



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA**



**“DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN LECHE FRESCA DE  
VACUNOS, ALIMENTADO CON PASTURAS REGADAS CON AGUAS  
SERVIDAS – CAJAMARCA 2017”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**MÉDICO VETERINARIO**

**Presentada por la Bachiller:**

**YESSICA LIZBETH MONTEZA SALDAÑA**

**Asesor:**

**Mg. M.V. CRISANTO JUAN VILLANUEVA DE LA CRUZ**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2018**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA  
Fundada Por Ley N°14015 Del 13 De Febrero De 1962  
UNIVERSIDAD LICENCIADA  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS  
DECANATO

Av. Atahualpa 1050 – Ciudad Universitaria Edificio 2F – 205 Fono 076 365852



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, siendo las diez horas del día veintiséis de octubre del dos mil dieciocho, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Veterinarias “César Bazán Vásquez” de la Universidad Nacional de Cajamarca, los integrantes del Jurado Calificador, designados por el Consejo de Facultad, con el objeto de evaluar la sustentación de Tesis Titulada: **“DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN LECHE FRESCA DE VACUNOS ALIMENTADOS CON PASTURAS REGADAS CON AGUAS SERVIDAS – CAJAMARCA 2017”**, asesorada por el docente: Mg. Médico Veterinario Crisanto Juan Villanueva De la Cruz y presentada por la Bachiller en Medicina Veterinaria: **YESSICA LIZBETH MONTEZA SALDAÑA**.

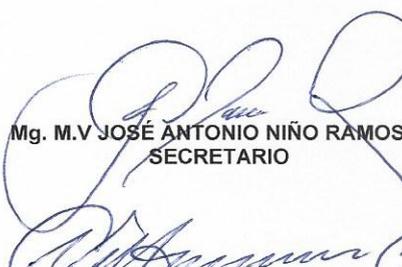
Acto seguido el Presidente del Jurado procedió a dar por iniciada la sustentación, y para los efectos del caso se invitó a la sustentante a exponer su trabajo.

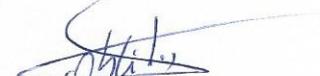
Concluida la exposición de la Tesis, los miembros del Jurado Calificador formularon las preguntas que consideraron convenientes, relacionadas con el trabajo presentado; asimismo, el Presidente invitó al público asistente a formular preguntas concernientes al tema.

Después de realizar la calificación de acuerdo a las Pautas de Evaluación señaladas en el Reglamento de Tesis, el Jurado Calificador acordó: **APROBAR** la sustentación de Tesis para optar el Título Profesional de **MÉDICO VETERINARIO**, con el Calificativo Final obtenido de **CATORCE (14)**.

Siendo las once horas con treinta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado Calificador dio por concluido el proceso de sustentación.

  
Dr. JOSÉ FERNANDO CORONADO LEÓN  
PRESIDENTE

  
Mg. M.V. JOSÉ ANTONIO NIÑO RAMOS  
SECRETARIO

  
Mg. M.V. FERNANDO ALBERTO OBLITAS GUAYÁN  
VOCAL

  
Mg. M.V. CRISANTO JUAN VILLANUEVA DE LA CRUZ  
ASESOR



## DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudios.

Con mucho cariño y aprecio dedico este pequeño pero significativo trabajo a mis queridos padres quienes se esfuerzan por mi superación y ser el pilar más importante en mí desarrollo profesional, demostrándome su apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias.



## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por bendecirme, haberme dado fuerza y valor para superar obstáculos y dificultades culminando satisfactoriamente esta etapa de mi vida.

A mi familia, por su comprensión y estímulo constante, además de su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

A mi asesor M.V. Mg Crisanto Juan Villanueva de la Cruz por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

A los docentes y personal administrativo de la Facultad de Ciencias Veterinarias, quienes me brindaron sus conocimientos durante mi permanencia en esta institución.

Y a todas las personas que en una u otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el mes de setiembre del 2017 durante la época seca las muestras fueron acondicionadas en el Laboratorio de Farmacología y Toxicología Veterinaria de la Universidad Nacional de Cajamarca, y procesadas en el laboratorio Delta S.R.L de la ciudad de Trujillo con el objetivo de determinar la concentración de metales pesados (Cadmio y Plomo) en leche fresca de bovino alimentados con pasturas regadas con aguas servidas; Se tomaron 2 muestras de leche fresca de cada ganadero que se encuentran ubicados en la zona de Bella Unión del margen derecho del río San Lucas, haciendo un total de 8 muestras, que tienen por particularidad el riego de pasturas con aguas servidas. Se utilizó el método de espectrofotometría para determinar Pb y Cd en leche de vacas que consumen pasturas regadas con aguas servidas. Los resultados muestran los parámetros estadísticos de los niveles de plomo encontrados en ocho muestras de leche los niveles de plomo se encuentran de 0,40 mg/L de leche cruda como mínimo y 0,63 mg/L de leche cruda como máximo, con un promedio de  $0,55 \pm 0,10$  mg/L, siendo el rango de 0,23 mg/L de leche cruda, se puede observar que el 62,5% de las muestras (5) de leche de vacas, contienen niveles menores de 0,001 mg/kg y el 37,5% de las muestras (3) contienen niveles de 0,008 mg/L de leche cruda, concluyéndose que: los niveles de Pb encontrados en leche cruda de vacas que pastorean rye grass y trébol, superan los niveles máximos permisibles recomendados por la OMS (0,02 mg/kg) y los niveles de Cd encontrados no superan los límites establecidos en las Normas de Rumanía (0,01 mg/kg).

**Palabras claves:** Leche, plomo, cadmio, aguas residuales, pasturas.



## ABSTRACT

The present research work was carried out in the month of September of 2017 during the dry season; the samples were conditioned in the Pharmacology and Veterinary Toxicology Laboratory of the National University of Cajamarca, and processed in the Delta SRL laboratory of the city of Trujillo. the objective of determining the concentration of heavy metals (Cadmium and Lead) in fresh bovine milk fed with pastures irrigated with wastewater; Two samples of fresh milk were taken from each breeder that are located in the area of Bella Union on the right bank of the San Lucas river, making a total of 8 samples, which have the particularity of irrigating pastures with sewage. The method of spectrophotometry was used to determine Pb and Cd in milk of cows that consume pastures irrigated with wastewater. The results show the statistical parameters of the levels of lead found in eight milk samples, the levels of lead are of 0.40 mg/L of raw milk as minimum and 0.63 mg/L of raw milk as maximum, with an average of  $0.55 \pm 0.10$  mg/L, with the range of 0.23 mg/L of raw milk, it can be observed that 62.5% of samples (5) of milk from cows contain lower levels of 0.001 mg/kg and 37.5% of the samples (3) contain levels of 0.008 mg/L of raw milk. Concluding that: The levels of Pb found in raw milk of cows grazing Rye grass that are irrigated with sewage exceed the maximum permissible levels recommended by the WHO (0,02 mg/kg) and the levels of Cd found do not exceed the limits established in the Norms of Romania (0,01 mg/kg).

**Keywords:** Milk, lead, cadmium, wastewater, pastures.



## ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPITULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivo .....	2
CAPITULO II .....	3
MARCO TEÓRICO .....	3
2.1 Antecedentes de plomo y cadmio en la leche .....	3
2.2 Definición de leche .....	4
2.3 Norma oficial de la leche .....	5
2.4 Metales pesados .....	6
2.5 Cadmio (Cd) .....	7
2.5.1 Fuente de contaminación del cadmio .....	7
2.5.2 Distribución y metabolismo del cadmio .....	10
2.6 Plomo (Pb).....	13
2.6.1 Distribución y metabolismo del plomo .....	19
2.6.2 Manifestaciones clínicas del plomo .....	20
2.7 Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera.....	22
2.8 Metales en alimentos.....	24
2.9 Contaminación de pasturas .....	25
CAPITULO III .....	28
Materiales y métodos .....	28
3.1 Localización.....	28
3.1.1 Ubicación Geográfica .....	28
3.2 Materiales .....	28



3.2.1 Material Biológico .....	28
3.2.2 Equipos: .....	29
3.3 Metodología .....	30
3.3.1 Toma y envío de muestras .....	30
3.3.2 Determinación de plomo y cadmio por espectrofotometría de absorción atómica .....	31
3.4 Análisis estadístico .....	34
CAPITULO IV .....	35
RESULTADOS .....	35
CAPITULO V .....	37
DISCUSIÓN .....	37
CAPITULO VI .....	40
CONCLUSIONES .....	40
CAPITULO VII .....	41
BIBLIOGRAFÍA .....	41
ANEXOS .....	49



## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

A nivel nacional e internacional se han creado una serie de normas con el fin de que se garantice a través de la cadena de producción, la inocuidad de los productos lácteos. Dentro de esta normatividad cobra un papel destacado el control de los metales pesados en la leche que producen las especies bovinas con el fin de mitigar el impacto ambiental e incentivar la producción más limpia, las buenas prácticas ganaderas y la llamada “agricultura orgánica” o “agricultura limpia”. Frente al pobre desarrollo de estas alternativas de producción, hay que destacar el apoyo que puede brindar la implementación de estudios científicos en éste campo, entre ellos la detección de metales pesados en leche de vacas alimentadas con pasturas regadas con aguas servidas.

Se ha comprobado que la leche de bovinos que pastorean e ingieren agua a las orillas de lagos y ríos contaminados con desechos industriales y aguas negras contienen metales pesados como plomo, cadmio, mercurio y zinc; en estos estudios se ha encontrado que la concentración de metales pesados ingeridos por las vacas tienen influencia sobre las concentraciones de dichos elementos en la leche, además demostraron que una parte de estos elementos son excretados en la leche, unidos a compuestos orgánicos, principalmente en las proteínas, mientras que otros se asocian a una baja porción de grasa. Rodríguez, (2003).

Por tales razones surge la inquietud de determinar metales pesados (cadmio y plomo) en leche fresca de hatos ubicados en el sector de Bella Unión (Cajamarca) y que son alimentadas con pasturas regadas con aguas servidas que se elimina de la población de Cajamarca.



## **Objetivo**

Determinar concentración de metales pesados (Cadmio y Plomo) en leche fresca de bovino alimentados con pasturas regadas con aguas servidas.



