muerte neuronal (Moreno, 2003).

A. Intoxicación aguda

La exposición de corto plazo a altos niveles de vapores de mercurio elemental puede causar efectos tales como, náuseas, vómito, diarrea, aumento de la presión sanguínea, reacciones alérgicas en la piel e irritación de los ojos (Valdivia, 2005).

B. Intoxicación crónica

Afecta el desarrollo neurológico del feto y provocando abortos, retraso mental o deficiencia neurótica con apariencia normal, deficiencia cardíaca, los niños presentan problemas de aprendizaje o de comportamiento “síndrome del bebé tranquilo” siendo susceptibles a menores niveles de mercurio en comparación a los adultos e incluyen alteraciones como ataques de pánico, ansiedad, trastornos de la memoria, insomnio, anorexia, fatiga, disfunción cognitiva y motora aumenta la susceptibilidad humana a las enfermedades infecciosas. (Alvarez *et al.*, 2011; MINSA, 2013)

2.1.3.2. Toxicodinámica del mercurio

Los efectos tóxicos del mercurio, inorgánico y orgánico, se deben a que en su forma se unen a los constituyentes orgánicos celulares ricos en grupos sulfhidrilos y afectan así a diversos sistemas metabólicos y enzimáticos de la célula y de su pared. La acción tóxica del mercurio sobre los sistemas enzimáticos ocurre porque precipita las proteínas sintetizadas por la célula, principalmente las neuronas, y porque inhibe los grupos de varias enzimas esenciales. En estado iónico, se fija a los grupos celulares ricos en radicales sulfhidrilo, altera varios sistemas metabólicos y enzimáticos de la célula y su

pared, e inhibe la síntesis de proteínas en la mitocondria y afecta su función energética. En el riñón disminuye la actividad de las fosfatasas alcalinas de los túbulo proximales y altera el transporte de potasio y la ATPasa en la membrana. En el sistema enzimático inhibe enzimas esenciales. Por todo esto, el mercurio puede causar lesión celular en cualquier tejido donde se acumule en concentración suficiente. En varios órganos, incluido el riñón, y al igual que el cadmio, cobre y zinc, el mercurio induce la formación de metalotioneína, un receptor proteico de peso molecular bajo, y se une a ella saturando sus propios receptores. Cuando por la gran cantidad de tóxico presente la metalotioneína se forma en exceso, causa alteraciones orgánicas en el mismo sitio de su producción. El metilmercurio provoca una disminución de los anticuerpos humorales. Se ha observado que puede producirse un estímulo de la respuesta inmunitaria inicialmente tras cortas exposiciones. También puede fijarse sobre los ácidos desoxirribonucleicos con desnaturalización o asociaciones reversibles a la adenina y timina, lo cual podría explicar las aberraciones cromosómicas y anomalías congénitas observadas durante las intoxicaciones alimentarias con metilmercurio (Valdivia, 2005).

Tabla 1. UNION EUROPEA. Contenidos máximos en metales pesados.

METALES	CARNE: Bovinos, ovinos, cerdos y aves (mg/kg)	RIÑÓN: Bovino, ovinos y cerdo (mg/kg)	HIGADO: Bovino, ovinos y cerdo (mg/kg)
Mercurio	1,00 (carne pescado)		
Cadmio	0,05	1,00	0,50
Arsénico	0,05	2,50	1,25
Plomo	0,10	0,50	0,50

Fuente: D. Alberto Alonso Díaz CATICE de Valencia, Secretaria de Estado de Comercio (marzo, 2017).



2.1.4. Pastos naturales y cultivados

La escases de pastos en los altos Andes de la Región Puno es evidente, debido a la presencia frecuente de granizadas e intensa y persistente precipitación pluvial en época de lluvia, y heladas durante la época seca, que causan muerte de animales y los pastizales naturales manifiestan síntomas típicos de deterioro en cantidad y calidad debido además, al sobrepastoreo que da lugar a suelos sin adecuada cobertura vegetal, dando lugar a la invasión de especies no deseables (Flores y Malpartida, 1998).

El pastizal natural es la suma total de las especies vegetales que desarrollan en una determinada área; estas pueden constituir bosques monte bajo, chaparral o pajonal en el caso de la puna altoandina. La vegetación se encuentra en equilibrio con el ambiente como es el caso del ichu que por acción del hombre (quema de pastizal) o de los animales domésticos (sobre pastoreo) puede ser alterado (Tovar, 2002).

El sobrepastoreo es una de las principales causas para la reducción de la cobertura vegetal, donde el número de animales sobrepasa la soportabilidad por unidad de área y cuando el suelo es susceptible a la erosión, en condiciones de escases de agua. Si se toma en cuenta que el animal come selectivamente unas especies vegetales más que otras, la capacidad de recuperación del pastizal se debilita, puesto que, surge una nueva composición botánica, pudiendo invadir inclusive especies indeseables dando lugar a la disminución de especies decrecientes (Olivares, 1998). Los problemas en los pastizales naturales son frecuentemente provocados por actividades antrópicas sumado a los efectos del cambio climático que ocasiona la pérdida de especies palatables y disminuye la disponibilidad de pastos para ovinos, vacunos y alpacas, contribuyendo a la escases de la cobertura vegetal, incremento de la erosión, compactación de los suelos por efecto del



pisoteo de los animales, disminución de la infiltración y retención del agua debido a la falta de materia orgánica y actividad microbiana. Además, el sobrepastoreo produce desequilibrio entre la capacidad de carga de una asociación de especies vegetales y la carga animal a la que es sometida durante largo periodo, que no permite la pronta recuperación del pastizal debido además al manejo inapropiado por parte del productor, por mantener su capital pecuario (Rivera, *et al.*, 2013)

Estos problemas generalmente están relacionados con el comportamiento del tiempo atmosférico que varía día a día y comprende variables como precipitación pluvial, granizadas, humedad, radiación solar, temperatura y viento. Entonces, se entiende por clima como el promedio de las observaciones del estado atmosférico durante, por lo menos, 30 años en una zona del territorio y las variaciones que se van dando tienen gran influencia en el desarrollo de los pastizales. (Shine, *et al.*, 2005).

Los contenidos de cadmio en algunos suelos son relativamente bajos y la absorción por los vegetales relativamente pobre, por lo que, en condiciones normales de cultivo, no suele ser preocupante esta vía de entrada en la cadena alimenticia. Por el contrario, sí están aumentado se pueden presentar valores más elevados al utilizar fuentes de abonos fosforados ricos en cadmio o bien residuos urbanos (NRC, 2001).

De esta manera, las plantas absorben eficientemente el cadmio, lo que puede constituir una importante vía de contaminación para animales y personas. La capacidad que tienen algunas plantas acuáticas para absorber cadmio se ha aprovechado en el tratamiento de afluentes contaminados (ATSDR, 1999).

El pH es el factor más importante en la absorción del cadmio por las plantas. Los medios ácidos favorecen la solubilidad y su absorción por las plantas, e igualmente la



solubilidad del cadmio en el agua aumenta en medios ácidos. La absorción de cadmio por los animales es baja, particularmente en rumiantes (Underwood, 2003) donde los porcentajes de absorción no sobrepasan el 1%, pero la retención en el organismo es muy elevada, particularmente en los riñones, donde la vida media en rumiantes puede ser de varios años. En animales de abasto donde el tiempo de crianza es muy reducido, particularmente en mono gástricos, las acumulaciones de cadmio serán muy mermadas con prácticas habituales de manejo (Méndez, 2002).

2.2. EFECTOS DE CONTAMINACION

2.2.1. Espectrofotometría de absorción atómica por la técnica de horno de grafito

Es una de las formas de EAA de mayor sensibilidad (permite detectar concentraciones hasta 1000 inferiores que las detectables con llama), siendo por tanto muy útil en el análisis de ultra-trazas. Otra gran ventaja es que se requiere muy poca cantidad de muestra (pocos microlitros, normalmente). La energía requerida para la atomización es obtenida aplicando una diferencia de potencial eléctrico a través de un tubo de grafito dentro del cual ha sido colocada la muestra. El tubo está alineado con la luz procedente de la lámpara espectral. Así, el vapor atómico generado por la muestra cuando el horno está encendido, absorberá luz proveniente de la lámpara del elemento a determinar. En este caso, la señal de absorción es transitoria, en forma de pico, de tal modo que se eleva la concentración y posteriormente cae a medida que los átomos difunden fuera del horno. En el proceso de atomización existen 4 etapas esenciales:

- Secado: permite eliminar el disolvente o diluyente
- Mineralización o Calcinación: destruye la matriz orgánica



- Atomización: consigue llevar los átomos al estado fundamental
- Barrido o limpieza: elimina los restos que puedan quedar en el tubo (Kastenmayer, 1995). (Adriano, 1986)

2.2.2. Efectos de metales pesados

Los metales pesados son tóxicos ambientales muy peligrosos. Sus características más comunes son: persistencia, bioacumulación, biotransformación y elevada toxicidad, todo lo cual hace que se encuentren en los ecosistemas por largos periodos, ya que su degradación natural es difícil. Se define a los metales pesados como elementos de elevado peso atómico, potencialmente tóxicos, que se emplean en procesos industriales, tales como el cadmio (Cd), el cobre (Cu), el plomo (Pb), el mercurio (Hg) y el níquel (Ni) que, incluso en bajas concentraciones, pueden ser nocivos para las plantas y los animales. Se denomina metales pesados a aquellos elementos químicos que poseen un peso atómico comprendido entre 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg), y que presentan un peso específico superior a 4 (g cm⁻³). Cabe destacar que en esta categoría entran prácticamente todos los elementos metálicos de interés económico, por tanto, de interés minero. (Medisan, 2017).

