

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



**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN LECHE
Y PELO DE VACAS DE LA CUENCA DEL RIO
LLALLIMAYO MELGAR – PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. DELIA PACCO CHOQUEPATA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

PUNO – PERÚ

2018

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

TESIS

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN LECHE Y PELO DE VACAS
DE LA CUENCA DEL RIO LLALLIMAYO - MELGAR - PUNO

PRESENTADA POR:

Bach. DELIA PACCO CHOQUEPATA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA



APROBADA POR:

PRESIDENTE:

Dr. DOMINGO ALBERTO RUELAS CALLOAPAZA

PRIMER MIEMBRO:

Mg. JAPHET DEMETRIO ZAPANA PINEDA

SEGUNDO MIEMBRO:

Dr. LUIS ROQUE ALMANZA

DIRECTOR / ASESOR:

Dr. JULIO MALAGA APAZA

Área : Salud Pública

Tema : Metales pesados en leche y pelo de vaca.

Fecha de sustentación: 30/11/2018

DEDICATORIA

A mis padres Bartolomé y Dominga que desde el cielo me ilumina. A mi padre por todo el apoyo brindado en todos los momentos de mi vida.

A mis hermanos, Hugo, Julia, Juana, Agripina, Marisol y María que siempre me brindaron su apoyo.

A Fredy 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.

AGRADECIMIENTO

A la gloriosa Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano, por haberme abierto sus puertas al mundo científico, por brindarme la oportunidad de formarme en ella y consolidar mis objetivos.

Al Centro de Investigación y Producción Chuquibambilla, donde pude evidenciar el viejo refrán “la experiencia es la madre de todas las ciencias”. A sus docentes: Drs. Rolando Rojas, Rolando Alencastre, Máximo Melo y Japhet Zapana. A mis compañeros del internado, con los que compartí gratos momentos.

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 cooperaron en la realización de las pruebas del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	5
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
I. INTRODUCCIÓN	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
2.1. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1.1. LA LECHE	15
2.1.1.1. LA LECHE COMO ALIMENTO HUMANO	15
2.1.1.2. LA LECHE COMO ALIMENTO DEL TERNERO.....	15
2.1.1.3. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA LECHE	16
2.1.1.4. CALIDAD DE LECHE	17
2.1.2. PELO	18
2.2. CONCEPTO DE METALES PESADOS	18
2.2.1. ORIGEN DE LOS METALES PESADOS EN LOS SISTEMAS ACUÁTICOS.....	19
2.2.2. PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y GENERACIÓN DE METALES PESADOS .	21
2.2.3 FUENTES DE EMISIÓN Y APLICACIONES DE LOS METALES PESADOS DE MAYOR PREOCUPACIÓN.....	21
2.2.4. LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN LA SALUD.....	23
2.2.5. LOS EFECTOS DE LOS METALES PESADOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE	24
2.2.6. METALES PESADOS Y SUS IMPLICACIONES EN LA CALIDAD DEL SUELO	24
2.2.7. PRINCIPALES METALES PESADOS.....	25
2.3 CONTENIDO MÁXIMO DE METALES PESADOS	44
2.4. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA POR LA TÉCNICA DE HORNO DE GRAFITO.....	44
2.5. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	45
2.5.1. REPORTES INTERNACIONALES	45
2.5.2 REPORTES NACIONALES	50
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	56
3.1. LUGAR DE ESTUDIO	56
3.2. MUESTRAS BIOLÓGICAS.....	57
3.3. MATERIAL.....	57

3.4. EQUIPOS.....	58
3.5. RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS.....	58
3.5.1. MUESTREO DE LECHE	58
3.5.2. MUESTREO DE PELO DE VACA	58
3.6. DETERMINACIÓN DE PLOMO, CADMIO Y MERCURIO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA POR LA TÉCNICA DE HORNO DE GRAFITO Y GENERADOR DE HIDRUIOS.....	59
3.7. MÉTODO ESTADÍSTICO	62
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
4.1. METALES PESADOS EN LECHE DE VACAS ALIMENTADOS CON PASTOS REGADOS CON AGUA DEL RIO LLALLIMAYO	63
4.1.1. PLOMO	63
4.1.2. MERCURIO	65
4.1.2. CADMIO	67
4.2. METALES PESADOS EN PELO DE VACAS.....	69
4.2.1. Mercurio	69
4.2.2. Cadmio	71
4.2.3. Plomo.....	72
V. CONCLUSIONES.....	73
VI. RECOMENDACIONES	74
ANEXOS.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contribución en (%) de los distintos grupos de alimentos a la ingesta de cadmio.....	32
Figura 2. Contribución en (%) de los distintos grupos de alimentos a la ingesta de plomo.	40
Figura 3. Mapa de ubicación de la Mina Aruntani S.A.C.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido máximo de metales pesados según la Unión Europea.	44
Tabla 2. Contenido máximo de metales pesados (Cadmio, Mercurio, Plomo) en leche y pelo según la Unión Europea.....	44
Tabla 3. Niveles de concentración de plomo (mg/kg) en leche de vacas de las comunidades del distrito de Llalli y Umachiri - Puno.	63
Tabla 4. Niveles de concentración de mercurio (mg/kg) en la leche de vacas de las comunidades del distrito de Llalli y Umachiri - Puno.	65
Tabla 5. Niveles de concentración de cadmio (mg/kg) en la leche de vacas de las comunidades del distrito de Llalli y Umachiri - Puno.	67
Tabla 6. Niveles de concentración de mercurio (mg/kg) en pelo de vacas de las comunidades del distrito de Llalli y Umachiri -Puno.	69
Tabla 7. Niveles de concentración de cadmio (mg/kg) en pelo de vacas de las comunidades del distrito de Llalli-Puno.....	71
Tabla 8. Niveles de concentración de plomo (mg/kg) en el pelaje de vacas de las comunidades del distrito de Llalli-Puno.....	72

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

OMS	: Organización Mundial de la Salud
SENASA	: Servicio Nacional de Sanidad Agraria
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
ITSP	: ingesta tolerable semanal provisional
NRC	: Consejo Nacional de Investigación
EPA	: Protección medio ambiental de Estados Unidos
µg/kg	: microgramos por kilogramo
mg/kg	: miligramo por kilogramo
µg/L	: microgramo por litro
U.E.	: Unión Europea
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

Los metales pesados se refieren a cualquier elemento químico metálico que tiene una densidad relativamente alta y es tóxico o venenoso en concentraciones altas, si estas superan el límite máximo permisible se considera un problema de salud pública. El objetivo de este estudio fue determinar la concentración de metales pesados: mercurio, cadmio y plomo, en leche y pelos de vacas alimentadas con pastos regados con aguas del río Llallimayo, provincia de Melgar - Puno. Se colectaron un total de 12 muestras de leche y 12 muestras de pelos, debidamente identificados, las cuales fueron analizadas en el laboratorio de la Unidad de Servicios de Análisis Químicos (USAQ) Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Ciudad de Lima, mediante la técnica de absorción atómica con horno de grafito. Los datos obtenidos fueron analizados mediante un diseño completamente al azar. Los resultados de las concentraciones de metales pesados promedio en leche fueron: plomo 0.0256 mg/kg; mercurio 0.0022 mg/kg y cadmio 0.0012 mg/kg de leche, mientras que las concentraciones de metales pesados en pelo fueron: 0.0138mg/kg mercurio, cadmio 0.0098 mg/kg de pelo respectivamente. No se encontró presencia de plomo en las muestras de pelo de vacuno. Los resultados encontrados en este estudio indican que la concentración de metales pesados tanto en leche como en pelos de vacas alimentadas con pastos regados con aguas del río Llallimayo superan los límites máximos permisibles.