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de plomo y cadmio en la leche

Debido a las diversas fuentes de contaminación ambiental, la leche es susceptible a contaminarse con los metales pesados. Estos pueden llegar al animal por consumo de aguas contaminadas y forrajes contaminados con fertilizantes fosfatados o nitrogenados (Ministerio de Salud y Protección Social, 2011).

Algunos de los factores que influyen en la variabilidad de la composición de la leche pueden ser clasificados como ambientales, fisiológicos, patológicos y genéticos. Entre los factores ambientales más representativos está la época del año, la temperatura y la humedad relativa. En el verano se observan mayores concentraciones de minerales en la leche en comparación con otras épocas. Con relación a la alimentación, se menciona que las propiedades de los forrajes pueden determinar la composición de la leche, específicamente en sus características organolépticas y fisicoquímicas. Por ejemplo, la concentración de ácido linoleico y de vitamina E en la leche es reflejo del contenido en los pastos consumidos por el animal, por la elevada concentración de lípidos totales y ácidos grasos. (Gutiérrez, 2010).

En 5 establos lecheros de México, se determinó un contenido promedio de plomo de 0,7406 mg/kg, y para el cadmio, de 0,2965 mg/kg; los cuales superan los límites máximos permisibles establecidos por el



Codex Alimentario (0,02 mg/kg) y por la Norma de Rumanía (0,01 mg/kg) (Rodríguez *et al*, 2005)

Además se analizaron el efecto de la actividad contaminante de una planta industrial metalúrgica sobre la concentración de metales tóxicos en la leche en diferentes épocas del año. El contenido de plomo en la leche de animales cercanos a la planta fue de 27,2 µg/L (verano) y 23,4 µg/L (invierno), mientras que los animales alejados de la fuente de contaminación registraron 23,1 µg/L (verano) y 32,5 µg/L (invierno). Con respecto al contenido de cadmio registrado en las muestras de leche de animales cercanos a la planta industrial metalúrgica, hubo una concentración de 1,7 µg/L (verano) y 1,8 µg/L (invierno), mientras que los animales alejados de esa fuente de contaminación registraron 1,1 µg/L tanto en verano como en invierno. (Gutiérrez, 2010).

Al evaluarse la concentración de plomo en pastos y leche se encontró que las concentraciones de plomo en suelo oscilaron de 1,2 a 3,5 mg/kg; en forraje, de 0,33 a 0,70 mg/kg; y en leche, de 0,018 a 0,050 mg/L. Las concentraciones de plomo en suelo y el forraje fueron inferiores a los límites permisibles. Sin embargo, la concentración de plomo en leche de vaca fue ligeramente más alta que el límite permisible (Zafar *et al*, 2013).

## **2.2 Definición de leche**

La denominación de "leche", sin indicación de la especie animal de que procede, se reserva a la leche de vaca. Toda leche que proceda de una hembra lechera, que no sea la vaca debe designarse por la denominación "leche" seguida de la especie animal de la que procede: "leche de cabra", "leche de Oveja". Desde el punto de vista legal, el Ministerio de Salud mediante el decreto 2437 del 30 de Agosto de 1983, y según el Artículo 2 capítulo 1, define que "la leche es el producto de la secreción normal de la glándula mamaria de animales

bovinos sanos, obtenida por uno o varios ordeños diarios, higiénicos, completos e interrumpidos” (Ministerio De Salud 1983).

### 2.3 Norma oficial de la leche

Según la última Norma Oficial Peruana vigente del 2002 (NTP 2002.001) los requisitos para una leche de calidad son:

Tabla 1. Requisitos físicos y químicos de la leche de vaca

Requisitos	Niveles
Materia Grasa (g/100g)	Min. 3,2
Sólidos no graso (g/100g)	Min. 8,2
Sólidos totales (g/100g)	Min. 11,4
Impurezas macroscópicas, expresadas en mg de impurezas por 500 cm <sup>3</sup> de leche	Max. 0,5 mg (grado 2)
Acidez, expresada en g de ácido láctico por 100 g de leche	Min. 0,14%
	Máx. 0,18%
Densidad a 20° C (g/cm <sup>3</sup> )	Min. 1,0296
	Máx. 1,0340
Índice de refracción del suero, 20° C (Lectura refractométrica 37,5)	Min. 1,34179
Ceniza total (g/100g)	Máx. 0,7
Alcalinidad de la ceniza total ml HCl 0,1 N/100g	Máx. 0,7 cm <sup>3</sup>
Índice crioscópico	Máx. -0,540°C
Sustancias conservadoras y cualquier otra sustancia extraña a su naturaleza	Ausencia
Prueba de alcohol (74% V/V Mínimo)	No coagulable
Tratamiento que disminuye o modifique sus componentes originales	Ninguno
Prueba de la reductasa con azul de metileno	Min. 4h
Requisitos microbiológicos	
Conteo de células somáticas	Máx. 500,000 unidades por ml
Numeración de microorganismos mesófilos, serobios y facultativos viables, por ml.	Máx. 1,000,000 ufc (unidades formadoras de colonias)
Numeración de coliformes, por ml	Máx. 1,000 ufc

Fuente: NTP 2002.001

## 2.4 Metales pesados

Metales pesados son aquellos cuya densidad es por lo menos cinco veces mayor que la del agua. Tienen aplicación directa en numerosos procesos de producción de bienes y servicios. Los metales pesados más importantes son: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn). (Fergusson, 1990)

Los metales pesados son los elementos que tienen una densidad más de  $5\text{g/cm}^3$ , Peso atómico 63,546 a 200,590 y un peso específico mayor que 4,0. Los organismos vivos requieren normalmente algunos de estos metales pesados hasta ciertos límites, y en caso de exceso se produce acumulación que dará lugar a graves efectos (Kennish, 1992).

Los metales pesados son de gran interés para los científicos debido a que la presencia de estos en el ambiente tiene efectos negativos sobre la salud del hombre, de los animales y de los cultivos agrícolas. Los metales pesados están en los alimentos y provienen de diversas fuentes, las más importantes son: el suelo contaminado en el que se producen los alimentos para el hombre y los animales; los lodos residuales, 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 de la leche. 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 ocasionan a la salud pública. (Mubbasher, Waheed y Hayat, 2003).

Los metales pesados son especies químicas no degradables. Por tal motivo, una vez arrojados al medio ambiente, sólo pueden distribuirse



entre los entornos aire, agua y suelo, a veces cambiando su estado de oxidación, o incorporarse a los seres vivos (Vullo, 2003)

## **2.5 Cadmio (Cd)**

El cadmio es un elemento que se encuentra en la naturaleza asociado a muchos minerales. Uno de los mayores agentes tóxicos asociado a contaminación ambiental e industrial es el cadmio, pues reúne cuatro de las características más temidas de un tóxico (Ramírez, 2002).

Constituye un subproducto de la minería y de la fundición del zinc y plomo, los cuales son fuentes importantes de contaminación ambiental. Está distribuido en toda la corteza terrestre, en una concentración de 0,15 a 0,2 ppm. No existe en su estado puro, sino asociado a otros minerales, como plomo, cobre y zinc (Corey y Galvao, 1989).

El cadmio es un metal ampliamente utilizado en la industria, pero con el problema de ser no biodegradable y de que menos del 5% del metal es reciclado, lo cual provoca una importante contaminación ambiental (Vera y Climent, 2004).

### **2.5.1 Fuente de contaminación del cadmio**

#### **2.5.1.1 Contaminación ambiental**

El agua en áreas no contaminadas presenta concentraciones bajas de cadmio: 0,04-0,3 µg/L en océanos, y alrededor de 1 µg/L en ríos. Sin embargo, en regiones donde hay contaminación por cadmio, las concentraciones se pueden elevar mucho, encontrándose niveles de 0,001 y de hasta 0,115 mg/L. Ingerir alimentos o tomar agua con niveles de cadmio muy altos produce irritación grave del estómago, causando vómitos y diarreas (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2008).



En ciudades donde hay actividad industrial importante, se han encontrado concentraciones elevadas de cadmio en el aire, de 0,05 a 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en oposición a otras áreas no contaminadas, donde existen niveles de 0,001 a 0,005  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (rurales) y de 0,005 hasta 0,05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (urbanas). La presencia de cadmio en el aire adquiere mayor interés, ya que puede ingresar al organismo por vía respiratoria y ser absorbido. En áreas muy contaminadas, el individuo puede llegar a inhalar hasta 3,5  $\mu\text{g}$  de cadmio al día. En áreas no contaminadas, el cadmio se encuentra en el suelo en alrededor de 1 mg/kg. La contaminación del suelo por depósito de partículas del aire o por agua contaminada por actividades industriales ha determinado concentraciones de hasta 16 mg/kg. El cadmio se adhiere fuertemente a partículas del suelo (Corey y Galvao, 1989).

El tiempo de permanencia del cadmio en suelos es de hasta 300 años, y el 90% permanece sin transformarse. El cadmio llega al suelo de los terrenos agrícolas por deposición aérea, con los fertilizantes fosfatados, por aplicación de abono de estiércol y, en el Perú, frecuentemente por efluentes que contienen residuos líquidos y sólidos de plantas hidrometalúrgicas de cadmio (Ramírez, 2002)

La presencia de cadmio en la atmósfera es consecuencia de la polución natural, por la capacidad de las plantas de concentrar el cadmio de origen geoquímico y, tras su descomposición, dispersarlo en el medioambiente. Los fertilizantes y plaguicidas y las aguas residuales utilizadas para el riego, así como la deposición atmosférica, hacen del cadmio un elemento común en los suelos de cultivo, donde es fácilmente absorbido por las plantas. Además, se fija a las plantas más rápidamente que el plomo (Rubio, 2002).



Los alimentos representan la fuente de exposición más importante para los individuos de la población general no ocupacionalmente expuestos. Entre el 90 y el 95% del cadmio ingerido es eliminado por la heces, lo que hace que la importancia de la ingestión de cadmio solamente sea significativa cuando existe un alto índice de contaminación ambiental, lo cual repercute en las concentraciones de cadmio en los alimentos (Corey y Galvao, 1989).