A. 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 una alta concentración de metales puede resultar en ciertos casos de su material geológico sin que haya sufrido una contaminación. 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).



B. 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).

C. 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).



Para la generación de metales, hay que seguir el proceso natural, es decir donde están distribuidos y donde están concentrados. El más importante por su abundancia es el plomo que está presente en las cañerías de plomo, que actualmente ya no se usan y han sido reemplazadas por el plástico, sin embargo, muchas de las instalaciones de la ciudad tienen todavía cañerías de plomo, entonces el agua al pasar por la cañería de plomo va desprendiendo partículas y poco a poco va contaminando, esa es una fuente. Otra fuente es la pintura de plomo que se usa en las artesanías, especialmente en utensilios de cocina, entonces, al momento de comer, se desprende el plomo de la pintura y se introduce al organismo. Una tercera fuente es la gasolina que antes se la usaba con plomo ahora ya se lo ha eliminado (Eróstegui, 2016).

Las fuentes de emisión, aunque la mayoría de los metales pesados se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, el hombre ha provocado que la presencia de estos sea mayor a la que existiría de forma natural, pues muchos procesos antropogénicos no se conciben hoy día sin la presencia de metales. La incineración de residuos genera gran cantidad de metales tóxicos que causan graves problemas ambientales en el aire, el suelo y el agua. A continuación, se muestran las fuentes de emisión de algunos metales pesados (Medisan, 2017).

- Mercurio: Actividades mineras de extracción de oro, plata y cobre, fundición primaria y secundaria de metales, producción de carbón y coque, combustión de combustible y carbón en la generación de electricidad, industria de cloro-sosa, incineración de residuos peligrosos y biológicos infecciosos, por ejemplo: la cremación de personas con empastes de amalgama provoca que el mercurio se libere a la atmósfera y se deposite en el suelo, así como la incineración de residuos hospitalarios, electrónicos, la ruptura de instrumentos que lo contienen como termómetros y barómetros. También, la



incineración de residuales domésticos, fabricación de cloro en celdas de mercurio y producción de metales no ferrosos.

- Plomo: Fundición primaria y secundaria de metales, loza vidriada, producción de pinturas, elaboración de latas soldadas con plomo, industria electrónica y de cómputo, uso de gasolina con plomo, baterías e incineración de residuos.

- Cadmio: Baterías recargables de Ni/Cd, incineradoras municipales, fertilizantes fosfatados, detergentes y productos de petróleo refinados, pigmentos y estabilizadores en plástico y PVC (cloruro de polivinilo), pigmentos en pinturas, galvanización, catalizadores y conservadores en la industria del plástico, elaboración de pinturas, aleaciones, refinación del zinc. Fuentes naturales como minerales, actividades volcánicas e incendios forestales, además de la combustión del carbón, la madera y el petróleo (Medisan, 2017).

Efecto en salud, que cada metal y cada elemento químico contaminante tienen un mecanismo de acción y un lugar de acumulación preferido. El más conocido es el plomo que afecta varios sistemas, por ejemplo, en el sistema nervioso llega a dañar a las neuronas especialmente las del cerebro. El plomo afecta también a la médula ósea y otro lugar donde es frecuente encontrarlo es el riñón, específicamente en sistema tubular de las nefronas, otro metal pesado es el cadmio que también afecta al riñón y otro que no es exactamente un metal, pero es un contaminante es el arsénico que tienen efecto directo en las mitocondrias. Los daños en sí son muy diversos dependiendo de cada metal, pero en general se puede decir que hay lesión celular. La intoxicación por plomo puede simular otras enfermedades, como por ejemplo la esclerosis, que es una enfermedad incurable muy complicada en cuanto a sus síntomas, y la intoxicación por plomo puede simular y afectar al sistema nervioso con la misma sintomatología, como



parestesias, pareasias, fatiga, etc., y puede producir en general una disfunción, luego algo importante del plomo es que se lo ha relacionado últimamente con la generación de conductas antisociales, y también hay una relación con retardo mental y pérdida de habilidades cognitivas. En cuanto al riñón, los metales pesados a la larga van a producir daño renal que puede llegar hasta una insuficiencia renal (Eróstegui, 2016).

En el ambiente, son bastantes graves y hablando específicamente, cambia la alcalinidad del suelo, obviamente, depende mucho de la concentración. También contaminan el agua y los cultivos. En este si es una cantidad excesiva de plomo se pueden producir algunas alteraciones en las plantas, también degrada el suelo, lo cual disminuye su productividad, si la contaminación es excesiva, puede llegar a producir desertificación. A nivel de los ríos y lagos, también afecta principalmente la fauna. El problema de la contaminación del medio ambiente por metales pesados es que su efecto es silencioso, no se ve, y cuando nos damos cuenta del daño que producen, ya es tarde y sobre todo que son peligrosos para la salud. Felizmente se están tomando medidas, aunque la intoxicación por plomo puede simular otras enfermedades, como por ejemplo la esclerosis (Eróstegui, 2016).

2.3. ANTECEDENTES

2.3.1. Reportes Internacionales

Investigadores de la Facultad de Veterinaria de León y de Santiago de Compostela España en los últimos años realizaron monitoreo de carne y leche procedentes de ganado bovino y ovino de las Comunidades Autónomas de Castilla y León, Asturias y Galicia. 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, de aluminio de 192.16 mg/kg, de cromo de 69.28 mg/kg, de níquel de 45.11



mg/ kg, de molibdeno de 45.20 mg /kg, de zinc de 4860 mg/kg, de hierro de 300 mg/kg, de manganeso de 31.82 mg/kg y de cobre de 63.51 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 (Gonzalez, 2009).

Ayala J. y Romero H. (2013) investigación titulada: “presencia de metales pesados (arsénico y mercurio) en leche de vaca al sur de ecuador” El presente trabajo fue desarrollado en el Cantón Arenillas, provincia de El Oro, al sur de Ecuador. El objetivo de este consistió en determinar la presencia de arsénico y mercurio en la leche que se comercializa y que es obtenida del ganado vacuno existente en el lugar. Las muestras de leche fueron recolectadas de vacas lecheras de la zona y del mercado del cantón Arenillas. Luego fueron analizadas mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica con Generación de Vapor de Hidruros, previa digestión según normativa EPA y AWWA. Los resultados muestran que para el caso del mercurio se excede en 2,2 veces la norma establecida por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE 0009:2008 de 0,005 mg/kg en su media; mientras que, en el caso del arsénico, aunque si se encontró presencia de este metal, no sobrepasó en ningún caso el valor de 0,015 mg/kg que es el límite permitido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE 0009:2008.

(Moreno R. 2018) investigación titulada: Metales pesados en leche de vacas alimentadas con alfalfa producida en suelos irrigados con aguas residuales en Puebla y Tlaxcala, México. El objetivo fue determinar la presencia de Cd, Pb, Ni y As en la cadena alimentaria de la leche de vaca, producida en zonas donde la alfalfa es cultivada



en suelos irrigados con aguas residuales de procedencia industrial, doméstica y agrícola. Se muestrearon suelo y alfalfa de 16 sitios ubicados en cuatro zonas; la leche se colectó de 160 vacas, correspondiendo a 40 vacas de cuatro hatos diferentes por zona, todo en dos épocas del año y por triplicado. Se calculó el factor de bioacumulación (BCF), el factor de translocación (TF) y el valor de transferencia de los metales de la planta a la leche. Las plantas tuvieron un BCF <1 , indicando que la alfalfa es resistente a los metales pesados. Sin embargo, el TF >1 en orden decreciente quedó de la siguiente manera: Zn; Cu; Ni; Pb y Cr, lo que muestra la existencia de gran movilidad de los metales dentro de la planta. La leche tuvo un contenido de Pb en un rango de 0.039 ± 0.02 a 0.059 ± 0.05 mg kg⁻¹, valores por arriba del límite internacional permitido. Sin embargo, los niveles de Pb y As fueron inferiores a los valores permisibles por la Norma Oficial Mexicana. Se concluye que la alfalfa es una planta acumuladora y resistente a los metales pesados, y cuando es cultivada en suelos contaminados, se convierte en un medio importante para la transferencia de metales pesados a los animales y son eliminados a través de la leche.

Medina S.A, Guillen R. y Medina O.R. (2013) investigación titulada: “Determinación de plomo en leche de ganado bovino en el Cantón Sitio del Niño, Municipio de San Juan Opico, departamento de La Libertad, El Salvador.” El objetivo de este consistió en determinar la presencia de plomo en leche de ganado bovino y agua habiendo muestreado ambos fluidos en tres ganaderías, situadas en el radio de contaminación con plomo de 1,500 metros declarada por el Ministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente (MARN) y tres ganaderías situadas fuera del radio de contaminación; calculando los resultados con el lector de absorción atómica. Los niveles de plomo presentes en las muestras de leche de las tres ganaderías dentro del radio de contaminación demuestran que la ganadería 1, presenta los niveles más altos



conteniendo hasta 2,254mg/litro de plomo y de las tres ganaderías fuera del radio de contaminación la ganadería 4 presento valores de 0.820mg/litro, por lo que se aprecia que existen niveles de plomo en leche con valores no permitidos en los sitios dentro y fuera del radio de contaminación (4,100 metros). Los altos niveles de plomo en el agua fueron en fuera del radio de contaminación, han afectado el manto freático encontrando hasta 7.16mg/litro de agua a 33 metros de profundidad y dentro del radio se encontró 0.720mg/litro Se demostró que existe una relación entre las muestras de leche y agua en cuanto a la presencia y ausencia de plomo.