Palabras Clave: Metales pesados, leche, pelo, vaca, mercurio, cadmio, plomo

ABSTRACT

Heavy metals refer to any metallic chemical element that has a relatively high density and is toxic or poisonous in high concentrations, if these exceed the maximum permissible limit it is considered a public health problem. The objective of this study was to determine the concentration of heavy metals: mercury, cadmium and lead, in milk and hair of cows fed with pastures irrigated with waters of the river Llallimayo, province of Melgar - Puno. A total of 12 milk samples and 12 samples of hairs were collected, duly identified, which were analyzed in the laboratory of the Chemical Analysis Services Unit (USAQ) Faculty of Chemical Engineering of the National University of San Marcos de la City of Lima, using the technique of atomic absorption with graphite furnace. The data obtained were analyzed by a completely random design. The results of the average concentrations of heavy metals in milk were: lead 0.0256 mg / kg; mercury 0.0022 mg / kg and cadmium 0.0012 mg / kg of milk, while concentrations of heavy metals in hair were: 0.0138mg / kg mercury, cadmium 0.0098 mg / kg of hair respectively. No lead was found in the samples of bovine hair. The results found in this study indicate that the concentration of heavy metals in both milk and hairs of cows fed with pastures irrigated with Llallimayo river waters exceed the maximum permissible limits.

Key Words: Heavy metals, milk, hair, cow, mercury, cadmium, lead.

I. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados son de gran interés para la humanidad debido a que la presencia de éstos en el ambiente tiene efectos negativos en la salud del hombre, de los animales y de los cultivos agrícolas. La presencia de metales pesados en alimentos y, particularmente en productos lácteos, constituye un tema de actualidad debido a la contaminación de la cadena trófica involucrada y a los daños que ocasiona en la salud, la exposición crónica de estos metales en alimentos, que por lo regular se presenta en forma asintomática (Rodríguez, 2003).

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 (OMS, 2014). 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, especialmente en trabajadores de la industria del cadmio y en personas expuestas al humo del tabaco. En animales, los rangos de absorción son muy diversos, pero más bajos que en humanos. 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).

Sin embargo, en la zona no existe trabajos de investigación relacionados con la presencia de metales pesados en leche y pelo de bovinos, por lo que el presente trabajo tuvo por objetivo determinar la concentración de metales pesados en la leche y pelo de vacunos alimentados con pastos regados con aguas del rio Llallimayo Melgar – Puno.

1.1 Objetivos de la investigación

1.1.1. Objetivo general

Determinar la concentración de los metales pesados en la leche y pelaje de vacunos alimentados con pastos regados en la cuenca del rio Llallimayo Melgar – Puno.

1.1.2. Objetivos específicos

Determinar la concentración de mercurio, cadmio y plomo en la leche de las vacas alimentados con pastos regados de la cuenca del Rio Llallimayo, provincia de Melgar – Puno.

Determinar la concentración de mercurio, cadmio y plomo en el pelaje de las vacas alimentados con pastos regados de la cuenca del Rio Llallimayo, provincia de Melgar – Puno.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. LA LECHE

Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), la leche es el producto de la secreción mamaria, obtenido por uno o varios ordeños, sin adición o sustracción alguna.

La leche es una emulsión de materia grasa en una solución acuosa, que contiene numerosos elementos, unos en disolución y otros en estado coloidal; por lo tanto, la leche tiene la propiedad de ser una mezcla física y química, compuesta por agua, grasa, proteínas, azúcares, minerales, vitaminas, enzimas y algunos materiales celulares de la glándula mamaria (Veisseyre, 1980).

2.1.1.1. LA LECHE COMO ALIMENTO HUMANO

La leche es un alimento de gran valor nutricional, con un contenido compensado de aminoácidos, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales, y bajo contenido de gérmenes patógenos, de células somáticas, con ausencia de cuerpos extraños y con sabor y olor normales. La leche es una fuente excelente de la mayoría de minerales requeridos para el crecimiento del lactante y para el mantenimiento de la integridad de los huesos en el adulto (Parra y col., 2003).

2.1.1.2. LA LECHE COMO ALIMENTO DEL TERNERO

La leche posee las inmunoglobulinas que el ternero necesita para defenderse de los organismos infecciosos (virus, bacterias, etc). La

concentración de inmunoglobulinas en el calostro es un factor muy importante para asegurar un nivel adecuado de inmunoglobulinas séricas, en el ternero recién nacido. El calostro debe ser suministrado al ternero lo más pronto posible después del nacimiento, pues su capacidad de absorción decrece casi a cero a las 36 horas de edad. Las inmunoglobulinas son estables en el torrente circulatorio del ternero por 60 días, otorgando protección, hasta que el sistema inmune es funcional. El calostro puede almacenarse congelado para dárselo a otros terneros (Wattiaux, 2003).

2.1.1.3. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA LECHE

La Leche es el alimento más completo para el ser humano, por sus incomparables características nutricionales. Contiene proteínas, diversas vitaminas y minerales imprescindibles para la nutrición humana y es la fuente por excelencia de calcio.

a. Agua

Es un fluido bastante complejo, formado por a 87% de agua y 13% de sólidos o materia seca total.

b. Sólidos totales

Está formada por los compuestos sólidos de la leche: Proteínas de la leche, cada 100g de leche fresca de vaca aporta 3.1g de proteínas, carbohidratos de la leche en 100 g en leche fresca se encuentra 4.9 g de lactosa, los lípidos de la leche están representado por 98% de triglicéridos y 2% de fosfolípidos esfingolipidos y colesterol. Minerales

de la leche contiene distintos minerales, pero destaca el calcio que en 100g nos aporta 106 mg de calcio, 3 vasos de leche cubren el requerimiento de calcio en la mayoría de edades. Otra ventaja es que pocos alimentos aportan cantidades tan elevadas de este mineral y además de buena asimilación, otros minerales que aporta en cantidades significativas son fósforo, magnesio, potasio y zinc y entre las vitaminas de la leche destacan las del complejo B (tiamina, riboflavina, niacina y ácido fólico) también aporta vitamina A (retinol) y vitamina D. Estas últimas son vitaminas solubles en grasa de tal manera que al ser descremadas estas vitaminas se eliminan. Sin embargo, la industria las enriquece agregándoles ambas vitaminas. (Veisseyre, 1980).

2.1.1.4. CALIDAD DE LECHE

La calidad es determinada por las características físico-químicas y bacteriológicas que determinan la composición de los productos. Una leche de buena calidad debe reunir las siguientes características: adecuada composición (contenidos de proteína, grasa, sólidos totales, minerales y vitaminas), no contener un número excesivo de microorganismos (<50.000 UFC/ml), estar libre de sustancias extrañas (calostro, sedimentos) y de residuos químicos e inhibidores (antibióticos, pesticidas y otros), ausencia de cuerpos extraños y de agentes patógenos (brucelosis, tuberculosis, paratuberculosis y salmonella, entre otros), y poseer adecuadas características organolépticas (sabor y olor normales) (Cabrera y col., 2003; Cotrino y Gaviria, 2003).

La calidad de la leche depende de las condiciones climáticas y de los factores fisiológicos normales de los animales que la producen, de factores genéticos, de la nutrición y salud de las vacas, de las condiciones en que se ordeña, y del manejo dado al producto hasta llegar al consumidor. La calidad de la leche puede estar afectada igualmente por el contenido de residuos de origen químico (Parra y col., 2003).