El cadmio puede hallarse en algunos alimentos que se contaminan a partir de tierra, aguas contaminadas, sedimentos y fertilizantes. Entre ellos destacan el arroz, trigo, las verduras (de hoja), las raíces (papas y zanahorias) y las frutas. En agua, leche y huevos, las concentraciones son más bajas. Los frutos y semillas contienen menos cadmio que las hojas (Ramírez, 2002)

La absorción en el intestino está condicionada por ciertos factores como especie, edad, interacción con otras sustancias nutritivas, estado de gestación o de lactación. La forma química del compuesto, la dosis ingerida y el tiempo de exposición son también factores que juegan un papel importante en la cantidad del compuesto asimilado. Solo del 5 al 7% del cadmio ingerido es absorbido por vía gastrointestinal, y aumenta por deficiencias de calcio, hierro, cobre y bajo contenido proteico en las dietas. Una deficiencia de hierro incrementa la absorción de cadmio por vía gastrointestinal, pudiendo esta llegar a ser del 15%. Por el contrario, el zinc disminuye la absorción del cadmio, probablemente estimulando la síntesis de metalotioneína. Además, se afirma que una dieta alta en fibras incrementa la absorción de cadmio (Pérez y Azcona, 2012).



### 2.5.2 Distribución y metabolismo del cadmio

Una vez absorbido, el tóxico se transporta por la sangre, ligado de modo principal a los glóbulos rojos y a la albúmina. Llega en primer lugar al hígado, para ser redistribuido lentamente de ahí a los riñones, en la forma de un complejo de cadmio-metalotioneína (Cd-MT). La metalotioneína es una proteína de bajo peso molecular con gran afinidad por metales como el cadmio y el zinc, que se unen a ella a través de los grupos tiol (-SH) de sus residuos de cisteína. La metalotioneína es inducible por exposición a varios metales como el cadmio. Las concentraciones altas de esta proteína que se ligan al metal protegen contra la toxicidad por cadmio, al impedir su interacción con otras macromoléculas funcionales. La liberación a la sangre de este complejo es lenta, por lo que se considera que el complejo MT-Cd se acumula en el hígado (Goodman y Gilman, 2003).

La corteza renal resulta ser el mayor depósito de cadmio en el organismo, aunque también se pueden encontrar pequeñas cantidades de este metal en páncreas, pulmón y testículos. El complejo se considera menos tóxico que el cadmio no enlazado, por lo que se cree que la proteína puede actuar como agente desintoxicante. El complejo es transportado por la sangre hasta el riñón, donde es filtrado y reabsorbido por las células tubulares proximales; allí las lisozimas lo degradan y liberan el cadmio libre al citoplasma (Vera y Climent, 2004).

Estudios han demostrado que el cadmio se distribuye pobremente en la leche, sugiriendo que la glándula mamaria puede actuar como una barrera de protección para el neonato ante la exposición a este metal. Cabe señalar que dicho mecanismo de protección tiene como consecuencia una alteración de las células epiteliales, lo que afecta la función de la



ubre desde el momento en que el cadmio llega y se acumula en el tejido mamario. En bovinos, la transferencia de cadmio en la leche es baja. Sin embargo, se conoce que el metal tiene la capacidad de mimetizarse, por sus características iónicas, con elementos esenciales como calcio, hierro y zinc, para así utilizar sus mecanismos de transporte (transportadores de membrana, canales iónicos) y poder acceder y distribuirse en el organismo. También puede hacerlos por sus características moleculares o de función, al actuar en complejos moleculares ricos en grupos sulfhidrilos como cistina, oligopéptidos, aminoácidos, aniones o cationes orgánicos. Además, estudios indican que la síntesis de caseína es calcio-dependiente, y es conocido que el cadmio es capaz de interrumpir la regulación de los niveles intracelulares de calcio mediante el bloqueo de los canales de calcio o la unión de este con los transportadores en diferentes tejidos. La toxicidad del cadmio se debe principalmente a su acumulación en el organismo y a su baja excreción (Gutiérrez, 2010).

Algunos autores han encontrado que la concentración de cadmio ingerida por las vacas no tiene influencia sobre la concentración de dicho elemento en la leche, habiendo sido observado este hecho tanto en animales que consumían una dosis única del metal. Además, se ha sugerido que este elemento se secreta en la leche unido a compuestos orgánicos, principalmente proteínas, por lo que su paso a la leche estaría limitado por la secreción de dichas proteínas en el lumen alveolar. Por todo esto, parece que la glándula mamaria juega un papel importante en el control de la transferencia de cadmio a la leche, como se ha visto también en la rata, en la que se ha observado que una mínima parte del Cd inyectado subcutáneamente pasa a la leche a diferencia del Zn que lo hace en una alta proporción. En este trabajo se ha observado además que en la glándula mamaria de la rata, el cadmio se une a una fracción proteica con un peso



molecular superior al de las proteínas fijadoras de cadmio presentes en otros órganos como el hígado y los riñones. En la ratona, el paso de cadmio a la leche es también pequeño y además, se ha observado que procede de la dieta y no del cadmio que pudiera tener acumulado previamente en su organismo (Whelton, 1993).

Los principales efectos adversos del cadmio incluyen daño renal y el enfisema pulmonar. La población de mayor riesgo son las mujeres con deficiencias nutricionales o bajo contenido de hierro, también las personas con trastornos renales, los fetos y los niños con bajo contenido de hierro en sus reservas corporales. La OMS ha establecido una ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) para el cadmio en 7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de peso corporal siendo el riñón el órgano diana considerado crítico para controlar la toxicidad del cadmio en los humanos. Los efectos críticos principales incluyen un aumento de la excreción de proteínas en la orina como resultado de los daños de células tubulares proximales y la severidad del efecto depende de la duración y magnitud de la exposición. (Rodríguez *et al*, 2005)

Puede provocar una nefropatía en forma de tubulopatía proximal o de glomerulopatía, y cursa con proteinuria, leucocituria, microhematuria, aminoaciduria, glucosuria e HTA. También cursa con enfisema pulmonar, fibrosis pulmonar y otras alteraciones, como la rinitis y la anosmia por lesión del nervio olfatorio, pigmentación amarilla de los dientes en forma de bandas o anillos que progresa desde el ápice hacia el cuello (por la formación de sulfuro de cadmio), astenia y anorexia. El cadmio ha sido clasificado por la IARC como cancerígeno para humanos (Grupo 1), con evidencias suficientes para el cáncer de pulmón y limitadas para el riñón, el hígado y el cáncer de próstata. La mayoría de las evidencias derivan de la alta



exposición al cadmio de los trabajadores expuestos a través de la inhalación, principalmente de óxido de cadmio (World, 2011).

## **2.6 Plomo (Pb)**

El Plomo se encuentra en la naturaleza principalmente bajo la forma de sulfuro y a menudo está asociado a otros metales, como plata, cobre zinc, antimonio y hierro. El plomo es otro de los metales contaminantes y se encuentra en la naturaleza. El hombre lo toma del aire, alimentos y del agua que bebe (Roder, 2002).

La eliminación del plomo del organismo se realiza por las heces, orina, sangre, saliva, leche, sudor y fáneras, la eliminación por la leche hace posible la intoxicación de las crías y el hombre (Jurado, 1989).

Las fuentes contaminantes puede ser ambiental y accidental, la combustión de metales y la utilización de gasolinas adicionan plomo: como fosfatos coloidales de plomo, los cuales son muy solubles y constituyen el plomo circulante y tóxico. Se deposita en riñones, hígado, piel, glándulas, sistema nervioso y en huesos largos (90%), de donde puede ser movilizado nuevamente, siendo mayor con el pH sanguíneo ácido, por cualquier causa. El plomo tiene efectos teratógenos, puede encontrarse en enlatados, en leche industrializada, son los niños la población más afectada ya que impide el desarrollo neurológico provocando trastornos cerebrales graves (Córdoba, 2001).

El Plomo y el Cadmio se usa en la producción de acumuladores para automóviles, en pigmentos para pinturas que desgraciadamente se siguen usando en algunos juguetes, en joyería y bisutería; en fertilizantes, pesticidas, detergentes, conservadores, catalizadores, aleaciones y hasta en la producción de cigarrillos; en estabilizadores de caucho o plásticos como el PVC (policloruro de vinilo) (Álvarez, 2012.)

El agua en áreas no contaminadas presenta concentraciones bajas de plomo (1 µg/L) en aguas superficiales, y alrededor de 8 µg/L en los



ríos. Las concentraciones de plomo en el agua de mar son más bajas que en el agua de ríos y en lagos. El agua, al igual que el aire, se transforma en una fuente de contaminación para la flora y la fauna acuáticas; y para el hombre, en la medida en que sea contaminada por actividades antropogénicas. La exposición al plomo a través del agua es mínima, debido a que forma esencialmente compuestos insolubles de tipo carbonatos y sulfatos; además, el agua potable tiende a tener menor contenido de plomo que el agua no tratada, debido a que el plomo es en parte removido por las plantas convencionales de tratamiento de agua potable (Corey y Galvao, 1989).

El suelo es el depósito más importante de contaminantes de origen antropogénico. El plomo en el suelo puede ser relativamente insoluble (como sulfato, carbonato u óxido). El pH del suelo, el contenido de ácidos húmicos y fúlvicos, y la cantidad de la materia orgánica influyen en el contenido y en la movilidad de plomo en el suelo (World, 1995).

Los principales medios de contaminación de alimentos con plomo son los utensilios metálicos de cocina que presenten soldaduras de plomo, que sean de peltre, los utensilios domésticos de alfarería vidriada, agua y bebidas, especialmente si son ácidas. La cantidad de plomo ingerida a través de los alimentos varía según el tipo de producto. Se han encontrado casos con ingestión diaria de hasta 2,6 mg en campesinos que vivían cerca de una fundición. Las frutas, las verduras y los cereales se contaminan con plomo, ya sea absorbiéndolo a partir del suelo o recibéndolo como depósito en sus superficies a partir del aire contaminado (World, 1995).