Molina R. (2015) investigación Titulada: “Análisis de arsénico y metales pesados (cadmio, manganeso, mercurio y plomo) en orina y cabello de población infantil residente en Huelva”, El objetivo de esto consistió en determinar las concentraciones de un metaloide (As) y de cuatro metales pesados (Cd, Mn, Hg y Pb) en muestras de orina y cabello de población infantil residente en Huelva. Los niveles de Cd, Hg, Pb, Mn y As hallados en el pelo y la orina de los niños que viven cerca de las zonas industriales y mineras fueron en cabello 0,0033 para As y Cd; 0,00022 para mercurio; 0.0132 para Mn y 0.0913 para Pb y en orina 0, 120 para Mn, 0.002 para Hg, 0,030 para As y Cd y 0,830 para Pb. Los cuales se encontraron dentro de los límites de referencia y fueron similares a los valores observados en otros estudios de biomonitorización de la población infantil sin exposición a contaminación ambiental. No se encontró correlación significativa para cada elemento metálico entre la orina y el cabello. Los niños que viven cerca de las zonas agrícolas mostraron niveles más elevados de Cd y Mn (en la orina) y As (en el cabello). Por el contrario, se observaron concentraciones inferiores de Hg en orina en los niños que viven cerca de las zonas mineras. También se estudia la posible contribución del género, el consumo de agua, la zona de residencia y el índice de masa corporal en las concentraciones de metales en



orina y cabello. Las niñas mostraron niveles de metales traza en el pelo significativamente más altos que los niños. Las concentraciones más elevadas se encontraron en los niños que beben agua de pozo o manantial. Aunque los niveles de metales en el cabello no se correlacionan con los hallados en la orina, pueden ser una herramienta útil para la biomonitorización humana en la exposición a metales a largo plazo.

los estudios realizados en el Rio Magdalena (Colombia), y sus afluentes, para determinar sus concentraciones de mercurio muestran que existe una relación directa entre las altas concentraciones en peces con la cercanía a las zonas con influencia directa de vertimientos de aguas de minería aurífera, encontrándose valores críticos en la Región de la Mojama y zona del noroeste antioqueño, zonas donde casi todas las muestras presentaron valores superiores a la norma de $0,5 \mu\text{g/g}$ de mercurio (Martínez, 2009).

En comunidades ribereñas al Orinoco (Venezuela), se colectaron y analizaron un total de 23 muestras de cabello, especialmente de indios Piaroas, encontrando valores de mercurio $16,6 \pm 3,4 \mu\text{g/g}$ lo que fue atribuido a la contaminación ambiental causada por la actividad minera artesanal de oro en la selva amazónica, (Martínez *et al*, 2009).

2.3.2. Reportes Nacionales

Bárcena N.R. (2011) investigación titulada: El objetivo consistió determinar niveles de metales tóxicos en leche de ganado bovino de la microcuenca lechera de Umachiri. Se utilizó La espectrofotometría de emisión atómica - plasma acoplado inductivamente (ICP - AES) es un método moderno, simple y exacto, que se usó para la determinación de metales en leche cruda de bovinos en 15 establos ubicados en el



ámbito de la "cuenca lechera de Umachiri", Región Puno, en muestras colectadas en botellas de polipropileno que posteriormente fueron sometidas a digestión neumática. Se determinó metales esenciales (Ca, Mg, Na, k, Cu, Fe, Mn y Zn), tóxicos (Pb, As, Cd y Cr) y otros (Ag, Al, B, Ba, Be, Co, Mo, Ni, Se, Sn, Tl y V), mediante el método USEPA 200.7, hallándose que determinados elementos ligados a depósitos auríferos epidermales; se encuentran en proporciones exorbitantes. En el caso de Plomo, su presencia en leche cruda, excede hasta en 638 veces el límite máximo permisible (0,020 mg/kg, fijado por la Comisión Codex y la Unión Europea); además, el Cobre (0,05 mg/kg) es superado en 300 veces, y el Hierro (0,2 mg/kg) en más de 40 veces. De la misma manera, las concentraciones de metales en leche rebasan en varias veces a sus concentraciones normales: el Arsénico se halla en una proporción de 38 veces por encima de sus niveles normales, el Cadmio en 45, el Cromo en 40, el Zinc en 11, etc. Estos y otros elementos tóxicos, actualmente, se encuentran a niveles que representan un riesgo toxicológico en el consumo de leche.

2.3.3. Contaminación minera en Perú

El arsénico es un metaloide que fue analizado en la orina de los menores de Cerro de Pasco y La Oroya y el resultado arrojó que ocho de nueve niños de La Oroya y 10 de 15 niños de Cerro de Pasco superaron el estándar de medición para arsénico, de acuerdo al estándar del Ministerio de Salud (Minsa) de 20ug/L (microgramo de arsénico por litro de orina). En ambas ciudades se alcanzó el nivel de más de 60ug/L (López, 2017)

El mismo metaloide fue analizado en la sangre de los niños señalados y superaban el 1ug/L (microgramo por litro de sangre), estándar establecido por Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de Estados Unidos (CDC por



su sigla en inglés). El nivel máximo alcanzado fue sobre 3ug/L. “Con respecto al arsénico existe una condición especial. Existen dos tipos: el orgánico que no tiene efecto nocivo sobre la salud humana y el inorgánico que sí es tóxico. Los resultados arrojaron que los niños de la muestra tienen el inorgánico. El asunto es que el Minsa no tiene estándar de arsénico en sangre y mucho menos distingue entre el orgánico y el inorgánico”, señaló el autor del estudio (Lopez, 2017) .

El cadmio es un metal pesado cancerígeno y sí tiene un estándar establecido por el Ministerio de Salud respecto a su presencia en orina, el cual señala que para los no fumadores el promedio debe de ser de 1ug/L (microgramo de cadmio por litro de orina), sin embargo, un niño en Pasco lo superó hasta en 6ug/L. “Al cadmio se le conoce como la sustancia que destruye los huesos, los riñones. Además, que se sabe que sí o sí hay riesgo de contraer cáncer”, dijo el médico Osores (Lopez, 2017).

En el caso del plomo en orina no existe un estándar en el Ministerio de Salud, de acuerdo a la investigación médica, por ello se estableció el estándar de 3ug/dl (microgramos de plomo por decilitro de orina) del mismo Instituto de Salud Pública de Québec. El nivel más alto alcanzado fue de un menor de Pasco al que se le halló más de 60 ug/dl, de acuerdo al estudio. Respecto al nivel de plomo en la sangre sí existe un estándar establecido por el Ministerio de Salud que es de 10ug/dl (microgramos de plomo por decilitro de sangre), sin embargo, tanto los niños de Cerro de Pasco como uno de La Oroya lo superaron y el nivel máximo lo alcanzo un niño en Pasco con más de 70ug/dl. “Hay un debate respecto al estándar de plomo en la sangre. Ya se han hecho dosajes de plomo en sangre por el Estado en especial con la población afectada de La Oroya, pero siempre con el estándar de 10ug/dl cuando la CDC de Estados Unidos señala que es de 5ug/dl”, precisó el médico Osores (Lopez, 2017).



El estudio muestra la primera serie de datos sobre la concentración de mercurio en el tejido muscular de pejerrey (*Basilichthyes bonariensis*), el carachi (*Orestias*) y 2 tipos de bagre indígena (*Trichomycterus*). Los niveles de mercurio en el pejerrey incrementaron con el tamaño de los peces, aunque esta relación era menos evidente para el carachi menor. El pejerrey y carachi son importantes peces comestibles para los residentes locales. Un muestreo del Río Ramis que es el mayor afluente al Lago Titicaca - se llevó a cabo en un intento de determinar si las emisiones de mercurio de la minería artesanal del oro, podrían ser una fuente importante de contaminación de Hg al Lago Titicaca. 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 al mercurio para los propios mineros de oro artesanales, así como sus familias. Se recomiendan 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 alto flujo (Christopher *et al.*, 2006).

El informe de inspección del río Ramis afirma que la ganadería en la cuenca de este río, es una de las actividades principales que desarrolla su población rural. En la zona alta (Crucero, San Antón) las familias se dedican a la crianza de camélidos sudamericanos (llamas y alpacas) así mismo, se observó bastante crianza de ovinos criollos. En la zona alta los animales en el río Crucero que está contaminado por lodos y metales pesados. En la zona intermedia la población ha dado énfasis en la crianza de



vacunos, esto ha impulsado a los ganaderos a utilizar el agua del río con el propósito de mejorar la alimentación del ganado. Es por ello que se impulsó la formación de una represa de nombre Progreso en la misma que hoy se almacena aguas contaminadas por lodos y metales pesados. En esta zona intermedia se riegan pastos cultivados de alfalfa, reygras, dactilis y trébol; por otro lado, el cultivo de la avena con propósitos para la alimentación del ganado, se halla bastante extendido (Flores, 2008).

(Ferrero, 2009; Cabrera., 2013.), la contaminación hídrica es causada por la actividad minera informal ubicada en los alrededores del distrito de Ananea, causando connotación de los canales y tomas de riego incidiendo negativamente en la producción agropecuaria y deteriorando la calidad del agua del río de la cuenca del río Ramis, y consiguientemente la calidad de los productos agropecuarios y ello coadyuva a una disminución en los ingresos económicos de los productores agropecuarios ubicados en la parte media y baja de la sub cuenca, y por ende no permite el desarrollo ni económico ni social de los pobladores involucrados, empobreciéndolos, puesto que ya viven en extrema pobreza.