2.1.2. PELO

El pelo es un filamento cilíndrico, delgado y de naturaleza córnea, que nace y crece entre los poros de la piel de casi todos los mamíferos. El conjunto de los filamentos es lo que conformará por ejemplo el pelaje de un gato, de un perro, entre otros animales. También, la palabra pelo se emplea para designar al filamento que disponemos los seres humanos, principalmente en la cabeza y en otras partes del cuerpo. El pelo es una continuación de la piel cornificada, conformada por una fibra de queratina y constituida por una raíz o un tallo (Wattiaux, 2003).

2.2. CONCEPTO 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 (Wittmann, 1981).

2.2.1. ORIGEN DE LOS METALES PESADOS EN LOS SISTEMAS ACUÁTICOS

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. 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 (Eróstegui, 2009).

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).

2.2.2. PRINCIPALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y GENERACIÓN DE METALES PESADOS

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, 2009).

2.2.3 FUENTES DE EMISIÓN Y APLICACIONES DE LOS METALES PESADOS DE MAYOR PREOCUPACIÓN

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.

- 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 (Astorga y col., 2010).

2.2.4. LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN LA SALUD.

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 el 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 tiene 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, parestias, 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, 2009).

2.2.5. LOS EFECTOS DE LOS METALES PESADOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Los efectos de los metales pesados 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, 2009).

2.2.6. METALES PESADOS Y SUS IMPLICACIONES EN LA CALIDAD DEL SUELO

La sociedad actual ha provocado y continúa provocando cambios sobre el medio ambiente. Diversas actividades (industria, agricultura, construcción, etc.) llevan a cabo la explotación de recursos, ejerciendo sin duda una presión clara sobre casi todos los ecosistemas con los que entran en contacto directo o indirecto (aire, agua, suelo). Llegados

a este punto, los organismos pertinentes mediante los canales adecuados, deben ser capaces de ofertar a las correspondientes administraciones (estatales, regionales y locales) la información precisa para que sea factible conseguir una sostenibilidad del medio ambiente, haciendo compatible la explotación de determinados recursos con la mencionada sostenibilidad. Todo lo expuesto se puede expresar mediante un conjunto de indicadores de sostenibilidad, los cuales estarán marcados por índices de presión estado, respuestas (García y col., 2010)

2.2.7. PRINCIPALES METALES PESADOS

2.2.7.1. 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 (Méndez, 2002).

2.2.7.1.1. 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)

2.2.7.1.2. 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 metalotioneína. 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 y 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).

2.2.7.1.3. 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 tioles 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).

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 y col., 1979).

2.2.7.1.4. 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).

2.2.7.1.5. 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 (Lars, 2003)

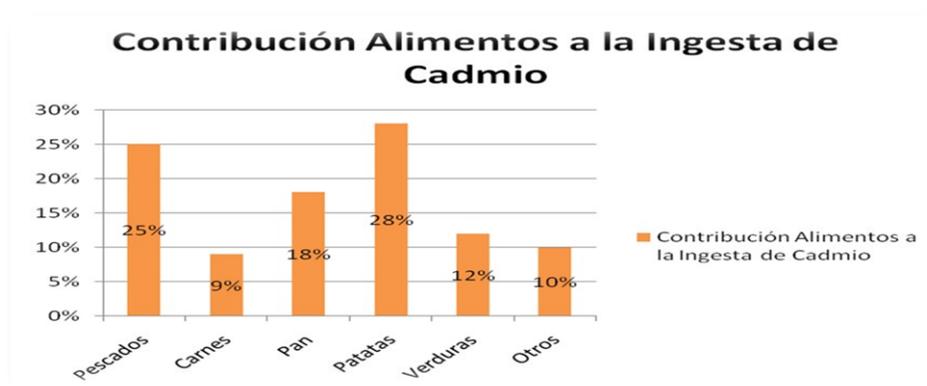


Figura 1. Contribución en (%) de los distintos grupos de alimentos a la ingesta de cadmio

2.2.7.2. 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).

2.2.7.2.1. 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).

2.2.7.2.2. 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).

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 (Córdoba, 2006; Ramírez, 2005).

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 μm , 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 μm) así como por el volumen y la frecuencia respiratoria (Valdivia, 2005; Ramírez, 2005).

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).

2.2.7.2.3. 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 tóxico (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)

2.2.7.2.4. 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; Nordberg, 2007) 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-glutación. 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).

2.2.7.2.5. 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.*, 2009).

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).

2.2.7.2.6. 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 (Valdivia, 2005).

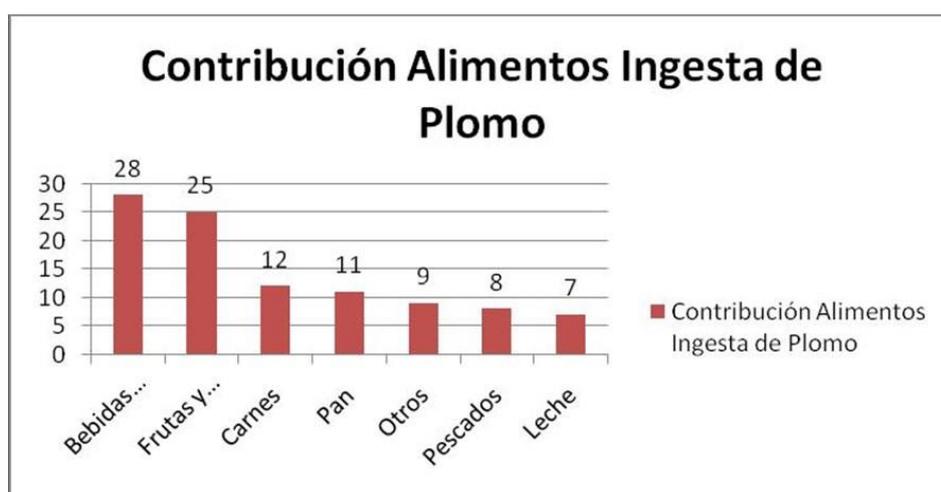


Figura 2. Contribución en (%) de los distintos grupos de alimentos a la ingesta de plomo.

2.2.7.3. 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 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 elementales es el único metal líquido al que se le conocen múltiples efectos tóxicos dependiendo del desarrollo normal del cerebro de los lactantes e incluso en altas concentraciones puede causar modificaciones neurológicas en los adultos (Méndez, 2002).

Los estudios realizados 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).

2.2.7.3.1. 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.(11) 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, aminas, 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.(9) 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).

2.2.7.3.2. TOXICODINÁMIA 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 túbulos 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 5. 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 5. 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).

2.3 CONTENIDO MÁXIMO DE METALES PESADOS

Tabla 1. Contenido máximo de metales pesados según la Unión Europea.

Metales	Carne de vacunos, Ovinos, cerdos y aves (mg/dL)	Riñón de vacunos, Ovinos y cerdos (mg/dL)	Hígado de vacunos, Ovinos y cerdos (mg/dL)
Mercurio	1.0		
Cadmio	0.05	1.0	0.5
Arsénico	0.05	2.5	1.25
Plomo	0.10	0.5	0.5

Fuente: Unión Europea

Tabla 2. Contenido máximo de metales pesados (Cadmio, Mercurio, Plomo) en leche y pelo según la Unión Europea.

PRODUCTO	Indicador	Contenido máximo (mg / Kg)
Metales pesados (Pb, Hg y Cd) en la leche	PLOMO	0,02
	MERCURIO	0.005
	CADMIO	0.01
Metales pesados (Pb, Hg y Cd) en pelo	PLOMO	0.02
	MERCURIO	0.01
	CADMIO	0.01

Fuente: Unión Europea

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

Es una de las formas de EAA de mayor sensibilidad (permite detectar concentraciones hasta 1000 inferiores que las detectables con llama), siendo por tanto muy útil en el análisis de ultra trazas. Otra 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).

2.5. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.5.1. REPORTES INTERNACIONALES

“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 (Ayala y Romero, 2013).