La intoxicación por plomo es muy frecuente en el ganado bovino, debido a que el plomo está ampliamente distribuido en la naturaleza. Las vacas lo ingieren a través del agua de bebida contaminada, polvo y forrajes contaminados con fertilizantes fosfatados o nitrogenados y aguas de regadío contaminados. La curiosidad natural, su hábito de lamer y la falta de algún elemento nutricional en la dieta de las vacas

(favorece la presentación del trastorno denominado pica) son factores importantes que aumentan el riesgo de intoxicación ante el acceso a cualquier elemento que contenga plomo (pinturas, aceites, lubricantes, desechos, líquidos, suelos y paredes). Asimismo, las vacas están propensas a contaminarse por vía respiratoria (Gutiérrez, 2010).

En los mamíferos, la absorción intestinal de plomo ocurre principalmente en el duodeno. Sin embargo, se cree que el íleon también puede presentar eficientes tasas de absorción, siempre y cuando los niveles de caseína sean elevados, ya que más del 95% del plomo se encuentra unido a esta proteína. Por ello, se puede considerar que la presencia de plomo en la leche es una crítica vía de exposición al metal. Además, la presencia de citrato y lactosa también tiene una participación en la absorción de compuestos solubles de plomo (James, Hilburn y Blair, 1995).

La proporción de absorción de plomo en animales adultos (1-15%) es menor que la de animales jóvenes, que puede ascender de 26 a 52% del total ingerido (Goyer, 1997).

Una vez que el plomo ingresa al organismo, la mayor parte (95%) se une a proteínas de los eritrocitos y, a través de estos, se desplaza por el torrente sanguíneo. El plomo tiene gran afinidad por los grupos imidazol, sulfhídrico, amino, carboxilo y fosfato; debido a ello, presenta una fuerte unión a las membranas biológicas y a las proteínas. Solo una pequeña fracción permanece en el plasma sanguíneo, unido en su mayor parte a la albúmina. Después de unas semanas en el torrente sanguíneo ( $\pm 35$  días), el plomo que no ha sido excretado se moviliza hacia diferentes tejidos, en particular hacia el cerebro, donde se calcula que puede permanecer hasta dos años. En determinadas circunstancias, como la gestación, período de acidosis o de lactancia, se puede observar la movilización de importantes cantidades de elementos minerales dentro del organismo.



Además, la presencia de plomo en el organismo puede alterar el metabolismo del cobre, hierro y selenio. La toxicidad del plomo se incrementa por la acción de altos niveles de cadmio, mientras que el ácido ascórbico y el nicotínico pueden reducir el efecto tóxico. Asimismo, el plomo puede ser capaz de reemplazar al calcio en la movilización y en la deposición en huesos, lo que provocaría alteraciones en osificación. También ha sido registrado que la leche de vacas con niveles elevados de plomo presenta una menor concentración de hierro. Se ha observado un gran índice de penetración del plomo en la leche, sobre todo cuando su concentración en sangre es elevada y se puede encontrar a altas cantidades de plomo libre en el plasma, situación que facilita el paso del metal hacia la leche (Waldner *et al*, 2002).

La leche, bajo condiciones normales de producción y procesamiento, no debería entrar en contacto con este elemento, salvo en el caso en que su transporte se haga en tarros con soldaduras de plomo o que se envase en latas. Los estudios realizados con el objeto de determinar la incidencia de la contaminación de la leche por ingestión de alimentos contaminados, han determinado que es muy poco el plomo ingerido que luego es detectado en la leche, de lo anterior se desprende que en la detección de niveles muy altos de plomo en la leche, con seguridad deberán atribuirse a contaminaciones con recipientes o aguas de lavado antes, durante o posteriormente al proceso de industrialización. (Lacas, 1985).

El plomo es un metal tóxico presente en la leche (0,05 ppm), en condiciones normales de alimentación y recogida. Diversas causas de contaminación puede hacer que se eleve el contenido de por encima de 1 ppm. El plomo es un metal muy utilizado y la biosfera se enriquece de este metal; también se utiliza en Medicina Veterinaria, actualmente hay una preocupación por la contaminación plumbífera a causa de tetraetil-plomo que se utiliza para automóviles. Se ha



demostrado que las vacas que reciben heno rico en plomo transfieren una parte de este elemento a la leche, que contienen valores tres veces mayores que las muestras testigo (Lacas, 1985).

**Tabla 2** Límites permisibles y de referencia en metales establecidos por los organismos internacionales.

<b>METALES</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b> Máximo
Cadmio	0,05 mg/kg
Plomo	0,02 mg/kg

Fuente: SENASA, 2008.

El plomo es tóxico aún a muy bajos niveles de exposición y tiene efectos agudos y crónicos en la salud humana. Se trata de una sustancia tóxica que puede causar daños en el sistema de múltiples órganos, sean neurológicos cardiovasculares, renales, gastrointestinales, hematológicos y efectos en la reproducción. La exposición a corto plazo a altos niveles de plomo puede causar vómitos, diarrea, convulsiones, coma e incluso la muerte. La exposición crónica al plomo en los seres humanos da lugar a efectos en la sangre, sistema nervioso central (SNC), presión arterial, los riñones y el metabolismo de la vitamina D. La exposición al plomo en niños está relacionada con una disminución de su coeficiente intelectual (IQ). El sistema nervioso es el sistema más sensible a la exposición al plomo, quizás no haya para el plomo un umbral mínimo que indique el inicio de efectos neurológicos adversos en los niños. Se han detectado daños neurológicos a niveles de exposición que antes se consideraba que no causarían daño (<10 µg/dl). (Carbajal, Rodríguez y Peñuela, 2012)

Entre los alimentos habituales en la dieta humana, la leche y los productos lácteos contienen generalmente cantidades de metales pesados relativamente pequeñas, sin embargo, su concentración puede incrementarse en determinadas circunstancias. Además, la leche y los productos lácteos constituyen una fracción

cuantitativamente importante en la dieta de los individuos adultos (Carbajal, Rodríguez y Peñuela, 2012)

La Organización Mundial de la Salud, menciona que se ha comprobado que la leche de bovinos que pastorean e ingieren agua a las orillas de lagos y ríos contaminados con desechos industriales y aguas negras contienen metales pesados como plomo, cadmio, mercurio y zinc; en estos estudios se ha encontrado que la concentración de metales pesados ingeridos por las vacas tienen influencia sobre las concentraciones de dichos elementos en la leche, además demostraron que una parte de estos elementos son excretados en la leche, unidos a compuestos orgánicos, principalmente en las proteínas, mientras que otros se asocian a una baja porción de grasa (Rodríguez, 2003).

Los productos alimenticios cultivados en suelos contaminados o de regadío con agua impura acumulan contenido de metal y son una gran fuente de exposición a metales pesados a los animales y los seres humanos (Ward y Savage, 1994). Junto con estos factores muchas ocupaciones implican el contacto directo de los trabajadores a los metales pesados como cirujanos dentistas, pintores y soldadores, etc., Alimentos animales criados con piensos contaminados convertidos en fuente continúa de residuos de metales pesados en los tejidos comestibles y leche. La contaminación de metales pesados en carne y otros tejidos comestibles es un asunto de gran preocupación para la seguridad alimentaria y la salud humana. Estos metales son tóxicos en la naturaleza e incluso a concentraciones relativamente bajas pueden causar efectos adversos (Mahaffey, 1977; Shanti *et al*, 2008).

Los contaminantes ambientales son sustancias que ingresan al ambiente a partir de fuentes industriales y del uso indiscriminado en la producción agropecuaria, afectando las cadenas alimentarias. Los metales pesados son elementos químicos que forman cationes en soluciones acuosas y sales en ácidos, tienen un peso específico mayor

que  $5 \text{ g/cm}^3$  (ó de 4,5 si se trata del arsénico). Por su efecto toxicológico destacan el plomo, cadmio, mercurio, arsénico, cromo, talio, zinc, níquel, hierro, cobre, manganeso, molibdeno, vanadio, berilio, titanio y bismuto. El límite máximo de metales pesados o metaloides en la leche es de 0,1 mg/kg para el Plomo (Pb) en el estado de México (Carranza, 2009).

Los datos actuales sugieren fuertemente que la contaminación del suelo con residuos de metales pesados y el uso de agua de alcantarillado para beber afecta a los animales, que al final se reflejan en humanos como que son los usuarios finales de estos productos (Aslam *et al*, 2010).

#### 2.6.1 Distribución y metabolismo del plomo

Luego de su absorción, el plomo se distribuye en tres compartimentos: sanguíneo, tejidos blandos y tejidos óseos. En el primer compartimento, formado por la sangre, el plomo representa el 2% del contenido total, donde el 95% es transportado por los eritrocitos unidos a la hemoglobina, con una vida media de 36 días; luego se distribuye en los tejidos blandos y, posteriormente, va a huesos, dientes y cabellos. El segundo compartimento formado por tejidos blandos (riñón, hígado, médula ósea y sistema nervioso) representa aproximadamente el 10% del contenido total, con una vida media de 40 días; solo una pequeña parte se acumula en el cerebro, principalmente en materia gris y ganglios basales. El tercer compartimento lo conforman el tejido óseo y los dientes, que contienen el 90% del plomo almacenado, con una vida media de 10 a 30 años, debido a la formación de compuestos muy estables (Vera y Climent, 2004).

En determinadas circunstancias, como el embarazo, la lactancia, la menopausia, el hipertiroidismo, los períodos de acidosis, una



simple fractura, inmovilidad, edad avanzada y osteoporosis, se lleva a cabo una importante movilización mineral ósea. El plomo puede abandonar los huesos y entrar nuevamente en la sangre en cantidades suficientes como para provocar una intoxicación. El plomo de los huesos puede contribuir hasta con 50% del plomo en la sangre, de modo que es una fuente importante de exposición interna al plomo (Mencías y Mayero, 2000).

El embarazo y la lactancia aumentan considerablemente la demanda de calcio. Al salir calcio de los huesos, también se libera plomo, el cual atraviesa libremente la barrera placentaria, ocasionando que los recién nacidos tengan una concentración de plomo en sangre muy similar a la de sus madres. Asimismo, la secreción de plomo y de otras sustancias tóxicas almacenadas en la leche materna representa una fuente adicional de intoxicación de plomo para el niño. También tiene la capacidad de atravesar la barrera hematoencefálica, y se ha asociado a índices altos de esterilidad, abortos y mortalidad infantil. (Gulson *et al*, 1998; Vázquez *et al*, 2002).