Investigadores en metales tóxicos, encontraron que el mercurio y algunos compuestos inorgánicos de mercurio pueden ser medidos con bacterias anaerobias en el lodo del fondo de los lagos y también por los peces y mamíferos. Al estudiar los efectos ecológicos del mercurio, se demostró que las aves y los mamíferos que se alimentan de los peces están más expuestos al mercurio que otros animales de los ecosistemas acuáticos (EPA, 2009).

Tabla 2. Análisis físico químico de muestras de aguas subterráneas y superficiales – Rinconada (Muñoz et al., 1999).

Nº	ESTACION	LUGAR	CAUDAL M3/DIA	PH	Pb	As	Hg
1	A-3	Riachuelo lunar al final de la población y entrada a pampa	1728.0	4.15	0.01	<0.01	<0.01
2	A-6	Final de Pampa Molino y entrada a la laguna	182.4	5.68	10.25	0.23	0.0016
3	A-8	Canal Vizcachani a Minero Perú	108000	3.68	<0.01	0.15	<0.01
4	A-10	Pozo con agua manantial para uso de consumo	1.555	5.68	<0.01	<0.01	<0.01
5	A-13	Salida de Lago Lunar (deshielo)	11491.0	3.85	<0.01	0.01	<0.01
6	A-16	Manantial a 30 m del centro	2.169	4.24	<0.01	<0.01	<0.01
7	A-31	Bocatoma del Balcón de Oro (aguas ácidas)	12545.2	3.97	<0.01	0.01	<0.01

Tabla 3. Niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentación animal (OMS. Reglamento Sanitario Internacional. 2005).

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

Fuente: OMS- 1996.

Tabla 4. Contenidos máximos (mg/Kg) de metales pesados en los productos alimenticios (Reglamento C.E., 2006).

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

Tabla 5. Contaminación de metales pesados (mg/L) en zona alta y estándares de calidad de suelos según UE y EPA (Astorga J. et al., 2010)

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

Tabla 6. Contaminación de metales pesados en sedimentos (mg/kg) en cordillera (Astorga J, 2010)

Metales	Pampa Blanca	Ananea	Rinconada (relave)	Lunar de oro-relave	Límite de determinación
Plomo	32	18	26	38	0,10
Arsénico	75	39	66	53	0,10
Mercurio	0,03	< 0.02	0,15	38	0,03

Tabla 7. Contaminación con metales pesados en suelos (mg/kg) en cordillera (Astorga et al., 2010).

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

Tabla 8. Contaminación con metales pesados en vegetales (mg/kg) en cordillera (Astorga et al., 2010).

Metales	Pampa Blanca	Pampa Blanca	Silla cunca	Lunar de oro-relave	Límite de determinación
Plomo	0,9	1,1	0,96	< 0,1	0,10
Arsénico	< 0,10	2,3	< 0,10	< 0,10	0,025
Mercurio	0,06	0, 034	0,04	0,04	0,03

Vegetales: Calamagrostis, Dystichlis sp., Senecio sp., Trifolium amabile



Tabla 9. Contaminación con metales pesados en sedimentos (mg/kg) en zona intermedia (Astorga et al., 2010).

Metales	Crucero	Progreso	Azángaro	Taraco	Límite de determinación
Plomo	21	19	18	19	0,10
Arsénico	29	35	31	53	0,10
Mercurio	0,065	0,08	0,09	38	0,04



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO

El trabajo de investigación fue realizado en las comunidades de Sucre del distrito de Llalli y la comunidad de Machacmarca del distrito Cupi, afectados con la actividad minera de la empresa Aruntani S.A.C. ambos distritos se encuentran en la provincia de Melgar. El distrito de Llalli se ubica al norte de la provincia. Geográficamente se ubica en las coordenadas: 14° 56' 51.9" S, 70° 52' 49.4" O y a 3980 msnm. Tiene una extensión de 216.36 Km² y una población de 4,459 habitantes. Se encuentra a una distancia de 44km de la ciudad de Ayaviri. El Distrito de Cupi es uno de los 9 distritos de la Provincia de Melgar, ubicada en el Departamento de Puno, en la provincia de Melgar. Geográficamente se ubica en las coordenadas 14° 54' 15" S 70° 52' 15" O y a una altitud de 3953 msnm. Tiene una extensión de 214.25 Km². Las comunidades mencionadas de los dichos distritos están ubicadas en la cuenca de llallimayo, cuyos pobladores riegan sus cultivos con aguas que proviene de la actividad minera de la empresa Aruntani S.A.C., los cuales causarían problemas en pasturas y animales.

Para el análisis de dichas muestras se ha trasladado a la Unidad de Servicio de Análisis Químicos (USAQ) del laboratorio de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la ciudad de Lima.

3.2. MUESTRAS BIOLÓGICAS

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se recolectó muestras de leche de vaca, pasto y agua en los predios de diferentes productores de la zona de Llalli (comunidad de Sucre) y Cupi (comunidad de Machacmarca).



3.2.1 Tamaño de muestra

Las muestras de leche de vacas fueron de 08, 08 de pasto y 08 muestras de agua. Esta muestra se ha considerado muestreo por conveniencia, debido al alto costo del análisis laboratorial; por lo cual, se procesó 72 análisis ó determinaciones.

Tabla 10. Muestras de leche de vaca, pasto y agua para el estudio

Comunidades	Distrito	leche	pasto	agua
Sucre	Llalli	4	4	4
Machacamarca	Cupi	4	4	4
Totales		8	8	8
Totales x 3 metales	72	8 x 3 = 24	8 x 3 = 24	8x 3 = 24

3.3. MATERIALES

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

- Botellas de plástico de 500ml limpios y estériles
- Bolsas de plástico herméticos
- Tijeras
- Caja de tecnopor
- Hielo
- Gel
- Guantes
- Cámaras fotográficas

3.4. EQUIPOS

Absorción atómica Elmer, modelo 3110

- Horno microondas multiware 3000-Anton
- Lámpara EDL(As.Pl.Cd)



- Grafito longitudinales
- Lámpara de Hg

3.5. METODOLOGIA

3.5.1 Recolección y transporte de muestras

En coordinación con los productores de la comunidad de Sucre (Llalli) y la comunidad Machacmarca (Cupi), se recolectaron 8 muestras de leche empleando un recipiente de 500ml las que fueron depositadas en botellas de plástico limpios y esteriles debidamente rotulados (código, lugar y fecha). Luego fueron almacenados en condiciones de refrigeración a 4°C aproximadamente en una caja de tecnopor con bolsas de gel congelado para ser remitidos al laboratorio de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Ciudad de Lima. Se recolectaron 8 muestras de pasto de diferentes partes del lugar donde la vaca consumía el pasto aproximadamente 250 gr. con la ayuda de una tijera para luego ser colocados en una bolsa de plástico y cerrados herméticamente para evitar cualquier tipo de contaminación, posteriormente todas estas muestras fueron remitidas al laboratorio al igual que las otras muestras. Y finalmente se recolectaron 8 muestras de agua empleando un recipiente de 500ml las que fueron depositadas en botellas de plástico limpios y estériles debidamente rotulados (código, lugar y fecha)

3.5.2 Determinación de plomo, cadmio y mercurio por espectrofotometría de absorción atómica por la técnica de horno de grafito y generador de hidruros

Muestra: agua, leche de vaca y pasto.

Reactivos:

- Estándar certificado de plomo de 1000 mg/L
- Estándar certificado de arsénico de 1000mg/L



- Estándar certificado de cadmio de 1000mg/L
- Estándar certificado de mercurio de 1000 mg/L
- Ácido nítrico, HNO₃ concentrado ultrapuro, para preparación de estándares.
- Ácido nítrico, HNO₃ concentrado para análisis de trazas, para la digestión de las muestras.
- Diluyente, Ácido nítrico, 0.2 %: Medir 2 mL de ácido nítrico concentrado ultrapuro y llevar a una fiola de 1 litro, enrasar a la marca con agua ultrapura.
- 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 Nro. 40.
- Embudos de líquidos.

Equipos

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



- Balanza analítica.

Preparación de las muestras de leche:

Se agita bien la muestra de leche y se procedió a pesar en un crisol limpio y seco, con ayuda de una pipeta Pasteur de plástico de 10 mL se pesó 25gr aprox. de leche. Se llevo a la estufa a una temperatura de 40°C hasta sequedad. Luego se procedió a llevar a digestión acida con 10ml de HNO₃: a 2N en una plancha de calentamiento hasta sequedad. Seguidamente se colocó a la mufla 400°C por 8 horas hasta que cenizas, se retiró de la mufla y se dejó enfriar, seguidamente se le agrego 10 mL de HNO₃ 2N y se puso a la plancha de calentamiento hasta sequedad y por 8 horas más se puso nuevamente a la mufla a 400°C.

Luego que se dejó enfriar, se disuelve en agua y se procedió a filtrar con un filtro Whatman Nro. 40 en una fiola de 25 mL y se enraso con agua desionizada. Se preparo simultáneamente un blanco digerido sustituyendo la muestra por agua ultrapura y realizar la digestión como se ha descrito anteriormente.

Preparación de las muestras de Agua:

Se agita bien la muestra de Agua y se procedió a pesar en un crisol limpio y seco, con ayuda de una pipeta pasteur de plástico de 10 mL se peso 25gr aprox. de agua procedió a llevar a digestión acida con 10ml de HNO₃: a 2N en una plancha de calentamiento hasta sequedad. Seguidamente se colocó a la mufla 400°C por 8 horas hasta que cenizas, se retiró de la mufla y se dejó enfriar, seguidamente se le agrego 10 mL de HNO₃ 2N y se puso a la plancha de calentamiento hasta sequedad y por 8 horas más se puso nuevamente a la mufla a 400°C.