“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 (Moreno, 2018).

“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 (Medina y col. 2013).

“Metales pesados en leche cruda de bovino”. Se determinó el contenido de plomo, cadmio, cobre y zinc en 120 muestras de leche cruda pertenecientes a 5 establos ubicados en municipios del noreste de Nuevo León, México. En todos los establos evaluados se detectó la presencia de plomo, cadmio, cobre y zinc. Los intervalos de concentración para plomo oscilaron entre 0.8714 y 0.5998 mg/kg y para cadmio entre 0.3142 y 0.2794 mg/kg, que superan los niveles máximos permisibles establecidos por normas internacionales para leche cruda de bovino. La concentración de cobre fluctuó entre 0.3968 y 0.4816 mg/kg y de zinc osciló entre 3.199 a 4.0177 mg/kg por lo que ambos metales se presentaron dentro de los parámetros tolerables permitidos (Rodríguez, 2002).

“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 (Molina, 2015).

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 polución ambiental causada por la actividad artesanal minera en oro en la selva amazónica, (Martínez y col., 2009).

2.5.2 REPORTES NACIONALES

“Determinación de metales tóxicos en leche de ganado bovino en el ámbito de la microcuenca lechera de Umachiri, región Puno”. 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 (Bárcena, 2011).

En un estudio realizado con muestras de dos épocas desde La Rinconada, Crucero, Progreso, Azángaro y Taraco (cuenca de río Ramis) encontraron los niveles de concentración de mercurio en cabello humano menores al límite de determinación 0.02 mg/kg. Similares resultados obtuvieron en la leche cruda de vacas, que los niveles de mercurio están por debajo del Límite de Determinación establecido como 0.02, mg/kg; además los investigadores mencionan que las concentraciones se aproximan a cero por cuanto no fue posible determinar un valor. Asimismo, en la trucha reportan los niveles de mercurio menores a 0.030 mg/kg, este valor es muy por debajo de los valores permisibles que señala la legislación española, porque los niveles máximos permitidos oscilan de 0.5 a 1 mg/kg (Rodríguez, *et al.*, 2005).

“Presencia de metales pesados (Hg, As, Pb y Cd) en agua y leche en la cuenca del río Coata 2015” el objetivo fue determinar la relación de metales pesados (Hg, As, Pb y Cd) en agua y leche de la cuenca del río Coata 2015. El tipo de estudio fue de tipo transversal, el método que se aplicó fue EPA por espectrofotometría de absorción atómica-llama, se analizó seis muestras de agua y seis muestras de leche a través de la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia, para la prueba de hipótesis se aplicó correlación de rangos o de Spearman. Las concentraciones de mercurio en agua fueron inferiores a 0.00020mg/l, la concentración promedio de arsénico fue 0.048mg/l, en el caso del plomo

la concentración promedio fue de 0.014mg/l y en el análisis de cadmio los resultados fueron inferiores a 0.00050mg/l ninguno de los metales pesados analizadas en muestras de agua superan los estándares nacionales de calidad ambiental para bebida de animales y riego de vegetales de consumo crudo establecidos por el ministerio del ambiente Peruano. En el análisis de la leche los valores promedio de mercurio fue de 0.0028mg/l el cual no supera el límite máximo permisible (0.005mg/kg fijado por la norma técnica Ecuatoriana) mientras que en el caso del arsénico se obtuvo un promedio de 0.43mg/l supera el límite máximo permisible (0.015mg/kg fijado por la norma técnica Ecuatoriana) y Plomo con concentraciones promedio de 0.21mg/l supera el límite máximo permisible (0.020mg/kg, fijado por codex alimentarius y la Unión Europea) y cadmio con promedio de 0.0037 mg/l el cual no supera el límite máximo permisible (0.010mg/kg fijado por la norma técnica de Rumana) (Chata, 2015).

Contaminación minera en Perú: informe médico reveló presencia de metales pesados en menores.

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). 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

El cadmio es un metal pesado cancerígeno y sí tiene un estándar establecido por el Ministerio de Salud (MINSA, 2005) 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 Osoreo.

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 Osoros.

El mercurio fue un metal que se analizó en sangre, orina y pelo en el estudio médico. El autor de la investigación explicó que fue necesario el examen en cabello porque ahí se encuentra el mercurio “más letal”, el inorgánico, aunque el orgánico también es dañino para la salud humana. Además, el médico agregó que “el impacto es irreversible. Al mercurio se le conoce como el metal que destruye el cerebro porque va deteriorándolo y por eso sus principales efectos atentan contra el sistema nervioso”.

Según el estándar de la Organización Mundial de la Salud (OMS) el estándar permisible de mercurio en pelo es entre 1 a 2 ug/g (microgramo por gramo), mientras que el Instituto Carnegie afirma que debe ser menor a 1ug/g bajo 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 Perú. Todos los niños analizados tuvieron presencia de mercurio en su cabello, aunque no superaron el estándar dispuesto por la OMS, pero no olvidemos que los estándares son solo eso,

estándares, 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”, manifestó el médico (López, 2017)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizó en los distritos de Umachiri y Llalli 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 mencionada provincia, geográficamente se ubica en las coordenadas: 14° 56' 51.9" S, 70° 52' 49.4" O, con temperatura mínima de 6.8°C, máxima de 22.2 °C, teniendo una precipitación anual de 697.03mm y a una altitud de 3980 msnm, se encuentra a una distancia de 44 km de la ciudad de Ayaviri. El distrito de Umachiri es uno de los 9 distritos de la provincia de Melgar, geográficamente se ubica en las coordenadas 14° 51' 12" S, 70° 45' 12" O, temperatura mínima de 5.4°C, máxima de 23.5 °C, teniendo una precipitación anual de 850mm y a una altitud de 3923 msnm.

Las comunidades mencionadas de estos 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.

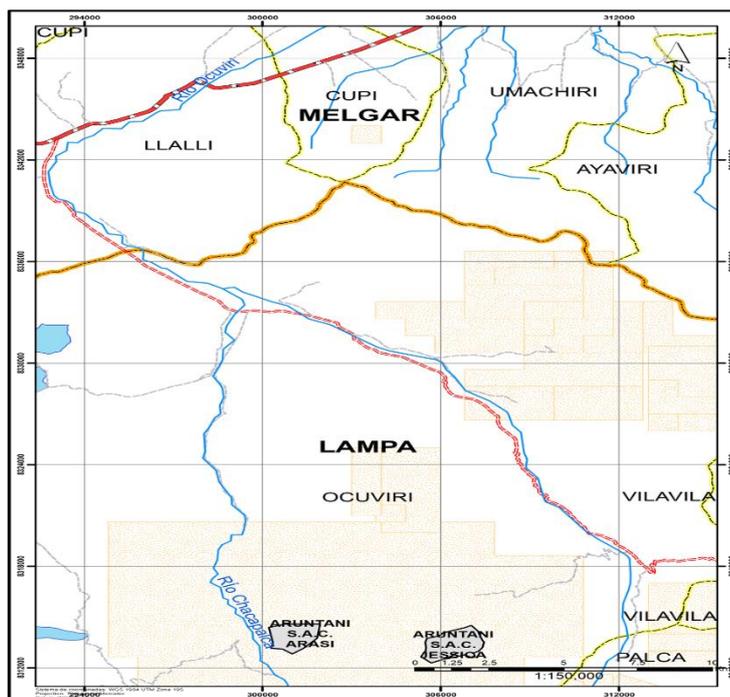


Figura 3. Mapa de ubicación de la Mina Aruntani S.A.C.