## 2.6.2 Manifestaciones clínicas del plomo

### 2.6.2.1 Intoxicación aguda

La intoxicación aguda es poco frecuente, y puede aparecer tras la ingestión de una sal soluble (acetato de plomo), la inhalación de vapores de plomo, de una cantidad importante de un alimento contaminado o como consecuencia de la pica en niños (Gisbert, 2001)

Cursa con náuseas, vómitos, dolor abdominal, estreñimiento o diarrea inicial para, posteriormente, instaurar estreñimiento. Puede haber una crisis hemolítica aguda que ocasione anemia o hemoglobinuria. La alteración renal cursará con



oliguria, elevación de la úrea, proteinuria, aminoaciduria, glucosuria, fosfaturia y cilindruria. Además, habrá hepatitis tóxica. Pueden aparecer calambres musculares, debilidad, parestesias y algias en extremidades. En los adultos aparece una encefalopatía tardía que cursa con edema cerebral: cefaleas intensas, obnubilación, convulsiones y coma; por el contrario, en los niños esta encefalopatía es más precoz, y cursa con irritabilidad y convulsiones o con hipertensión endocraneal (Vera y Climent, 2004).

#### 2.6.2.2 Intoxicación crónica

Se presentan principalmente síntomas gastrointestinales, neuromusculares, hematológicos, renales y del sistema nervioso central. Los síntomas gastrointestinales son más frecuentes en el adulto en comparación con los niños, en quienes predominan los del sistema nervioso central (Vázquez *et al*, 2002).

La anemia se manifiesta con concentraciones a partir de 50  $\mu\text{g}/\text{dL}$  de plomo. Se puede presentar encefalopatía por plomo, que se manifiesta como un síndrome de hipertensión endocraneal. Esta encefalopatía es más frecuente en niños, debido a la mayor facilidad del plomo para penetrar el encéfalo, y está relacionada con déficits cognitivos, alteraciones del comportamiento, déficits visuales, alteraciones de lenguaje, etc. La polineuropatía de predominio motor, bilateral, simétrica y de afectación predominante en extremidades superiores produce una parálisis radial que alcanza primero los extensores largos del dedo medio y anular, después afecta los otros dedos y la extensión de la mano sobre el antebrazo que da lugar a una mano péndula. También puede extenderse a los miembros inferiores, produciendo la caída del pie. El plomo es teratógeno, y puede



provocar nacimientos prematuros, niños con bajo peso al nacer e, incluso, abortos en mujeres embarazadas (Camean y Repetto, 2006)

También puede dañar el sistema reproductor masculino, incluyendo calidad del esperma, disminución en el número de espermatozoides y mayor número de espermatozoides anormales (Moreno y Granada, 2012).

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) llegó a la conclusión de que existen evidencias suficientes en animales, pero solo evidencias limitadas en humanos para la carcinogenicidad del plomo inorgánico, y que los compuestos inorgánicos de plomo son probablemente cancerígenos para los humanos (World, 2006).

## **2.7 Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera**

El suelo es alterado como resultado de las actividades mineras. Una de las anomalías biogeoquímicas que se generan al momento de la extracción, es el aumento de la cantidad de micro elementos en el suelo convirtiéndolos a niveles de macro elementos los cuales afectan negativamente la biota y calidad de suelo; estos afectan el número, diversidad y actividad de los organismos del suelo, inhibiendo la descomposición de la materia orgánica del suelo (Wong, 2003).

Los suelos que quedan tras una explotación minera contienen todo tipo de materiales residuales, escombros estériles, entre otros, lo que representa graves problemas para el desarrollo de la cubierta vegetal, siendo sus características más notables las siguientes: clase textural desequilibrada, ausencia o baja presencia de la estructura edáfica, propiedades químicas anómalas, disminución o desequilibrio en el contenido de nutrientes fundamentales, ruptura de los ciclos



biogeoquímicos, baja profundidad efectiva, dificultad de enraizamiento, baja capacidad de cambio, baja retención de agua y presencia de compuestos tóxicos (García y Dorronsoro, 2002).

Los metales tienden a acumularse en la superficie del suelo quedando accesibles al consumo de las raíces de los cultivos (Baird, 1999). Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben en general más oligoelementos y la concentración de éstos en los tejidos vegetales está a menudo directamente relacionada con su abundancia en los suelos, y especialmente en la solución húmeda (Kabata-Pendias y Pendias, 2001). Las excesivas concentraciones de metales en el suelo podrían impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos y la salud del medio ambiente, ya que estos se mueven a través de la cadena alimenticia vía consumo de plantas por animales y estos a su vez por humanos. (Gulson *et al*, 1996)

Los metales acumulados en la superficie del suelo se reducen lentamente mediante la lixiviación, el consumo por las plantas, la erosión y la deflación.

Los metales pueden tardar de varias decenas a miles de años en reducir su volumen, ya que no pueden ser degradados; sólo se transforman a otros estados de oxidación en el suelo reduciendo su movilidad y toxicidad. No obstante, son un riesgo latente, ya que es en este estrato edáfico donde crecen las gramíneas y hierbas las cuales son consumidas por los animales y algunos de estos a su vez por el humano, entrando los metales a la cadena trófica. Al respecto Brus y Gruijter; (2002) señalan que las propiedades y características básicas del suelo, son las que determinan la transferencia de los metales pesados a las plantas.



## 2.8 Metales en alimentos

La toxicología de los alimentos o toxicología bromatológica, es una especialidad de la toxicología ambiental; esta hace referencia al conocimiento de la naturaleza, origen y formación de sustancias presentes en los alimentos que producen efectos adversos a la salud humana. Las concentraciones de elementos trazas esenciales así como de elementos tóxicos en productos de origen animal están ligados en gran medida a la composición de la dieta animal, las prácticas agrarias y la exposición a elementos tóxicos en la ganadería (Rey *et al*, 2013).

La leche se conoce como una excelente fuente de Ca, y puede suministrar cantidades moderadas de Mg, de Zn y muy pequeños contenidos de Fe y Cu, pero debido a la contaminación del medio ambiente puede contener niveles de metales tóxicos (Gonzales, 2009).

Los metales pesados entran en el cuerpo humano a través de la inhalación e ingestión. El Cd y el Pb son algunos de los metales pesados que han causado mayor preocupación en cuanto a los efectos adversos en la salud humana, esto debido a que se transfieren fácilmente a través de las cadenas alimentarias y no se conoce ninguna función biológica esencial de ellos. Como resultado, la absorción regular de pequeñas cantidades de ciertos elementos, como el Pb, puede causar efectos graves en la salud. El control de los niveles de estos elementos en los alimentos no sólo es un aspecto importante de la calidad de los alimentos, sino también de manera indirecta para monitorear los impactos de la actividad humana sobre el suelo, agua y aire específicamente en el campo de interés es un indicador indirecto de las condiciones ambientales locales o periféricas del suelo, agua, aire y vegetación de la zona donde se localiza el ganado. (Rahimi, 2013)



## 2.9 Contaminación de pasturas

Como consecuencia de las explotaciones mineras y riego de las pasturas con aguas servidas, se puede señalar que se expone un potencial problema ambiental con repercusiones en la Salud Pública de vegetales, animales y de humanos. Una vez que se emiten los metales tóxicos al medio, se bioacumulan en las pasturas y pueden permanecer en el ambiente durante muchos años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación, aunque es mucho más importante su acumulación en vísceras y músculo y su incorporación a la cadena trófica, tal como ha sido reportado por Martínez *et al*, 2013, (Arroyave y Araque, 2010).

La contaminación ambiental generada por explotación de un recurso no renovable, como es el petróleo, ocasiona una alta emisión de tóxicos como los metales pesados que con el paso del tiempo afectan la sanidad de diferentes agroecosistemas con repercusiones en toda la red trófica. Estas industrias extractivas originan persistencia y acumulación de metales pesados como cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), vanadio (V), zinc (Zn), mercurio (Hg) y molibdeno (Mo), entre otros, en suelos y en poblaciones animales y vegetales. (Sánchez *et al*, 2007; Hernández y Pastor, 2008).

El monitoreo de plomo realizado en pastos tropicales de Tailandia, son tierras de pastoreo que están contaminadas con Pb por las emisiones de los vehículos, la aplicación continua de grandes cantidades de fertilizantes y de estiércol; en la investigación que se llevó a cabo para controlar la contaminación de Pb, los resultados fueron: en suelo (6,25 a 14,59 mg/kg), hierba (0,76 a 6,62 mg/kg), fertilizante (1,53 mg/kg), estiércol (2,55 a 3,34 mg/kg), forraje que consume el vacuno (0,025 a 0,19 mg/kg) y muestras de leche cruda (0,014 mg/L) a distintas distancias de la carretera, concluyendo que las plantas que



crecen más cerca de las carreteras generalmente están expuestos a más acumulaciones de Pb que aquellos fuera de la carretera; además, el hallazgo de muestras de forraje claramente hay variación estacional en el consumo total de Pb diario por vaca individual de 109,37 mg/día (periodo seco) y 273,47 mg/día (periodo de lluvia). La ingesta semanal tolerable provisional de Pb en vacunos es de 390 µg/kg de peso corporal durante la estación lluviosa y 156 µg/kg de peso corporal durante la estación seca. Con relación al índice de leche cruda 0,014 mg/l está por debajo del Codex Alimentarius. (Parkpian *et al*, 2003)

Se ha determinado plomo por EAA (Espectrofotometría de Absorción Atómica) en muestras de forraje con promedio de concentración de 0,00416 mg/kg, para el agua 0,2181 mg/L y leche de bovino 0,0339 Pb./ mg/L, el valor obtenido para la correlación de leche forraje fue de (p= 0.430) y para leche agua (p=0.874) en la comunidad de San Ignacio Fresnillo en México; concluyeron que, el promedio de la concentración anual de plomo en forraje está por debajo de los límites definidos por la Unión Europea, para agua fue 22 veces mayor a los niveles recomendados por la Norma Mexicana, y para leche fue superior a los límites establecidos por normatividades como: la Unión Europea, Australia FAO. Por lo tanto se encontró que la concentración de plomo en agua y la leche de bovino son una fuente potencial de contaminación para los habitantes de la comunidad. (Letechipia de León *et al*, 2011)

La concentración de aguas residuales industriales que contengan metales pesados sobre el suelo, aumentará el contenido de estos. Asimismo se menciona que, el mecanismo del suelo en la retención de metales pesados pueden seguir cuatro diferentes vías: pueden quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la solución del suelo o bien fijados por procesos de adsorción, complejación y precipitación; pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas



tróficas; pueden pasar a la atmósfera por volatilización o pueden movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas. (Lerma, 2006)

Se ha comprobado que la leche de vacunos que pastorean e ingieren aguas de los lagos y ríos contaminados con desechos industriales contienen metales pesados como el plomo; en estos estudios se ha encontrado que la concentración de metales pesados ingeridos por vacunos repercuten sobre las concentraciones de dichos elementos en la leche, además que una parte de estos elementos son excretados en la leche. Asimismo manifiesta que el contenido de minerales en la leche de bovino puede estar influido por el agua de bebida del animal, los forrajes y/o el alimento balanceado, la época del año; además la técnica o el método de análisis de los metales. (Rodríguez, 2003).