Luego que se dejó enfriar, se disuelve en agua y se procedió a filtrar con un filtro Whatman Nro. 40 en una fiola de 25 mL y se enraso con agua desionizada. Se preparo simultáneamente un blanco digerido sustituyendo la muestra por agua ultrapura y realizar la digestión como se ha descrito anteriormente.

Preparación de la muestra de pasto

Se peso 3 gr. aprox. De pasto en un crisol con su respectiva tapa y se llevó a calcinar en la mufla a una temperatura de 300°C por 8 horas, luego se agregó 5 mL de HNO₃ 2 N y se llevó a calentar en una plancha eléctrica hasta sequedad. Luego que se dejó enfriar y se llevó nuevamente a la mufla a una temperatura 400°C por 8 horas, se agregó nuevamente 5 mL HNO₃ 2 N hasta calcinación, presentando un color blanco y se disolvió en agua desionizada y se procedió a filtrar mediante un filtro Whatman Nro. 40 en una fiola de 25 mL y se enraso con agua desionizada. Se preparo simultáneamente un blanco digerido sustituyendo la muestra por agua ultrapura y realizar la digestión como se ha descrito anteriormente.

3.5. METODO ESTADISTICO

Los datos cuantitativos continuos de las variables (niveles de mercurio, cadmio y plomo) en leche de vaca, pasto y agua fueron analizados mediante diseño completamente al azar, donde los tratamientos son los 3 tipos de muestras de estudio con ocho repeticiones por tratamiento y se han interpretado mediante medidas de tendencia central y dispersión, con uso de un software Infoestat y cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

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

Dónde:



Y_{ij} = Variable respuesta (Niveles de mercurio, cadmio y plomo)

μ = Media poblacional

A_i = Efecto de i-ésimo tipo de muestra

E_{ij} = Efecto del error no controlable (Calzada, 1992)

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

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. NIVELES DE CADMIO EN LECHE DE VACA, PASTO Y AGUA

Tabla 11. Niveles de cadmio en leche de vaca, pasto y agua de la microcuenca del río Llallimayo Región Puno.

Tipo de muestra	Estadísticos			
	n	Prom.	D. E.	V. E.
Leche (mg/Lt)	8	0.00121 ^b	0.00045	0.0001 – 0.002
Agua (mg/Lt)	8	0.00121 ^b	0.00045	0.0007 – 0.001
Pasto (mg/kg)	8	0.00309 ^a	0.00045	0.0001 – 0.007

^{a y b} Letras diferentes indican que hay diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

FUENTE: Elaboracion Propia

En la tabla 11 y la figura 3 (anexo), se observa que, los niveles de concentración de cadmio en la leche y agua fueron iguales como 0.00121 mg de cadmio/Lt; pero, en el pasto se encontró superioridad como 0,00309 mg de cadmio/kg de pasto ($P < 0.05$); lo cual indica que existe una mayor concentración de Cd en el pasto que son regados con el agua de la microcuenca del río Llallimayo, pero estos valores no superan los límites permisibles reportados y recomendados por (CE, 2006).

Un estudio realizado sobre metales pesados (cadmio, manganeso, mercurio y plomo) por (Molina, 2015), en la orina y cabello de población infantil residente en Huelva”, dieron la concentración de cadmio de 0,00050; el cual no supera el límite máximo permisible de acuerdo a los estándares permisibles de la Unión Europea, con respecto a nuestro trabajo de investigación también los resultados obtenidos no superan el límite máximo permisible, estos valores de cadmio están ampliamente



distribuido a bajas concentraciones en el medio ambiente.

Méndez (2002), manifiesta que, la absorción de cadmio por los animales es baja, particularmente en rumiantes, donde los porcentajes de absorción no sobrepasan el 1%, pero la retención en el organismo es muy elevada, particularmente en los riñones, donde la vida media en rumiantes puede ser de varios años. En animales de abasto donde el tiempo de crianza es muy reducido, particularmente en monogástricos, las acumulaciones de cadmio serán muy mermadas con prácticas habituales de manejo.

Los contenidos de cadmio en algunos suelos son relativamente bajos y la absorción por los vegetales relativamente pobre; por lo que, en condiciones normales de cultivo, no suele ser preocupante esta vía de entrada en la cadena alimenticia. Por el contrario, sí están aumentado se pueden presentar valores más elevados al utilizar fuentes de abonos fosforados ricos en cadmio o bien residuos urbanos (NRC, 2001). De esta manera, las plantas absorben eficientemente el cadmio, lo que puede constituir una importante vía de contaminación en la cadena trófica para animales y personas. La capacidad que tienen algunas plantas acuáticas para absorber cadmio se ha aprovechado en el tratamiento de afluentes contaminados (ATSDR, 1999). Y el pH es el factor más importante en la absorción del cadmio por las plantas; ya que los medios ácidos favorecen la solubilidad y su absorción por las plantas, e igualmente la solubilidad del cadmio en el agua aumenta en medios ácidos.

4.2. NIVELES DE PLOMO EN LECHE DE VACA, PASTO Y AGUA

Tabla 12. Niveles de plomo en leche de vaca, pasto y agua de la microcuenca del río Llallimayo Región Puno.

Tipo de muestra	Estadísticos			
	N	Prom.	E. E.	V.E.
Leche (mg/Lt)	7	0.0199 ^a	0.021	0.008 – 0.0249
Pasto (mg/kg)	7	0.0746 ^a	0.021	0.009 – 0.1666
Agua (mg/Lt)	4	0.0880 ^a	0.029	0.037 – 0.2315

^a Letras iguales indican que no hay diferencias significativas ($P > 0.05$)

En la tabla 12 y figura 4 (anexo), se evidencian los valores de tendencia central como el promedio para niveles de plomo; donde se encontró 0,0199 mg de Pb/ Lt de leche; 0,0746 mg de Pb/kg de pasto y 0,0880 mg de Pb/Lt de agua, los mismos que no reflejan diferencias significativas ($P > 0.05$). Las concentraciones de plomo encontrado en el presente estudio se deberían por el uso inadecuado de maquinarias como las 24 horas en la explotación minera en la cabecera del río de cuenca Llallimayo y fluidez de movimiento de carros; no obstante que, estos superan los límites máximos permisibles, según las normas indicados por la Unión Europea. Por lo tanto, en el futuro la población que consume los productos lácteos y carne de la zona padecerán con problemas en su salud.

Los valores encontrados superan los límites permisibles reportados y recomendados por (CE, 2006) e igualmente (Chata, 2015), manifiesta que, según estándares de permisibilidad de la Unión Europea, el plomo no debe superar el 0.02 mg/kg de leche; en este caso sobrepasa este valor, debido a que el ambiente está contaminado por la cantidad de maquinarias que trabajan en la mina Arasi, que también podría contribuir en la contaminación el tránsito frecuente de vehículos en el corredor económico Puno - Cusco. A esto coadyuva (Bárcena, 2011) en la misma cuenca Llallimayo, encontró concentraciones de plomo en leche 638 veces superior al límite máximo permisible, es

decir a 0.020 mg/kg de leche. Igualmente (Pacco, 2018), registra concentración de plomo promedio de 0.0256 mg /kg de leche de vacas alimentadas con pastos regados con agua del río de la cuenca Llallimayo, que también supera al límite permisible.

En la mina (Xstrata Tintaya S.A. 2009) 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 0.00 a 0.059 mg de Pb/kg de carne, analizados en el laboratorio del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA); mientras que, en el Laboratorio de 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 superan el límite de determinación; la superioridad se debe a la contaminación del medio ambiente de Espinar, por los trabajos de maquinarias en la CIA minera Antapaccay es una empresa formal, pero no cumple con la vigilancia y protección de la contaminación ambiental.

4.3. NIVELES DE MERCURIO EN LECHE DE VACA, PASTO Y AGUA

Tabla 13. Niveles de mercurio en leche de vaca, pasto y agua de la microcuenca del río Llallimayo Región Puno

Tipo de muestra	Estadísticos			
	n	Prom.	E. E.	V. E.
Leche (mg/Lt)	8	0.0026 ^a	0.0003	0.0022 - 0.0029
Pasto (mg/kg)	2	0.0021 ^a	0.0007	0.0001 - 0.0040
Agua (mg/Lt)	5	0.0017 ^a	0.0004	0.0005 - 0.0026

^a Letras iguales indican que no hay diferencias significativas (P>0.05)

Fuente. Elaboración Propia

En la tabla 13 y figura 5 (anexo), se observa los estadísticos como el promedio de concentraciones de mercurio; 0,0026 mg de Hg/ Lt de leche; 0,0021 mg de Hg/kg de pasto y 0,0017 mg de Hg/Lt de agua (P>0.05). Estas concentraciones de mercurio no superan los límites máximos permisibles, según normas indicados por la Unión



Europea, el mercurio no debe ser superior los límites permisibles como de 1.0 – 1.5 mg/kg.

En la investigación realizada los valores encontrados no superan límites permisibles reportados y recomendados por (CE, 2006); resultados similares 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, donde registran niveles por debajo del Límite de Determinación establecido como 0.2 mg/kg ó 200 µg/kg. Igualmente, en la trucha reportan los niveles de mercurio menores a 0.030 mg/kg o 30 µg/kg; estas concentraciones están muy por debajo de los valores permisibles que señala la legislación Española (UE), ya que los niveles máximos permisibles oscila de 0.5 a 1 mg/kg de carne de pescado.