3.2. MUESTRAS BIOLÓGICAS

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se recolectaron muestras de las comunidades de Parina, Checcasica del distrito de Llalli y Sora, Miraflores del distrito de Umachiri que fueron un total de 12 muestras de leche fresca cruda y 12 muestras de pelo de vaca, proveniente de diferentes vacas.

3.3. MATERIAL.

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
- Escobilla para pelo
- Caja de tecnopor

- Hielo
- Gel
- Guantes

3.4. EQUIPOS

- Horno microondas multiware 3000-Anton
- Lámpara EDL(As.PI.Cd)
- Grafito longitudinales
- Lámpara de Hg

3.5. RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS

3.5.1. MUESTREO DE LECHE

En coordinación con los productores de las comunidades checcasica, Parina del distrito de Llalli y las comunidades de Sora, Miraflores del distrito de Umachiri, se recolectaron 12 muestras de leche empleando un recipiente de 500 ml las que fueron depositadas en botellas de plástico limpios y estériles debidamente rotulados (código, lugar y numero de parto). 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 Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de la Ciudad de Lima.

3.5.2. MUESTREO DE PELO DE VACA

Se recolectaron 12 muestras de pelo de vaca de diferentes partes del cuerpo aproximadamente 100 gr. con la ayuda de un escobillón 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.

3.6. DETERMINACIÓN DE PLOMO, CADMIO Y MERCURIO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA POR LA TÉCNICA DE HORNO DE GRAFITO Y GENERADOR DE HIDRUROS

MUESTRA: LECHE Y PELAJE DE VACA

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.
- Embudo de líquidos.

Equipos

- Equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-6800
- Horno de grafito GFA-EX7
- Inyector automático, Autosampler ASC-6100
- Computadora
- Plancha térmica, Marca CAT Modelo H30/45
- Balón de Argón, 99.999% de pureza
- Balanza analítica SHIMADZU AUW120 d: 0.1mg

Preparación de las muestras de leche:

- Se agito bien la muestra de leche y se procedió a pesar en un crisol limpio y seco.

- Con la ayuda de una pipeta Pasteur de plástico de 10 mL se pesó 25 gr de leche.
- Se llevó a la estufa a una temperatura de de HNO₃: a 2N en una plancha de calentamiento hasta lograr la deshidratación. 40°C hasta lograr la sequedad.
- Luego se llevó a digestión acida con 10ml
- Seguidamente, se colocó a la mufla 400°C por 8 horas hasta que se haga cenizas, retirar de la mufla y dejar enfriar.
- Posteriormente se agregó 10 mL de HNO₃ a 2N y se puso a la plancha de calentamiento hasta lograr la deshidratación y por 8 horas más poner nuevamente a la mufla a 400°C.
- Luego se enfrió, para posteriormente disolver en agua y filtrar con un filtro Whatman Nro. 40 en una fiola de 25 mL y enrazar con agua desionizada.
- Se preparó simultáneamente un blanco digerido sustituyendo la muestra por agua ultrapura y realizar la digestión como se ha descrito anteriormente.

Preparación de la muestra de pelo de vaca

- Para iniciar su preparación, se pesó 1gr. de pelo de vaca 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 a 2 N y se llevará a calentar en una plancha eléctrica hasta sequedad.
- Luego de enfriado, llevar nuevamente a la mufla a una temperatura 400°C por 8 horas.
- Agregar nuevamente 5 mL HNO₃ a 2 N hasta su calcinación, presentando un color blanco y disolver en agua desionizada y proceder a filtrar mediante

un filtro Whatman Nro. 40 en una fiola de 25 mL y enrazar con agua desionizada.

- Preparar simultáneamente un blanco digerido sustituyendo la muestra por agua ultrapura y realizar la digestión como se ha descrito anteriormente.

3.7. MÉTODO ESTADÍSTICO

La información obtenida fue analizada e interpretada utilizando medidas de tendencia central y de dispersión.

Se utilizó como medida de tendencia central el promedio aritmético y como medidas de dispersión se utilizó la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra.

x-bar = Media aritmética de la muestra.

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \cdot 100\%$$

Donde:

CV = Coeficiente de variación.

σ = desviación estándar de la población.

μ = media aritmética de la población.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. METALES PESADOS EN LECHE DE VACAS ALIMENTADOS CON PASTOS REGADOS CON AGUA DEL RIO LLALLIMAYO

En la tabla 3, se muestra el promedio de concentración de plomo en la leche de vaca.

4.1.1. PLOMO

Tabla 3. Niveles de concentración de plomo (mg/kg) en leche de vacas de las comunidades del distrito de Llalli y Umachiri - Puno.

METALES	N	PROMEDIO	D.S.	(CV)
Plomo	12	0.0256	0.0053	20.70

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 3, se observa el promedio de concentración de plomo en leche de vacas alimentadas con pastos regados con agua del río de la cuenca Llallimayo que derivan desde zonas con actividad minera; en donde se encontró 0.0256 mg de plomo/kg de leche de vaca.

Los valores encontrados en el presente estudio, en el caso de plomo, supera el límite máximo permisible. Según estándares de permisibilidad de la Unión Europea, el plomo no debe superar el 0.02 mg/kg de leche (Chata, 2015).

Un estudio realizado por (Bárcena, 2011) en Umachiri – Puno, reportó concentraciones de plomo en leche 638 veces superior al límite máximo permisible, es decir a 0.020 mg/kg de leche. En contraste con nuestro estudio es mucho mayor la concentración encontrada; no obstante que, esta superioridad se debe al uso de agua para el riego de pasturas cultivadas provenientes del desvío del río Llallimayo que pudo

contaminarse por el empleo de maquinarias que trabajan las 24 horas en la actividad minera.

La investigación realizada por (Moreno, 2018), en metales pesados en leche de vacas alimentadas con alfalfa producida en suelos irrigados con aguas residuales en Puebla y Toxacla, México, determinó que la concentración de plomo fue 0.039, siendo un valor superior al límite internacional permitido, este resultado obtenidos es mucho mayor a lo obtenido en nuestro estudio que también supera el límite máximo permisible establecido por la Unión Europea, esta diferencia puede deberse al tiempo de irrigación de la alfalfa con las aguas residuales de procedencia industrial, además que las plantas de alfalfa tienen gran capacidad acumuladora de metales pesados, la acumulación más alta de plomo se da en las hojas y estos al ser consumidos por los rumiantes se concentran más en los huesos largos y pueden ser movilizados a la leche de las vacas principalmente después del parto y también podría ser por el muestreo que se realizó en dos épocas del año.

En la revisión de otra investigación realizada por (Rodríguez, 2002), en metales pesados en leche cruda de bovino de cinco establos del noreste de Nuevo León, México; el cual obtuvo los resultados en los intervalos de concentración para plomo que oscilaron entre 0.8714 y 0.5998 mg/kg, que superan los niveles máximos permisibles establecidos por normas internacionales para leche cruda de bovino, en relación a los resultados de nuestra investigación, estos datos obtenidos son demasiados altos, esta variación de contenido de minerales en la leche de bovino puede estar influido por factores tan variados como el agua de bebida del animal,

los forrajes y/o el alimento balanceado, y la época del año; además de factores como la técnica y/o el método de análisis de los metales.

En nuestro medio la investigación realizada por (Chata, 2015) en la cuenca del río Coata, reporta el promedio de concentración de plomo 0.21mg/l, el cual superan el límite máximo permisible fijados por la comisión Codex y la Unión Europea. En comparación al estudio que realizamos estos datos son casi similares al que obtuvimos, dicha diferencia puede ser debido a que el Pb ingerido por la vía oral por las vacas es absorbido cuando hay deficiencia de proteínas y micronutrientes como el hierro, calcio y zinc, el cual sería la causa de la concentración de este metal en la leche de vaca.