## CAPITULO III

### Materiales y métodos

#### 3.1 Localización

##### 3.1.1 Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en el mes de setiembre del 2017, durante la época seca, las muestras fueron acondicionadas en el Laboratorio de Farmacología y Toxicología Veterinaria de la Universidad Nacional de Cajamarca y procesadas en el Laboratorio Delta S.R.L. de la Ciudad de Trujillo.

Características geográficas y meteorológicas de la zona de Bella Unión

Altitud	: 2650 m.s.n.m.
Latitud	: 7° 10' 03" S.
Longitud	: 78° 29' 35" W.
Clima	: Templado a seco.
Precipitación Pluvial	: 801 mm (promedio anual).
Humedad Relativa	: 68,92% (promedio anual).

#### 3.2 Materiales

##### 3.2.1 Material Biológico

- 08 muestras de leche.



### 3.2.2 Equipos:

#### 3.2.2.1 Materiales de laboratorio

- Tubos cónicos de polipropileno de alta transparencia de 15 ml.
- Cooler.
- Geles refrigerantes.
- Guantes descartables.
- Plumón de tinta indeleble.
- Fiolas pirex tipo A de 50 ml.
- Pipetas.
- Micropipeta Metler Toledo de 100 ul a 1000  $\mu$ l.
- Micropipeta Metler Toledo de 500 ul a 5000  $\mu$ l.

#### 3.2.2.2 Reactivos

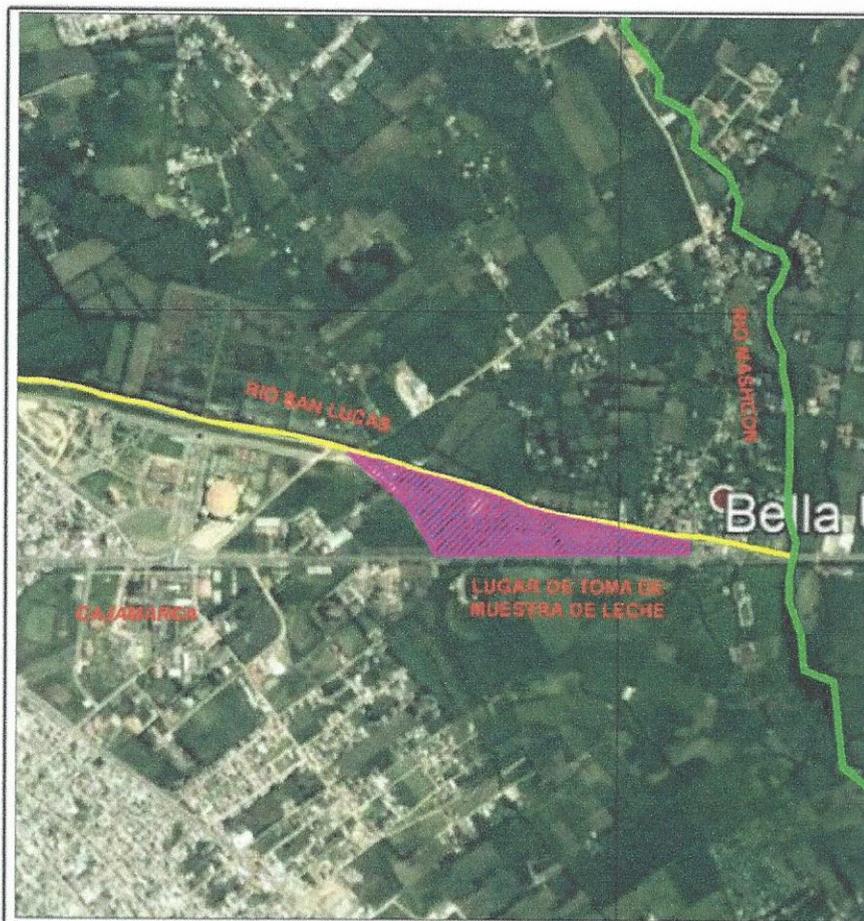
- Agua ultrapura tipo 1.
- Ácido nítrico ultra puro concentrado.
- Ácido clorhídrico ultra puro concentrado.
- Peróxido de hidrógeno ultra puro al 3%.
- Solución estándar de plomo 1000 ppm (Laboratorio Merck).
- Solución estándar de cadmio 1000 ppm (Laboratorio Merck).

#### 3.2.2.3 Equipos de Laboratorio

- Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito.
- Autosampler PAL 4000
- Centrífuga

### 3.3 Metodología

#### 3.3.1 Toma y envío de muestras



**Imagen 1** Plano de ubicación de los puntos de toma de muestras

El área escogida para tomar las muestras de leche se encuentra ubicada al margen derecha del río San Lucas, que corresponde a la zona de Bella Unión. Se tomaron las muestras de leche de esta zona, debido a que aproximadamente a 1000 m. desembocan directamente al canal las aguas servidas del distrito de Cajamarca ya que no funcionan las pozas de oxidación, por lo tanto dichas aguas se encuentran en su máxima contaminación y son utilizados para regar las pasturas que generalmente es una asociación de rye grass y trébol. El Canal



que lleva las aguas servidas continúa su recorrido por la zona de Huacariz, La Colpa hasta llegar al distrito de Jesús.

Se tomaron 2 muestras de leche fresca de cada ganadero que se encuentran ubicados en la zona de Bella Unión del margen derecho del río San Lucas, haciendo un total de 8 muestras que tienen por particularidad el riego de pasturas con aguas servidas. Estas muestras fueron tomadas directamente de los porongos, para lo cual se procedió de la siguiente manera:

Cada porongo a muestrear fue agitado con una barra de metal (regla) para homogenizar la muestra y con la ayuda de un litro de metal se tomó 500 ml de leche del fondo del porongo, luego se envasaron en frascos de vidrio y se rotuló cada muestra, y se conservó a una temperatura de 4°C luego fue trasladado al laboratorio Delta S.R.L. de la ciudad de Trujillo para la determinación de Pb y Cd. Para la conservación y el transporte se utilizó un cooler con geles refrigerantes, lo que se mantuvo hasta el momento del análisis.

### 3.3.2 Determinación de plomo y cadmio por espectrofotometría de absorción atómica

Las muestras fueron digeridas con ácidos fuertes, con lo cual se destruyeron las materias orgánicas; los minerales quedaron en una solución clara para su análisis por el método espectrofotometría de absorción atómica (Mendoza y Medina 2013).

- Digestión asistida por microondas

En un tubo de teflón se colocó 5 ml de la muestra problema, luego 3 ml de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) ultra puro concentrado, 1 ml de ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) ultra puro concentrado y 0,5 ml de peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) ultra puro. A continuación,



las muestras fueron llevadas a digestión a una potencia de 1400 vatios durante 15 minutos, y quedó un líquido transparente al final de la digestión. Todo fue enfriado por un espacio de 45 minutos. (Mendoza y Medina 2013)

- Determinación de Plomo y Cadmio
  - Verter el líquido transparente a una fiola de 50 ml tipo A, luego llevar a volumen con agua ultra pura tipo 1.
  - Se vierte la solución anterior en un vial de capacidad de 2 ml, y se lleva al automuestreador del equipo Perkin Elmer AAnalyst 600.
  - Se procede a las lecturas de las muestras.
- Fundamento del método espectrofotometría de absorción atómica

La espectrofotometría de absorción atómica es una técnica que se basa en la absorción específica de radiación por átomos no excitados. Es un método de elección para identificar y cuantificar trazas de metales en muestras líquidas.

La espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito es una técnica con elevada sensibilidad, que tiene la capacidad de detectar concentraciones muy pequeñas de 1 ppm o ppb. Además, se utiliza para muestras de pequeño volumen (microlitros). El equipo consta de una fuente (una lámpara de cátodo hueco específico para cada metal) que emite radiación a longitudes de onda específicas. Este tipo de lámparas contiene un ánodo de wolframio y un cátodo cilíndrico cerrado herméticamente en tubo de vidrio lleno con gas neón/argón a presión de 1 a 5 torr. Además, consta de un atomizador, donde se llevan a cabo fundamentalmente dos procesos: la atomización de la muestra y la absorción de



radiación proveniente de la lámpara por los átomos libres. Desde el tratamiento de la muestra hasta la atomización comprende las tres siguientes etapas: (Mendoza y Medina 2013)

1. **Secado.** Una vez que la muestra ha sido inyectada en el tubo de grafito, se calienta a una temperatura algo inferior al punto de ebullición del solvente (usualmente entre 80 a 180 °C). El objetivo de esta etapa es la evaporación del solvente y de los componentes volátiles de la matriz.
2. **Calcinado o carbonización.** El próximo paso del programa es el calcinado por incremento de la temperatura, para remover la mayor cantidad de materia orgánica de la muestra como sea posible, sin pérdida del analito. La temperatura de calcinación usada varía típicamente en el rango de 350 a 1600 °C. Durante este proceso se destruye la estructura química de la muestra. Durante el calcinado, el material sólido es descompuesto, mientras que los materiales refractarios, como los óxidos, permanecen inalterados.
3. **Atomización.** En esta etapa, el horno es calentado rápidamente a altas temperaturas (1800-2800 °C), para vaporizar los residuos del paso de calcinado (vapor atómico). En este proceso se convierten los iones (cationes) en átomos libres. Los átomos libres no excitados de un elemento son capaces de absorber radiación o energía a partir de fuente externa (lámpara de cátodo), siempre que la radiación absorbida corresponda exactamente a la energía necesaria para que tenga lugar la transición del átomo del elemento problema desde el estado fundamental a otro estado excitado de mayor energía. La diferencia de energías entre el estado final y



el inicial da la frecuencia de las líneas de absorción. La longitud de onda a la cual la luz es absorbida es específica para cada elemento; la cantidad de radiación absorbida es proporcional a la cantidad de átomos del elemento presente.