El mayor problema es que, en el futuro, la contaminación ambiental generada por la minería, por el uso de mercurio para la extracción de oro, que impregna a la flora y fauna silvestre y doméstico, con los consiguientes riesgos sobre la salud pública. Además, 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 (Aquino, 2003).



Por otro lado, una investigación publicada por López (2017) sobre la Contaminación Minera en el Perú, donde en un informe médico reveló presencia de metales pesados en niños menores; como la Organización Mundial de la Salud (OMS) reporta el estándar de mercurio en pelo entre 1 a 2 $\mu\text{g/g}$ (microgramo por gramo), mientras que el Instituto Carnegie afirma que debe ser menor a 1 $\mu\text{g/g}$, por el consumo de pescado (mejor estándar). “No olvidemos que el pescado de los ríos es parte de la dieta diaria de la población andina en el Perú. Todos los niños analizados tuvieron presencia de mercurio en su cabello, aunque no superan el estándar dispuesto por la OMS, pero no olvidemos que los estándares son solo eso, no son límites permisibles. Lo que dice un estándar es que por sobre el nivel indicado el daño es grave, pero no indica que, por debajo este daño desaparezca, simplemente que hasta el momento no se ha identificado un efecto concreto”. Estos resultados obtenidos en los reportes, nos permite deducir que en nuestra investigación realizada en la microcuenca Llallimayo de la Provincia de Melgar, la concentración de mercurio en el leche de las vacas es de: 0.0026 mg/Lt; el cual nos indica que está muy por debajo, según normas de Unión Europea (UE), pero esta contaminación con mercurio por la extracción de oro en la zona estaría afectando a los vacunos, causando la mortalidad en terneros, debido a que los animales están predispuestos a beber agua de los ríos y canales de riego contaminados; por tanto, los animales se comportan como el bioindicador de los niveles de metales pesados.



V. CONCLUSIONES

Los niveles de cadmio en la leche de vaca, en el pasto y agua no superan los límites máximos permisibles.

Los niveles de plomo en la leche de vaca, en el pasto y agua superan los límites máximos permisibles; por tanto, es un factor de riesgo para la salud de los criadores y consumidores de productos lácteos.

Los niveles de mercurio en la leche de vaca, en el pasto y agua no superan los límites máximos permisibles.



VI. RECOMENDACIONES

Los criadores de las comunidades de la Microcuenca Llallimayo deben ser socializados con los resultados del trabajo de investigación con la finalidad de evitar los riesgos que ocasionan la contaminación de metales pesados.

Las Instituciones como las Municipalidades Distritales de Llalli, Cupi, Umachiri y los Centros de Salud, deben considerar en sus planes del desarrollo económico la implementación de estrategias de vigilancia de metales pesados.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adriano, D. (1986). *Trace elements in the terrestrial environment*. New York: Springer Velag.
- Alvarez, J., Sotero, V., Brack, A., & Ipenza, C. (2011). *Mineria aurifera y Contaminacion con mercurio (CENSOPAS)*. Lima: Super Grafica E.I.R.L.
- Aquino, E. (2003). *"Contaminacion por mercurio y cianuro en el Distrito Minero de Ananea-Puno". Tercer Congreso internacional de Medio Ambiente en Minería y Metalúrgica*. Crea Ediciones Graficas E.I.R.L. Peru.
- Arroyave, J. (2008). *Guías para el manejo de urgencias toxicológicas*. Ministerio de la Producción Social. Imprenta Nacional de Colombia.
- Astorga, J., Cari, A., Vilcatoma, L., Alcántara, A., Zamalloa, W., Calsin, A., . . . Huanca, J. (2010). *Implicancias Sociales y Económicas de la Contaminación de la Cuenca Hidrográfica del Río Ramis*. Oficina Universitario de Investigación. Universidad Nacional del Altiplano.
- ATSDR, (. (1999). *Toxicological Profile for cadmium, Department of Health and Human Services*. Public Health Service.
- Avila, L. (2018). *LEY QUE DECLARA DE INTERES NACIONAL Y NECESIDAD PUBLICA LA IDENTIFICACION, REGISTRO Y REMEDIACION DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS DE LOS RIOS DE LA CUENCA LLALLIMAYO-MELGAR, RAMIS Y COATA DEL DEPARTAMENTO DE PUNO*. Lima: Proyecto de ley 3543/2018-CR.
- Ayala, J., & Romero, H. (2013). *Presencia de Metales Pesados (Arsenico y Mercurio) en Leche de Vaca al Sur de Ecuador*. Universidad Politecnica Salesiana Cuenca, Ecuador: Revista de Ciencias de la Vida.
- Barcena, L. (2011). *Determinacion de Metales Pesados Toxicos en Leche de Ganado Bovino en el ambito de la Microcuenca lechera de Umachiri Region Puno*. Puno.
- Cabrera, P. (2013). *Evaluación del Impacto Ambiental en la Minería de la Rinconada - Ananea*. Monografía UPG - FM - UNAS. cabreracano@hotmail.com.
- Castro, N., Moreno, R., Calderon, F., Moreno, A., & Tamaris, J. (2018). *Metales pesados en leche de vacas alimentadas con alfalfa producida en suelos irrigados con aguas residuales en Puebla y Tlaxcala, México*. Mexico.
- Christopher, H., Gammons, D., Darell, G., Butch, G., Gramajea, W., Courtney, A., . . . Slottonb. (2006). *Las Concentraciones de Mercurio de Peces, el agua del río, y los sedimentos en la cuenca del río Ramis-Lago Titicaca, Peru*.
- Cordoba, D. (2006). *Plomo*. Cordoba: Manual moderno.
- Dawson, B., & Robert, G. (2005). *Bioestadística Médica*. Bogotá - Colombia: El Moderno S.A.



- EEC, C. (19 de Diciembre de 2006). Reglamento (E) por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. pág. pagina 20.
- EPA, U. (2009). (<http://www.epa.gov/mercury/about-español.htm>, 2009).
- Erostegui, C. (2009). *Contaminacion por metales Pesados*. Revista Cientifica Medica. Volumen 12.
- Flores, A., & Malpartida, E. (1998). *Manejo de Praderas Nativas y Pasturas en la Region Andina del Peru*. Banco Agrario. Lima-Peru: Tomo II.
- Gonzales, & Montaña, J. (2009). Metales Pesados en Carne, Leche y certificacion para la Union Europea. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 22(3): p 305-10. 432.
- Gonzales, Montaña, J., Senis, E., Gutierrez, A., & Prieto, F. (2012). Cadmium and lead in bovine milk en the mining area of the Caudal River. *Environmental Monitoring And Assessment*, 184(7): p. 4029-34.
- Gutierrez, & Chavez, A. (1987). *Concentracion de Metales Pesados en Leche Cruda de 436 vaca en la Provincia de Leon*. Tesis Doctoral.
- IARC, I. (1987). *Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans Lyon*.
- INEI. (2012). *Censo Agropecuario*. Instituto Nacional de Estadistica e Informatica.
- Jarup, L. (2003). *Akesson A. Current satatus of Cadmium as an environmental health problem*. toxicology and applied pharmacology.
- Kastenmayer, P. (1995). *Produccion y manejo de datos de composicion quimica de alimentos en nutricion*. Deposito de Documentos de la FAO, Departamento de agricultura.
- Kastenmayer, P. (1995). *Produccion y Manejo de datos de Composicion Quimica de Alimentos en Nutricion*. Deposito de Documentos de la FAO, Departamento de Agricultura.
- Lars, & Jarup. (2003). *Hazards of heavy metal contamination*. British Medical Bulletin.
- Lopez, M. (2017). *Contaminacion Minera*. Informe Medico Peru.
- Martinez, A., Villafañe, F., Arnulfo, J., & Lopez, J. (2009). *Intoxicacion Aguda con Plomo en Bovinos. Reporte de caso*. Centro de Diagnostico ICA - Armenia. Colombia: www.produccion-animal.com.ar. Obtenido de Centro de Diagnostico ICA-Armenica: www.produccion-animal.com.ar
- Medina, S., Guillen, R., Melendez, O., & Castillo, G. (2013). *Determinacion de Plomo en Leche de Ganado Bovino en el Canton Sitio del Niño*. La Libertad, El Salvador.
- Medisan. (2017). *Intoxicacion ocupacional por metales pesados*. Cuba.
- Mendez, & Batan, J. (2002). *Metales Pesados en Alimentacion Animal*. Anaporc. Revista de Porcinocultura 22(223): 88-95.