4.1.2. MERCURIO

En la tabla 4, se muestra el promedio de concentración de mercurio en la leche de vaca.

Tabla 4. Niveles de concentración de mercurio (mg/kg) en la leche de vacas de las comunidades del distrito de Llalli y Umachiri - Puno.

METALES	N	PROMEDIO	D.S.	(CV)
Mercurio	12	0.0022	0.0004	18.80

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 4, se observa el promedio de concentración de mercurio que es de 0.0022 mg de Hg/kg en muestras de leche de vacas alimentadas con pastos regados con aguas de la cuenca del río Llallimayo. No obstante que, las concentraciones de mercurio encontrados en este trabajo de investigación no superan los límites máximos permisibles, según los

estándares de la Unión Europea, quien indica que los valores de mercurio no deben ser mayores a 0.005 mg/kg de leche (Ayala; 2013). Igualmente, estudio realizado por (Moreno, 2018) en Puebla – México, reporta que las concentraciones de mercurio en leche 0,0039 mg/kg de leche, el cual no superan los límites máximos permisibles de 0.005 mg/kg, en comparación a nuestro trabajo estos valores son un tanto superiores, pero que tampoco superan los límites máximos permisibles, tal vez esta diferencia radica en que el caso de Moreno utilizó aguas residuales de procedencia industrial y/o servidas.

Por otro lado, un estudio realizado en presencia de metales pesados (arsénico y mercurio) en leche de vaca al sur de Ecuador (Romero, 2013) encontró un resultado que excede en 2.2 veces a los valores establecidos por la U.E. En comparación a nuestro trabajo estos valores son casi el triple de nuestros resultados obtenidos, esta diferencia pudo ser porque las muestras fueron obtenidas en diferentes mercados las cuales son provenientes de zonas contaminadas.

En una investigación realizada por (Chata, 2015), en la cuenca del río Coata, reporta el promedio de concentración de Mercurio 0.0028mg/l, por presentar mínimas cantidades no supera la norma técnica ecuatoriana para muestras de leche; con respecto a nuestra investigación también es similar a lo obtenido por esta investigadora el cual no supera el límite máximo permisible, estos resultados obtenidos tal vez pudo ser porque el mercurio es uno de los metales que ingresa al organismo a través de los alimentos se absorbe del 90 al 95% en el tracto gastrointestinal es

hidrosolubles y liposoluble lo que contribuiría en su almacenamiento en los tejidos del animal y el hombre, por lo cual su liberación es muy lenta.

4.1.2. CADMIO

En la tabla 5, se muestra el promedio de concentración de cadmio en la leche de vaca.

Tabla 5. Niveles de concentración de cadmio (mg/kg) en la leche de vacas de las comunidades del distrito de Llalli y Umachiri - Puno.

METALES	N	PROMEDIO	D.S.	(CV)
Cadmio	12	0.0012	0.0003	25.00

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 5, se observa el promedio de concentración de cadmio que es de 0.0012 mg de Cd/kg en las muestras de la leche de vaca alimentadas con pastos regados con agua del río de la cuenca Llallimayo. Por otro lado, las concentraciones de cadmio encontrados en el estudio, no superan los límites máximos permisibles, según los valores indicados por la Unión Europea, el cadmio no debe ser superior a los 0.01 mg/ kg de leche.

En un estudio realizado en la micro cuenca de Umachiri (Bárcena, 2011), las concentraciones de cadmio superan los límites máximo permisibles en 45 veces por encima de sus niveles normales, es decir a 0.01 mg/kg de leche. En comparación con nuestro trabajo es mucho menor la concentración encontrada, tal vez pudo influir la cantidad de muestras que tuvimos a comparación del estudio realizado por este autor.

Investigación realizado por Moreno, 2003, en Metales pesados en leche de vacas alimentadas con alfalfa producida en suelos irrigados con aguas residuales en Puebla y Tlaxcala, México, reporta la concentración de cadmio 0.002 mg/kg de leche el cual no supera el límite máximo permisibles propuesta por la unión europea, en relación al estudio que realizamos difieren en una mínima cantidad con dicho trabajo, dicha diferencia puede ser por que las vacas son alimentados con alfalfa regados con aguas residuales procedentes de la industria por muchos años, además al cadmio se le considera con buena movilidad por la importancia tóxica que representa, y por ser altamente soluble en agua, los residuos de cadmio se acumula principalmente en riñones e hígado por ahí que la eliminación sea por la vía urinaria, y por eso que no se encontró la concentración de cadmio superior al límite máximo permisible en la leche de vaca.

Por otro lado, un estudio realizado en metales pesados en leche cruda de bovino en el estado Nuevo León, México (Rodríguez, 2003) encontró un resultado de 0.2965 superior al límite máximo permisible, en relación a nuestro trabajo de investigación esto es mucho mayor a lo obtenido, el cual no supera el límite máximo permisible, dichos resultados obtenidos por el investigador tal vez sea por los suelo contaminados; los lodos residuales, los fertilizantes químicos y plaguicidas empleados en agricultura, el uso de materiales durante el ordeño, almacenamiento y transporte de la leche, así como la contaminación por metales pesados de los alimentos y el agua que ingieren los bovinos afectan la calidad, sin

embrago las muestras de nuestro estudio fueron recogidas directo después de haber sido ordeñado la vaca.

4.2. METALES PESADOS EN PELO DE VACAS

4.2.1. Mercurio

En la tabla 6, se muestra el promedio de concentración de mercurio en pelo de vaca.

Tabla 6. Niveles de concentración de mercurio (mg/kg) en pelo de vacas de las comunidades del distrito de Llalli y Umachiri -Puno.

METALES	N	PROMEDIO	D.S.	V.E.
Mercurio	12	0.0138	0.0028	20.29

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 6, observamos el promedio de concentración de mercurio en 0.0138 mg de Hg/kg de pelo en vacas pastoreadas en pastos regados con agua del río de la cuenca Llallimayo contaminada por actividad minera. Los valores encontrados en el estudio, en el caso de mercurio, supera el límite máximo permisible. Según estándares de permisibilidad de la Unión Europea, el mercurio no debe superar el 0.01 mg/kg de leche

Por otro lado, una investigación publicada por López, (2017). de la Contaminación minera en Perú: informe médico reveló presencia de metales pesados en menores. Según el estándar permisible de la Organización Mundial de la Salud (OMS) el estándar permisible de mercurio en pelo es entre 1 a 2 ug/g (microgramo por gramo), mientras que el Instituto Carnegie afirma que debe ser menor a 1ug/g bajo el consumo de pescado (mejor estándar). , Estos resultados obtenidos en los reportes nos permite deducir que en nuestra investigación realizada

en los distritos de Llalli y Umachiri de la provincia de Melgar, la concentración de mercurio en pelo de vacas es de: 0.0138 mg/ kg el cual nos indica que supera el límite máximo permisible, el cual indica (UE), pero esta contaminación con mercurio por la extracción de oro en la zona estaría afectando a los vacunos en su producción, causando la mortalidad en terneros, debido a que los animales estarían bebiendo aguas de los ríos y canales de riego provenientes del proceso de obtención de oro, igualmente comiendo pastos que han sido regados por estas mismas aguas; por tanto, refleja el bioindicador en las muestras estudiadas.

En un estudio realizado por (Molina, 2015) en “Análisis de arsénico y metales pesados (cadmio, manganeso, mercurio y plomo) en orina y cabello de población infantil residente en Huelva”, dieron la concentración de mercurio; 0.0132 el cual 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 superan el límite máximo permisible, además que los datos obtenidos en la investigación son casi similares a lo obtenido en nuestro estudio, esto puede deberse a que los niños beben directamente las aguas de los pozos o manantiales, y en el caso nuestro el mercurio tiene mayor concentración en los pastos cultivados y estos al ser consumido por las vacas son depositadas en los huesos largos y posteriormente distribuidos al organismo

4.2.2. Cadmio

En la tabla 7, se muestra el promedio de concentración de cadmio en pelo de vaca.