Asimismo, se cuenta con un monocromador para controlar la intensidad que llega al detector y separar radiación de fondo; un tubo fotomultiplicador, para convertir los fotones que no fueron absorbidos a cierta longitud de onda en señales eléctricas, para ser amplificadas y procesadas. Finalmente, se transmite a la computadora para su lectura (Douglas y Timoty, 2001).

- Curvas de calibración del Plomo

Para la realización de la curva de calibración se tomaron 12  $\mu$ l del reactivo estándar de plomo (100 ppb), 12  $\mu$ l de agua ultrapura tipo 1 (blanco) y 12  $\mu$ l de la muestra.

- Curvas de calibración del Cadmio

Para la realización de la curva de calibración se tomaron 12  $\mu$ l del reactivo estándar de cadmio (1 ppb), 12  $\mu$ l de agua ultrapura tipo 1 (blanco) y 12  $\mu$ l de la muestra.

### **3.4 Análisis estadístico**

Los resultados fueron analizados mediante una estadística descriptiva.



## CAPITULO IV

### RESULTADOS

**Tabla 3.** Parámetros estadísticos de los niveles de plomo (Pb) en 8 muestras de leche de vacas alimentadas con rye grass y trébol regados con aguas servidas.

Parámetro	Valores
Promedio mg/L	0,55 ± 0,10
Coefficiente de variación %	18,95
Rango	0,23
Mínimo	0,40
Máximo	0,63

**Tabla 4.** Frecuencia de niveles de cadmio en 8 muestras de leche de vaca alimentada con rye grass y trébol regados con aguas servidas.

Concentración	Frecuencia	Porcentaje
<0,0010 mg/L	5	62,5%
0,008 mg/L	3	37,5%
Total	8	100%

La tabla 3: Muestra los parámetros estadísticos de los niveles de plomo encontrados en ocho muestras de leche tomadas en 4 predios que tienen la particularidad de regar las pasturas (rye grass y trébol) con aguas residuales o servidas de la ciudad de Cajamarca. Tal como se observa en dicha tabla



los niveles de plomo se encuentran de 0,40 mg/L de leche cruda como mínimo y 0,63 mg/L de leche cruda como máximo, con un promedio de  $0,55 \pm 0,10$  mg/L, siendo el rango de 0,23 mg/L de leche cruda, lo cual indica que el 100% de las muestras sobrepasan los límites permisibles (0,02 mg/kg) establecidos por la OMS.

Asimismo en la Tabla 4 se observan la frecuencia de niveles de Cd en leche cruda de vacas que pastorean en campos rye grass y trébol que son regadas con aguas servidas. Se puede observar que el 62,5% de las muestras (5) de leche de vacas alimentadas con pasturas regadas con aguas residuales contienen niveles menores de 0,001 mg/kg y el 37,5% de las muestras (3) contienen niveles de 0,008 mg/L de leche cruda, estos valores no superan los límites establecidos por las Normas de Rumanía (0,01 mg/kg).



## CAPITULO V

### DISCUSIÓN

Los altos niveles de plomo que se han determinado en leche de vacas que consumen pasturas regadas con aguas servidas pueden deberse al agua de riego contaminada que se emplea generalmente en el riego de rye grass y trébol que consumen las vacas.

Esta situación pone en riesgo a los consumidores, en especial a los niños, que podrían ser más afectados. Se ha documentado que el Pb en los niños afecta al sistema nervioso central, generando una disminución de las funciones cognitivas, en la atención y genera impulsividad e hiperactividad (Lassiter *et al*, 2015).

Los resultados obtenidos para Pb concuerdan con lo reportado por Mendoza y Medina (2013) quienes encontraron plomo en leche de vaca (0,0434 mg/kg) que sobrepasan los niveles permisibles, manifestando que puede deberse al uso de aguas contaminadas que se emplea en el cultivo de chala y a los lixiviados del ensilaje que son ácidos y pueden facilitar la migración y la biodisponibilidad del plomo acumulado en el suelo.

El plomo se absorbe principalmente en el intestino. La absorción por esta vía depende de la forma, el tamaño, el vaciado gástrico, la motilidad gastrointestinal, el pH gástrico, la interacción del compuesto con otros componentes del tracto gastrointestinal, el estado nutricional y la edad. La absorción del plomo se ve incrementada si la partícula es pequeña, si existe deficiencia de calcio, hierro, potasio y zinc, si presenta una dieta rica en vitamina D o en lípidos, si hay inadecuada ingesta de calorías, si el



estómago está vacío y en los niños la absorción de plomo es de 30 a 50%, mientras que en el adulto es de 10% (Valdivia ,2005).

El plomo procede de las tuberías de conducción del agua o de los depósitos con revestimiento de plomo. La solubilidad del plomo en los sistemas de conducción está influenciada por varios factores como la acidez, la concentración de calcio y sales en el agua, y el tiempo que esta haya permanecido estancada dentro de estos sistemas. Además, el plomo contenido en las aguas de riego puede contaminar los cultivos, y, secundariamente, al hombre. (Otero *et al*, 1987).

En los mamíferos, la absorción intestinal de plomo ocurre principalmente en el duodeno. Sin embargo, se cree que el íleon también puede presentar eficientes tasas de absorción, siempre y cuando los niveles de caseína sean elevados, ya que más del 95% del plomo se encuentra unido a esta proteína. Por ello, se puede considerar que la presencia de plomo en la leche es una crítica vía de exposición al metal (Palminger y Oskarsson, 1995).

La Organización Mundial de la Salud, menciona que se ha comprobado que la leche de bovinos que pastorean e ingieren agua a las orillas de lagos y ríos contaminados con desechos industriales y aguas negras contienen metales pesados como plomo, cadmio, mercurio y zinc; en estos estudios se ha encontrado que la concentración de metales pesados ingeridos por las vacas tienen influencia sobre las concentraciones de dichos elementos en la leche, (Rodríguez, 2003).

El cadmio llega al suelo de los terrenos agrícolas por deposición aérea, con los fertilizantes fosfatados, por aplicación de abono de estiércol y, en el Perú, frecuentemente por efluentes que contienen residuos líquidos y sólidos de plantas hidrometalúrgicas de cadmio. La presencia de cadmio en la atmósfera es consecuencia de la polución natural, por la capacidad de las plantas de concentrar el cadmio de origen geoquímico y, tras su descomposición, dispersarlo en el medioambiente. Los fertilizantes y plaguicidas y las aguas residuales utilizadas para el riego, así como la



deposición atmosférica, hacen del cadmio un elemento común en los suelos de cultivo, donde es fácilmente absorbido por las plantas. (Rubio, 2002).

Los alimentos representan la fuente de exposición más importante para los individuos de la población. Entre el 90 y el 95% del cadmio ingerido es eliminado por la heces, lo que hace que la importancia de la ingestión de cadmio solamente sea significativa cuando existe un alto índice de contaminación ambiental, lo cual repercute en las concentraciones de cadmio en los alimentos. (Corey y Galvao, 1989)

Algunos autores han encontrado que la concentración de Cadmio ingerida por las vacas no tiene influencia sobre la concentración de dicho elemento en la leche, habiendo sido observado este hecho tanto en animales que consumían una dosis única del metal. Además, se ha sugerido que este elemento se secreta en la leche unido a compuestos orgánicos, principalmente proteínas, por lo que su paso a la leche estaría limitado por la secreción de dichas proteínas en el lumen alveolar (Singh y Ludri, 1999).



## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

Al concluir el trabajo de investigación se determinó que:

1. Los niveles de Pb encontrados en leche cruda de vacas que pastorean rye grass y trébol que son regados con aguas servidas superan los niveles máximos permisibles recomendados por la OMS (0,02 mg/kg)
2. Los niveles de Cd. Determinados en leche cruda de vaca que pastorean rye grass y trébol que son regados con aguas servidas no superan los límites establecidos por las Normas de Rumanía (0,01 mg/kg).



## CAPITULO VII

### BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, C, 2012. Los Metales Pesados y su Toxicidad. México.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2008. Cadmium. Atlanta: Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- Arroyave Q.C. y Araque M. P, 2010. Evaluación de la bioacumulación y toxicidad de cadmio y mercurio en pasto llanero (*Brachiaria dictyoneura*). *Vitae*, 17(1), 45-49.
- Aslam B, Javed I, Khan FH y Rahman ZU, 2010. La captación de residuos de metales pesados de lodos de depuradora en la leche de cabra y el ganado durante la temporada de verano. *PakVet J*, 31.
- Baird C, 1999. *Environmental Chemistry*. 2nd Ed. W.H. Freeman y Company.
- Brus D.J. y Gruijter, 2002. Mapping the probability of exceeding critical thresholds for cadmium concentrations in soils in the Netherlands. *J. Environ. Qual.* 31: 1875-1884.
- Camean AM y Repetto M, 2006. *Toxicología alimentaria*. Madrid: Ediciones Días de Santos.
- Carbajal, S. Rodríguez, D. y Peñuela G, 2012. Determinación de los niveles de cadmio en leches crudas usando un biosensor aptomérico. *Revista Lasallista de Investigación- Vol.9 N° 1*
- Carranza O, 2009. *Manual de Buenas Prácticas Pecuarias en Unidades de Producción de Leche Bovina*. Primera Edición. México.