- Mendez, B. J. (2000). Metales Pesados en Alimentacion Animal. *Revista de Porcicultura*, 22(223): p. 88-95.
- Mendez, G., & Rldyps. (2000). Impacto del Riego con aguas contaminadas evaluado a traves de presencia de Metales Peados en suelos. 277-84.
- MINSA. (2013). *Guia de Practica para el diagnostico de la intoxicacion por Mercurio*. Lima.
- Molina, R. (2015). "Análisis de arsénico y metales pesados (cadmio, manganeso, mercurio y plomo) en orina y cabello de población infantil residente en Huelva". España.
- Monroya, M., Maceda, A., & De Sostoa, A. (2014). La Concentracion de Metales en agua, sedimentos y cuatro especies de peces del lago Titicaca revela una preocupacion ambiental a gran escla. *Investigacion Articulo Original Ciencias del Medio Ambiente total*, 233-244.
- Moreno, M. (2003). *Toxicologia Ambiental. Evaluacion de Riesgo para la Salud Humana*. Madrid: McGraw Hil.
- Muñoz, O., Velez, & Montoro. (1999). *Optimization of the solubilization, extraction and determination of inorganic arsenic (Asll+Asv) in seafood products by acid digestion, solvent extraction and hydride generation atomic absorption spectrometry*.
- NOM, N.-Z. (1994). *Grasa, Hígado, Musculo y Riñon en Aves, Bovinos, Caprinos, Cervidos, Ovinos y Porcinos. Residuos Toxicos. Limites Permisibles y Procedimientos de Muestreo*. Modificacion de la Norma Oficial Mexicana.
- Nordberg, G., & Fowler, B. (2007). *Inhalation Hadbook on the toxicology of metals*. San Diego, California: Academic Press Inc.
- NRC, N. (. (2001). *Arsenic in drinking water update*. National Academy Press.
- Oleru, G. (1976). *Kidney, Liver, hair and lungs as indicators of Cd absorption*. Am Ind Hyg Assoc.
- OMS. (20 de marzo de 2014). *Inorganic Mercury*. Obtenido de www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf
- Pacco, D. (2018). *Determinacion de metales pesados en leche y pelo de vacas alimentadas con pastos regados en la cuenca del rio Llallimayo Melgar - Puno*. Tesis de Pregrado. Medico Veterinario y Zootecnia. UNA - Puno.
- Parra, M. (2003). *Los Residuos de Medicamentos en la Leche, problematica y estrategia para su control*. Colombia: Manual Tecnico CORPPOICA.
- Ramirez, A. (2005). *El cuadro Clinico de la Intoxicacion ocupacionalpor plomo*. Anales de la Facultad de Medicina.
- Republica, L. (2018). *Contaminacion del Rio Llallimayo*.



- Rivera, C., And, S., & Pereira, G. (2013). *Entre el Riesgo Climatico y las Transformaciones Productivas: la agricultura bajo riego como forma de adaptacion en Rio Segundo*. Cordoba - Argentina: Boletin del Instituto de Geografia.
- Rodriguez, H., Sanchez, E., Rodriguez, M., Vidales, J., Contreras, Karim, . . . Rodriguez, J. (2005). *Metales pesados en leche cruda de bovinos*. Monterrey. Mexico.
- Rodriguez, M. (2003). *Determinacion de presencia y concentracion de metales pesados en leche bronca*. Mexico: Tesis de Licenciatura. Ingeniero en Industrias Alimentarias. Facultad de Agronomia de la Universidad Autonoma de Nuevo Leon.
- Shibamoto, T., & Bjeldanes, T. (1993). *Introduction to food toxicology*. San Diego, California: Academic Press Inc.
- Shine, K., Fuglestvedt, J., Hailemariam, K., & Stuber, N. (2005). *Alternatives to the global warming potencial for comparing climate impacts of emissions of greenhouse gases*. Climatic Change.
- Tovar, O. (2002). *Guia para la Identificacion de pastos Naturales Altoandinos de Mayor importancia Ganaderia*. Instituto de Montaña.
- Tovar, O., & Oscanoa, L. (2002). *Guia para la identificacion de pastos de mayor importancia ganaderia*. Instituto de Montaña. Huaraz - Peru: Diseño e Impresion Tarea Grafica Educativa.
- Underwood, E. (2003). *Loa Minerales en la Nutricion del Ganado*. Zaragoza - Acribia: Zaragoza 3ra Edicion.
- Valdivia, & Melinda, M. (2005). *Intoxicacion por plomo*. Rev. Soc. Per. Med. Inter.
- Vuori, R., Huunan-Seppala, A., & Kilpio, O. (1979). *Biologically active metals in human tissues:II. The effect of age on the concentration of Cd in aorta, heart, kidney, liver, lung, pancreas and and akeletal mescle*. . Scand J Work Environ Health.
- Wattiaux, M. (s.f.). *Composicion de la leche y valor nutricional*. Obtenido de www.babcock.cals.wisc.edu/spanish/de/html/ch19/lactation_spn_ch19.html - 40k
- Wittmann, G. (1981). *Toxic Metals*. Berlin: Springer-Verlag.



ANEXOS

Tabla A.1: Tabla de resultados muestras de leche

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL PACIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (mg/kg)
056-01	LECHE VAC-1 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	0.0025
		PLOMO	0.0249
		CADMIO	0.0007
056-02	LECHE VAC-2 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	0.0024
		PLOMO	0.0239
		CADMIO	0.0015
056-03	LECHE VAC-3 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	0.0022
		PLOMO	0.0239
		CADMIO	0.0010
056-04	LECHE VAC-4 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	0.0023
		PLOMO	0.0080
		CADMIO	0.0011
056-05	LECHE VAC-5 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	0.0029
		PLOMO	0.0202
		CADMIO	0.0011
056-06	LECHE VAC-6 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	0.0028
		PLOMO	0.0231
		CADMIO	0.0015
056-07	LECHE VAC-7 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	0.0027
		PLOMO	0.0155
		CADMIO	0.0014
056-08	LECHE VAC-8 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	0.0027
		PLOMO	N.D.
		CADMIO	0.0014



Tabla A.2: RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE PASTO.

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL PACIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (mg/kg)
056-17	PASTO	MERCURIO	0.0001
	PAS-1 PUNO-PUNO	PLOMO	0.0164
	07/08/2018	CADMIO	0.0066
056-18	PASTO	MERCURIO	0.0040
	PAS-2 PUNO-PUNO	PLOMO	0.0850
	07/08/2018	CADMIO	0.0048
056-19	PASTO	MERCURIO	N.D.
	PAS-3 PUNO-PUNO	PLOMO	0.1429
	07/08/2018	CADMIO	0.0012
056-20	PASTO	MERCURIO	N.D.
	PAS-4 PUNO-PUNO	PLOMO	0.1666
	07/08/2018	CADMIO	0.0027
056-21	PASTO	MERCURIO	N.D.
	PAS-5 PUNO-PUNO	PLOMO	0.0088
	07/08/2018	CADMIO	0.0018
056-22	PASTO	MERCURIO	N.D.
	PAS-6 PUNO-PUNO	PLOMO	0.0316
	07/08/2018	CADMIO	0.0001
056-23	PASTO	MERCURIO	N.D.
	PAS-7 PUNO-PUNO	PLOMO	N.D.
	07/08/2018	CADMIO	0.0050
056-24	PASTO	MERCURIO	N.D.
	PAS-8 PUNO-PUNO	PLOMO	0.0712
	07/08/2018	CADMIO	0.0025



Tabla A.3: RESULTADOS DE LA MUESTRA DE AGUA

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL PACIENTE	DETERMINACION	RESULTADOS (mg/kg)
056-09	AGUA AG-1 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	0.0005
		PLOMO	0.2315
		CADMIO	0.0007
056-10	AGUA AG-2 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	0.0019
		PLOMO	N.D.
		CADMIO	0.0015
056-11	AGUA AG-3 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	N.D.
		PLOMO	0.0376
		CADMIO	0.0010
056-12	AGUA AG-4 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	N.D.
		PLOMO	0.0462
		CADMIO	0.0011
056-13	AGUA AG-5 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	0.0018
		PLOMO	N.D.
		CADMIO	0.0011
056-14	AGUA AG-6 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	N.D.
		PLOMO	N.D.
		CADMIO	0.0015
056-15	AGUA AG-7 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	0.0015
		PLOMO	N.D.
		CADMIO	0.0014
056-16	AGUA AG-8 PUNO-PUNO 07/08/2018	MERCURIO	0.0026
		PLOMO	0.0370
		CADMIO	0.0014



PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO PARA METALES PESADOS.

CADMIO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cd	24	0.35075	0.28892	69.96275

Cuadro 2: ANVA para Cadmio en agua, pasto y leche de la cuenca Llallimayo – Melgar - Puno

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.00002	2	0.00001	5.67261	0.0107
TRAT	0.00002	2	0.00001	5.67261	0.0107
Error	0.00003	21	1.7E-06		
Total	0.00005	23			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0000 gl: 21

TRAT Medias n E.E.

LECHE 0.00121 8 0.00045 A

AGUA 0.00121 8 0.00045 A

PASTO 0.00309 8 0.00045 B

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

PLOMO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pb	18	0.236545	0.134751	102.992768

Cuadro 3: ANVA para Plomo en agua, pasto y leche de la cuenca Llallimayo – Melgar - Puno

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.015654	2	0.007827	2.323767	0.1321
TRAT	0.015654	2	0.007827	2.323767	0.1321
Error	0.050523	15	0.003368		
Total	0.066177	17			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0034 gl: 15

TRAT Medias n E.E.

LECHE 0.019929 7 0.021936 A

PASTO 0.074643 7 0.021936 A

AGUA 0.088075 4 0.029018 A

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

MERCURIO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hg	15	0.1975	0.0638	42.3950

Cuadro 1: ANVA para Mercurio en agua, pasto y leche de la cuenca Llallimayo – Melgar - Puno

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.6E-06	2	1.3E-06	1.4767	0.2671
TRAT	2.6E-06	2	1.3E-06	1.4767	0.2671
Error	1.0E-05	12	8.6E-07		

Total 1.3E-05 14

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0000 gl: 12

TRAT Medias n E.E.

AGUA 0.0017 5 0.0004 A

PASTO 0.0021 2 0.0007 A

LECHE 0.0026 8 0.0003 A

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

ANEXO 2: FOTOS DE COLECTA DE MUESTRAS

FOTO 1: MUESTRA DE AGUA, LECHE Y PASTO.



FOTO 2: ENVIO DE MUESTRAS AL LABORATORIO



FOTO 3: MUESTRAS EN EL LABORATORIO YA LISTO PARA SU ANALISIS.