Tabla 7. Niveles de concentración de cadmio (mg/kg) en pelo de vacas de las comunidades del distrito de Llalli-Puno.

METALES	N	PROMEDIO	D.S.	C.V.
Cadmio	12	0.0098	0.0068	69.39

FUENTE: Elaboración propia

En la tabla 7, observamos el promedio de concentración de cadmio en 0.0098 mg de Cd/kg de pelo en vacas pastoreadas en pastos regados con agua del río de la cuenca Llallimayo contaminada por actividad minera. Por otro lado, las concentraciones de cadmio encontrados en el estudio, no superan los límites máximos permisibles, según los valores indicados por la Unión Europea, el cadmio no debe ser superior a los 0.01 mg/ kg de pelo.

Un estudio realizado en “Análisis de arsénico y metales pesados (cadmio, manganeso, mercurio y plomo) por (Molina, 2015), en orina y cabello de población infantil residente en Huelva”, dieron la concentración de cadmio; 0.00050, el cual no supera el límite máximo permisible de acuerdo a los estándares permisibles, con respecto a nuestro trabajo de investigación también los resultados obtenidos no superan el límite máximo permisible, además que los datos obtenidos en la investigación son casi similares a lo obtenido en nuestro estudio, esto puede deberse a que el cadmio es un metal toxico no esencial.

4.2.3. Plomo

En la tabla 8, se muestra el promedio de concentración de plomo en pelo de vaca.

Tabla 8. Niveles de concentración de plomo (mg/kg) en el pelaje de vacas de las comunidades del distrito de Llalli-Puno.

METALES	N	PROMEDIO	D.S.	V.E.
Plomo	12	N.D.	-----	-----

FUENTE: Elaboración propia

Resultados que se observa en la tabla 15, refiere que el promedio de concentración de plomo no se detectó en la muestra de pelo de vaca.

En la investigación realizada por (Molina, 2015), en “Análisis de arsénico y metales pesados (cadmio, manganeso, mercurio y plomo) por, en orina y cabello de población infantil residente en Huelva”, dieron la concentración de plomo 0.0027 mg/kg el cual no supera el límite máximo permisible de acuerdo a los estándares permisibles de la Unión Europea que son como máximo de 0.005 mg/ kg de pelo, En comparación a nuestro estudio no se encontró la concentración promedio de plomo. Esta diferencia se debería al efecto de precipitaciones entre los dos ecosistemas; ya que, en la cordillera occidental, donde se ubica la ciudad de Oruro posee la menor precipitación pluvia; mientras la cordillera oriental donde se ubica Ananea presenta un promedio de 780 mm³ /año; lo cual permite el mayor arrastre de este metal tóxico a nivel del suelo hacia parte baja de la cordillera.

V. CONCLUSIONES

En comunidades de Checcasica, Parina del distrito de Llalli y las comunidades de Sora, Miraflores del distrito de Umachiri, de la provincia de Melgar, departamento de Puno, en muestras de leche de vacas alimentados con pastos regados con agua de la cuenca del río Llallimayo, se encontró plomo de 0.0256 mg de Pb/ kg de leche, mercurio 0.0022 mg/kg y de 0.0012 mg/kg de cadmio.

De las comunidades de Checcasica, Parina del distrito de Llalli y las comunidades de Sora, Miraflores del distrito de Umachiri, de la provincia de Melgar, departamento de Puno; en muestras de pelo se encontró concentraciones promedio de 0.0138 mg de Hg, promedio de concentración de cadmio 0.0098 mg/kg y no se encontraron concentraciones de plomo en las muestras de pelo.

VI. RECOMENDACIONES

Extender las investigaciones en el análisis de suelo, forraje, flora acuática, análisis de sangre y también realizar análisis de metales pesados en carne de vacunos en la cuenca del río Llallimayo.

Las instituciones pertinentes, centros de salud, oficinas de medio ambiente y zoonosis deben de Implementar estrategias de vigilancia de metales pesados.

A todos los investigadores que quieran abordar el tema, deben reunirse con los productores antes de tomar decisiones y con otras entidades comprendidas en la materia para que de esta manera puedan solucionar los problemas que aquejan a los pobladores de estas zonas donde se realiza la actividad minera.

VII. REFERENCIAS

- Adriano, D. (1986). Trace elements in the terrestrial environment. Springer Verlag. New York: Springer Verlag
- Aquino, E. (2003). "Contaminación por mercurio y cianuro en el Distrito Minero de Ananea-Puno". Tercer Congreso Internacional de Medio Ambiente en Minería y Metalurgia. Crea ediciones graficas E.I.R.L. Perú.
- Arroyave, J . (2008). Guías para el manejo de Urgencias Toxicológicas. Ministerio de la Protección Social. Imprenta Nacional de Colombia. p 26063.
- Astorga, J., Cari A., Vilcatoma I., Alcantara A., Zamalloa W., Calsin A., Olarte U., Tello E., supo F. y Julio Huanca. (2010). Implicancias sociales y económicas de la contaminación de la Cuenca hidrográfica del Río Ramis. Oficina Universitaria de Investigación. Universidad Nacional del Altiplano. Puno.
- ATSDR (Agency for toxic substances and disease control). (1999). Toxicological profile for cadmium, Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Ayala J. y Romero H. Presencia de metales pesado (2015). Arsnico y Mercurio en leche de vaca al sur del Ecuador. Rev. la granja. 2013;17(1). http://lagranja.ups.edu.ec/documents/1317427/3854707/Ayala_Leche.pdf.
- Bárcena L R. (2011). Determinación de Metales Tóxicos en la Leche de Ganado. Gestión en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Universidad Nacional del Altiplano.

- Cabrera, M. y col. (2003). Cómo obtener leche de buena calidad. Obtenido en la Red Mundial en 27/11/2017. www.turipana.org.co/leche.htm - 52k
- Cabrera P. G. (2013). Evaluación del Impacto Ambiental en la Minería de la Rinconada – Ananea. Monografía. UPG – FM – UNAS. [cabreracano@hotmail.com](mailto:cabreracono@hotmail.com)
- Córdoba D. (2006). Plomo. En Córdoba D Henao S. Toxicología. (pp 340-344). Editorial Manual Moderno.
- Cotrino, V. y Gaviria, B. 2003. Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en Explotaciones Ganaderas. Mastitis y Calidad de la Leche. Obtenido en la Red Mundial en 22/03/18. www.fedegan.org.co/81manejoIntegrado.html-55k.
- Chata A. (2015). Presencia de metales pesados en agua y leche en la cuenca del rio coata. Puno – Peru.
- Dawson, b., y Robert G. (2005). Bioestadística Médica. Bogotá – Colombia.
- EEC, Comisión de las Comunidades Europeas. 2006. Reglamento (CE) 1881/2006 de la Comisión de 19 de diciembre de 2006 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Diario Oficial de la Unión Europea. p. 20.
- Erostegui, C. (2009). Contaminación por metales pesado. Revista Científica Ciencia Médica. Volumen 12.
- García J, Méndez J, Pásaro E, Laffon B. (2010). Genotoxic effects of lead: An updated review. Environment International 36:623–636.

- Gonzales - Montaña Jr. (2009). Metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 22(3): p. 305-10. 432
- González Montaña Jr, Senis E, Gutiérrez A, Prieto F. (2012). Cadmium and lead in bovine milk in the mining area of the Caudal River (Spain). *Environmental Monitoring and Assessment*. 184(7): p. 4029-34.
- Gutierrez- Chavez AJ. (2009). Concentración de metales pesados en leche cruda de 436 vaca en la Provincia de León. Tesis Doctoral.
- IARC. International Agency for Research on Cancer. IARC. 1987. International Agency for Research on Cancer. 1987. Lyon. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans Lyon.
- INEI. Censo Agropecuario (2012). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú.
- Kastenmayer P. (1995) Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición. Depósito de Documentos de la FAO, Departamento de Agricultura.
- Lars J. (2003) Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*.
- López M. (2017). Contaminación minera. Informe Médico. Perú
- Martínez A. M., Fernando Villafañe F., y Jairo Arnulfo López s. (2009), Intoxicación Aguda con Plomo en Bovinos. Reporte de caso. Centro de Diagnóstico ICA-Armenia. Colombia. www.produccion-animal.com.ar
- Medina S., Guillen R. y Medina O. (2013). Determinación de plomo en leche de ganado bovino en el cantón sitio del niño. Salvador

- Méndez Batán J. (2002). Metales pesados en alimentación animal. Anaporc. Revista de Porcinocultura. 22(223): p. 88-95.
- Méndez G. (2000). Impacto del riego con aguas contaminadas, evaluado a través de presencia de metales pesados en suelos. Terra. 18: p. 277-84.
- Molina R. (2015). Análisis de arsénico y metales pesados en orina y cabello en la población infantil. Huelva
- Moreno Md. (2003). Toxicología ambiental. Evaluación de riesgo para la salud humana. 1st ed. Madrid: McGraw Hil.
- Muñoz O., D. Vélez and R. Montoro. (1999). Optimization of the solubilization, extraction and determination of inorganic arsenic (AsIII+AsV) in seafood products by acid digestion, solvent extraction and hydride generation atomic absorption spectrometry. Analyst. 124: 601-607.
- NRC. National Research Council of The United States (USA). NRC. (2001). National Research Council of The United States (USA). Arsenic in drinking water update. National Academy Press.
- NOM (Norma Oficial Mexicana) 004-ZOO. (1994). Grasa, hígado, músculo y riñón en aves, bovinos, caprinos, cérvidos, equinos, ovinos, y porcinos. Residuos tóxicos. Límites máximos permisibles y procedimientos de muestreo. Modificación de la Norma Oficial Mexicana.
- Nordberg G.F., Fowler.B.A., Nordberg M. (2007). Inhalation Hadbook on the toxicology of metals. San Diego, California. Academic Press Inc.
- Oleru G. (1976). Kidney, liver, hair and lungs as indicators of Cd absorption. Am Ind Hyg Assoc J 37: 617-30.

- OMS. Reglamento Sanitario Internacional. (2005). Disponible en:<http://www.who.int/csr/ihr/es/index.html>. Acceso 20/04/2015.
- OMS. Inorganic Mercury. [Documento]. Geneva: WHO; (1991) [Disponible en www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad50.pdf].
- Parra, M. H. y Col. (2003). Los residuos de medicamentos en la leche, problemática y estrategia para su control. Manual técnico CORPOICA, Colombia.
- Ramírez A. (2005). El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo. Anales de la Facultad de Medicina.
- Rodríguez, M. (2003). Determinación de presencia y concentración de metales pesados en leche bronca. Tesis de Licenciatura. Ingeniero en industrias Alimentarias. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Shibamoto T., Bjeldanes L.E. (1993) Introduction to food toxicology. San Diego, California, USA. Academic Press Inc.
- Valdivia Melinda M. (2005) Intoxicación por plomo. Rev. Soc. Per. Med. Inter.
- Veisseyre, R. (1980) Lactancia Técnica. Editorial Acribia. 2da. Edic. España.
- Vuori R., Huunan–Seppala A., Kilpio J.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 skeletal muscle. Scand J Work Environ Health 5: 16-48.

Wattiaux, M. Lactancia y Ordeño. Capítulo 19: Composición de la leche y valor

nutricional

Obtenido

en

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: Muestras de pelo de vacas

Lugar	Código de vaca	Número de partos
Checcasica	PE - 01	1 er parto
Checcasica	PE - 02	3
Checcasica	PE - 03	4
Parina	PE - 04	1
Parina	PE - 05	2
Parina	PE - 06	4
Miraflores	PE - 07	4
Miraflores	PE - 08	1
Miraflores	PE - 09	3
Sora	PE - 10	1
Sora	PE - 11	3
Sora	PE - 12	4

Tabla A.2: Muestras de leche de vaca

Lugar	Código de vaca	Número de partos
Llalli	LE - 01	1 er parto
Llalli	LE - 02	3
Llalli	LE - 03	4
Cupi	LE - 04	1
Cupi	LE - 05	2
Cupi	LE - 06	4
Miraflores	LE - 07	4
Miraflores	LE - 08	1
Miraflores	LE - 09	3
Sora	LE - 10	1
Sora	LE - 11	3
Sora	LE - 12	4



Fig. A.1 Muestreo de pelo



Fig. A.2 Muestreo de pelo



Fig. A.3 Muestreo de leche en sora

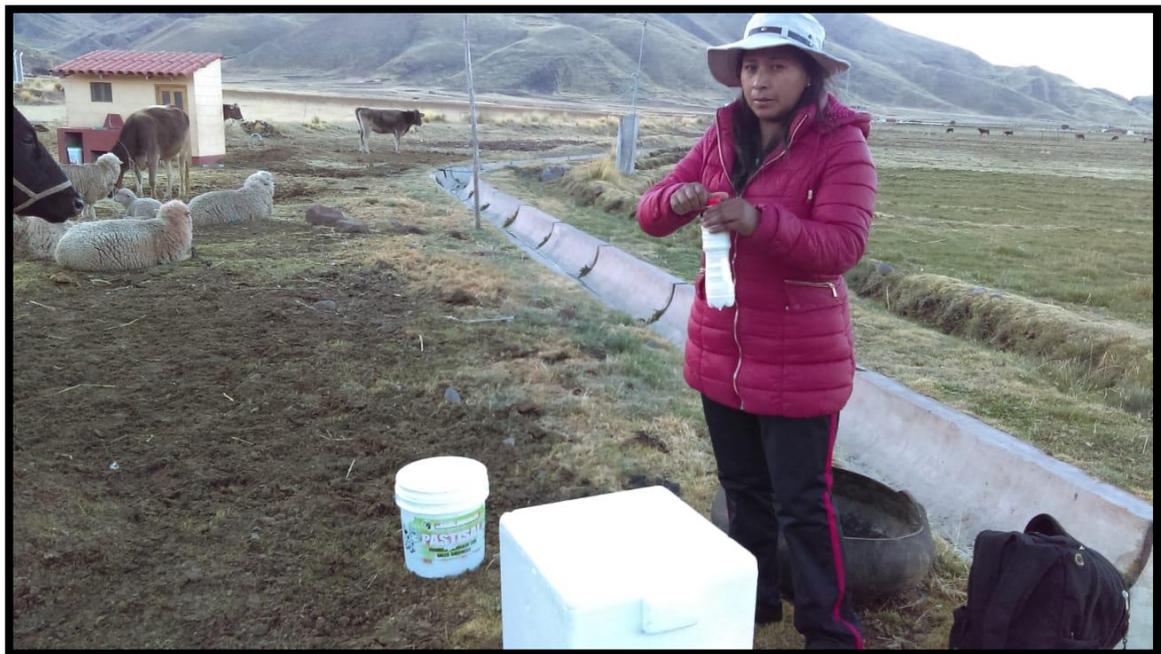


Fig. A.4 Muestreo de leche en Parina