INFORME DE ENSAYO
N° 093-2018

Cliente : **JHON ALEXANDER VELARDE SONCCO**
Referencia USAQ : 056-09/16
Muestras : **AGUA**
Tema de Tesis : **Metales pesados en vacunos de leche alimentados con pastos regados en la cuenca del rio Llallimayo Melgar- Puno.**
Cotización : 127-128-129-130-131-2018/USAQ-FQIQ
Fecha de Recepción : 08/08/2018
Fecha de Emisión : 16/10/2018

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIÓN	RESULTADOS (mg/Kg)
056-09	AGUA AG - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	0.0005 0.2315 0.0007
056-10	AGUA AG - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	0.0019 N.D. 0.0015
056-11	AGUA AG - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	N.D. 0.0376 0.0010

Muestra Proporcionados por el Cliente.



RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIÓN	RESULTADOS (mg/Kg)
056-12	AGUA AG - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	N.D. 0.0462 0.0011
056-13	AGUA AG - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	0.0018 N.D. 0.0011
056-14	AGUA AG - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	N.D. N.D. 0.0015
056-15	AGUA AG - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	0.0015 N.D. 0.0014
056-16	AGUA AG - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	0.0026 0.0370 0.0014

Muestra Proporcionada por el Cliente.



Método: DETERMINACIÓN DE METALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA METALES GFAAS USAQ-ME-04

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.

Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendarios de entregado el Informe de Ensayo, pasado ese tiempo no se aceptarán reclamos ni devoluciones y la muestra pasará automáticamente al proceso de deshechos.

NO COPIAR

IE-092-2018 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (Página 3 de 3)



INFORME DE ENSAYO
N° 094-2018

Cliente : **JHON ALEXANDER VELARDE SONCCO**
Referencia USAQ : 056-17/24
Muestras : **AGUA**
Tema de Tesis : **Determinación de metales pesados en leche de vacas, pastos y aguas de la microcuenca del río Llallimayo Melgar - Puno**
Cotización : 127-128-129-130-131-2018/USAQ-FQIQ
Fecha de Recepción : 08/08/2018
Fecha de Emisión : 16/10/2018

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIÓN	RESULTADOS (mg/Kg)
056-17	PASTO	MERCURIO	0.0001
	PUNO	PLOMO	0.0164
	07/08/18	CADMIO	0.0066
056-18	PASTO	MERCURIO	0.0040
	PUNO	PLOMO	0.0850
	07/08/18	CADMIO	0.0048
056-19	PASTO	MERCURIO	N.D.
	PUNO	PLOMO	0.1429
	07/08/18	CADMIO	0.0012

Muestra Proporcionados por el Cliente.



RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIÓN	RESULTADOS (mg/Kg)
056-20	PASTO PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	N.D. 0.1666 0.0027
056-21	PASTO PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	N.D. 0.0088 0.0018
056-22	PASTO PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	N.D. 0.0316 0.0001
056-23	PASTO PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	N.D. N.D. 0.0050
056-24	PASTO PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	N.D. 0.0712 0.0025

Muestra Proporcionada por el Cliente.



Método: DETERMINACIÓN DE METALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA METALES GFAAS USAQ-ME-04

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.

Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendarios de **entregado el Informe de Ensayo**, pasado ese tiempo no se aceptarán reclamos ni devoluciones y la **muestra pasará automáticamente al proceso de deshechos**.

CONFIDENCIAL

IE-094-2018 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (Página 3 de 3)



INFORME DE ENSAYO
N° 092-2018

Cliente : **JHON ALEXANDER VELARDE SONCCO**
Referencia USAQ : 056-01/08
Muestras : **LECHE**
Tema de Tesis : **Metales pesados en vacunos de leche alimentados con pastos regados en la cuenca del rio Llallimayo Melgar- Puno.**
Cotización : 127-128-129-130-131-2018/USAQ-FQIQ
Fecha de Recepción : 08/08/2018
Fecha de Emisión : 16/10/2018

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIÓN	RESULTADOS (mg/Kg)
056-01	LECHE VAC – 1 PUNO - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	0.0025 0.0249 0.0007
056-02	LECHE VAC – 2 PUNO - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	0.0024 0.0239 0.0015
056-03	LECHE VAC – 3 PUNO - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	0.0022 0.0239 0.0010

Muestra Proporcionados por el Cliente.



RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS

CODIGO DE MUESTRA USAQ	CODIGO Y REFERENCIA DEL CLIENTE	DETERMINACIÓN	RESULTADOS (mg/Kg)
056-04	LECHE VAC – 4 PUNO - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	0.0023 0.0080 0.0011
056-05	LECHE VAC – 5 PUNO - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	0.0029 0.0202 0.0011
056-06	LECHE VAC – 6 PUNO - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	0.0028 0.0231 0.0015
056-07	LECHE VAC – 7 PUNO - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	0.0027 0.0155 0.0014
056-08	LECHE VAC – 8 PUNO - PUNO 07/08/18	MERCURIO PLOMO CADMIO	0.0027 N.D. 0.0014

Muestra Proporcionada por el Cliente.



Método: DETERMINACIÓN DE METALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA METALES GFAAS USAQ-ME-04

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o enmienda en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.

Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendarios de entregado el Informe de Ensayo. pasado ese tiempo no se aceptarán reclamos ni devoluciones y la muestra pasará automáticamente al proceso de deshechos.

NO COPIAR

IE-092-2018 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO (Página 3 de 3)

Figura 3.: Niveles de Cadmio en leche de vaca, pasto y agua en la microcuenca del rio Llallimayo – Melgar – Puno

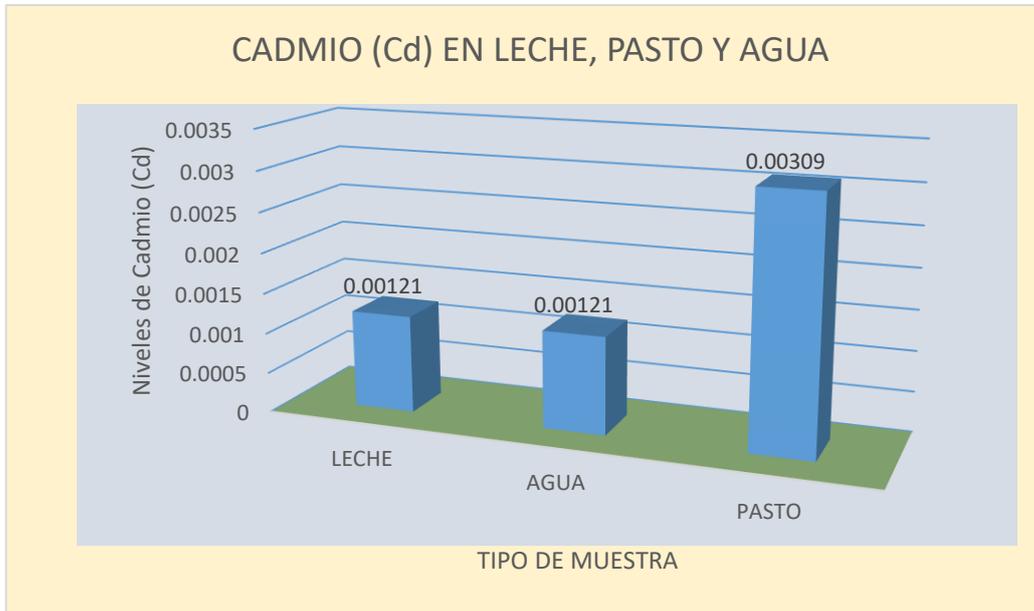


Figura 4. Niveles de Plomo en la leche de vaca, pasto y agua de la microcuenca del rio Llallimayo – Melgar - Puno

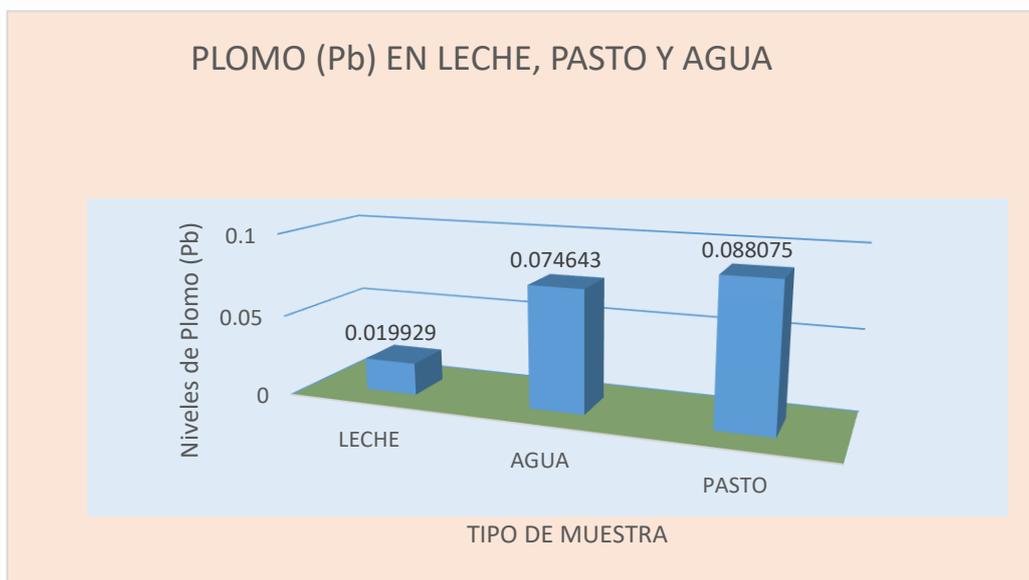


Figura 5. Niveles de Mercurio en leche de vaca, pasto y agua de la microcuenca del río Llallimayo – Melgar - Puno