- Córdoba D, 2001. Toxicología. 4<sup>a</sup> Edición. Colombia.
- Corey G. y Galvao L, 1989. Plomo. Metepec, México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud OPS/OMS; Serie vigilancia 8.
- Douglas AS., James H. y Timoty A, 2001. Principios de análisis instrumental. (5.a ed.). España: Mc Graw Hill.
- Fergusson, J.F, 1990. The heavy Elements. Chemistry, Enviromental Impact and Health Effects. Pergamon Press.
- García I. y Dorronsoro C, 2002. Contaminación por metales pesados. Departamento de edafología y química agrícola de España.
- Gisbert JA, 2001. Medicina legal y toxicología. (5.a ed.). Barcelona: Masson.
- González J.R, 2009. Metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea (UE). Rev Colomb Cienc Pecu 22:3. Disponible en [http://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum5/nmr\\_cadmium.pdf](http://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum5/nmr_cadmium.pdf) (consultado el 10 de febrero 2018).
- Goodman y Gilman., 2003. Las bases farmacológicas de la terapéutica. (10.a ed.). México: McGraw-Hill.
- Goyer RA, 1997. Toxic and Essential Metal Interactions. Annu Rev Nutr; 17: 37-50.
- Gulson B.L., Mizon K.J., Korsch M.J. y Howarth D, 1996. Non-orebody sources are significant contributors to blood lead of some children with low to moderate lead exposure in a mayor mining community. The science of the total environment. 181: 223-230.
- Gulson BL., Mahaffey KR., Jameson CW., Mizon KJ., Korsch MJ., Cameron MA. y Elisman JA, 1998. Mobilization of lead from Skelton during the postnatal period is larger than during pregnancy. J Lab Clin Med; 131: 324-329.



- Gutiérrez AJ, 2010. Concentración de metales pesados en leche cruda de vaca en la provincia de León, España (Tesis doctoral). León: Área de Publicaciones. Universidad de León.
- Hernández, A.J. y Pastor J, 2008. Validated approaches to restoring the health of ecosystems affected by soil pollution. En Domínguez, J.B. y Columbus, F. (Eds.), Chapter 2: Soil Contamination Research Trends (pp.51-72). Hauppauge, USA: Nova Science Publishers, Inc.
- James HM, Hilburn ME. y Blair JA, 1995. Effects of Meals and Meal Times on Uptake of Lead from the Gastrointestinal Tract in Humans. Hum Toxicol; 4:401-407.
- Jurado, R, 1989. Toxicología Veterinaria. 2ª Edición. España.
- Kabata-Pendias A. y Pendias H, 2001. Trace elements in soils and plants CRC. Press, Florida.
- Kennish MJ, 1992. Ecología de los estuarios antropogénicas Efectos. CRC Press, Boca Ratón.
- Lacas, D.,1985. Ciencias de la Leche. 4ª Ed. España.
- Lassiter, M. G., Owens, E. O., Patel, M. M., Kirrane, E., Madden, M., Richmond-Bryant, J., Dubois, J.-J, 2015. Cross-species coherence in effects and modes of action in support of causality determinations in the U.S. Environmental Protection Agency's integrated science assessment for lead. Toxicology. doi:10.1016/j.tox.2015.01.015
- Leche Y Derivados Lácteos. Norma Técnica Peruana. Indecopi. NTP 2002.001.
- Lerma, M, 2006. Evaluación de Suelos y Especies Vegetales con Potencial de Acumulación de Metales Pesados. Tesis. Universidad Autónoma de Chihuahua. México.



- Leticchipia de Leon, C.; Rodriguez, F.H.; Manzanares A. E, 2011. Concentración de Plomo en Forraje, Agua y Leche de Bovino en San Ignacio, Fresnillo, Zac. México. Disponible en: [https://investigacion.uaa.mx/seminario/memoria\\_electronica/12seminario/ponencias/m\\_nat/consuelo\\_letechipia\\_de\\_leon.pdf](https://investigacion.uaa.mx/seminario/memoria_electronica/12seminario/ponencias/m_nat/consuelo_letechipia_de_leon.pdf) (Consultado el 26 de julio del 2017).
- Mahaffey KR, 1977. Concentraciones de minerales en los animales tejidos: Ciertos aspectos de la función regulatoria de la FDA. J Ciencia Animal. Mohammad IK, Mahdi AA, Raviraja A, Najmul I, A Iqbal y V Thuppil de 2008. El estrés oxidativo en los pintores expuestos a niveles bajos de plomo. ArhivHigToksikol Rada.
- Martínez V, C, Rodríguez L., P. y Torres C., H, 2013. Determinación de metales pesados en diferentes órganos de bovinos en pastoreo en dos localidades del Magdalena Medio colombiano. Tesis Médico Veterinario. Universidad de la Paz.
- Mencías E. y Mayero LM, 2000. Manual de toxicología básica. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Mendoza O.Y.y Medina P.C, 2013. Determinación de plomo y cadmio por espectrofotometría de absorción atómica en leche cruda de bovino en establos lecheros del distrito de Chancay-Huaral.
- Ministerio de Salud, decreto 2437, Título V de la Ley 9ª de 1979, 30 de agosto de 1983. Producción, Procesamiento, Transporte y Comercialización de la leche. Revista lasallista de investigación – vol 2 N° 1. Colombia. enero-junio, 2005, pp 38- 42.
- Ministerio de Salud y Protección Social, 2011. Identificación de riesgos químicos asociados al consumo de leche cruda bovina en Colombia. Bogotá: Ministerio de Salud y Protección Social. Unidad de Evaluación de Riesgos para la Inocuidad de los Alimentos (UERIA) e Instituto Nacional de Salud (INS).



- Moreno A y Granada J, 2012. Intoxicación por plomo: diagnóstico diferencial de dolor abdominal crónico. Reporte de caso y revisión de tema. Univ. Méd. Bogotá. Colombia; 53(2): 199-207.
- Mubbasher S., Waheed S. y Hayat and Hayat I, 2003. Effect of environmental pollution on quality of meat in district Bagh, Azad Kashmir. Pakistan J ourl of Nutr 2003; 2(2):98-101.9.
- Mubbasher Sabyr S., S. Waheed Khan and I. Hayat; 2003. Effect of environmental pollution on quality of meat in district Bagh, Azad Kashmir. Pakistan Journal of Nutrition. Vol. 2 No. 2: 98-101.
- Otero A., Mora B., Cao M. y Rodríguez L, 1987. Epidemiología de la intoxicación por plomo de agua domiciliaria y saturnismo. Valoración de los parámetros para el estudio de grandes poblaciones. Rev San Hig Pub; 61: 799-810.
- Palminger HI. y Oskarsson A, 1995 Bioavailability of Leas from various Milk Diets studied ir a Suckling Rat Model. Biometals; 8: 231-236.
- Parkpian p.; Leong S. T.; Laortanakul P.; Thunthaisong, 2003. El monitoreo regional de contaminación de plomo y cadmio en un sitio de pastos tropicales, Tailandia. Disponible en: [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12828350](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12828350) (Consultado el 20 de Agosto del 2017).
- Pérez PE. y Azcona Cruz M, 2012. Los efectos del cadmio en la salud.Rev Esp Méd Quir; 17(3): 199-205.
- Rahimi E, 2013. Lead and cadmium concentrations in goat, cow, sheep, and buffalo milks from different regions of Iran. Food Chemistry 136: 389–391
- Ramírez A, 2002 Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. Anales de la Facultad de Medicina; 63(1): 51-64.



- Rey F., Miranda M, López-Alonso M, 2013. Essential trace and toxic element concentrations in organic and conventional milk in NW Spain. *Food and Chemical Toxicology* 55: 513–518
- Roder, J, 2002. *Manual de Toxicología Veterinaria*. 1ª Edición. España.
- Rodríguez H, Sánchez E, Rodríguez M, Vidales J A., Acuña K A., Martínez G. y Rodríguez J, 2005; Metales pesados en leche cruda de bovino. México. *Salud Pública y Nutrición*. 6(4). Disponible en: <Http://www.respyn.uanl.mx/vi/4/articulos/metales> (Consultado el 12 de agosto del 2017)
- Rodríguez S, 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.
- Rubio C, 2002. Ingesta dietética de contaminantes metálicos (Hg, Pb, Cd, Fe, Cu, Zn y Mn) en la Comunidad Autónoma Canaria: evaluación toxicológica (Tesis). España: Departamento de Pediatría, Obstetricia, Ginecología y Medicina Preventiva, Universidad de La Laguna.
- Sánchez, A., López, M. y Nadal, J, 2007 Bioaccumulation of lead, mercury, and cadmium in the greater white-toothed shrew, *Crocidura russula*, from the Ebro Delta (NE Spain): sex-and age-dependent variation. *Environmental Pollution*, 145(1), 7-14.
- SENASA, 2008: Estudio de línea de base de metales pesados en leche de ganado bovino, Cajamarca.
- Singh, Mahendra y Ludri, R.S, 1999 immediate effect of bromocryptine on plasma hormone concentrations during early lactation in crossbred goats. *Small Rum. Res*; 31:141-147.



- Shanti D, Balakrishnan V, Kalaikannan A y KT Radhakrishnan, 2008. La presencia de metales pesados en productos derivados del cerdo en Chennai (India). Am J FoodTech.
- Valdivia MM, 2005. Intoxicación por plomo. Rev. Soc. Per. Med. Inter; 18(1): 22-27.
- Vázquez E., Maldonado P., Videgaray F. y Moreno F, 2002. Intoxicación por plomo: reporte de un caso y revisión de la literatura. An Med Asoc Med Hosp ABC; 47(1): 33-37.
- Vera G. y Climent B, 2004. Intoxicaciones por metales pesados. En Bataller R., editor. Toxicología clínica. Valencia: Universidad de Valencia; pp. 171-191
- Vullo D, 2003. Microorganismos y metales pesados: una interacción en beneficio del medio ambiente. (Revista electrónica) Química Viva; 2(3). Disponible en:  
<http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/Actualizaciones/metales/metales>
- Waldner C, Checkley S., Blakley B., Pollock C. y Mitchell B, 2002. Managing Lead Exposure and Toxicity in Cow-calf Herds to minimize the Potential for Food Residues. Vet Diagn Invest, 14: 481-486.
- Ward, NI y JM Savage, 1994. Metales y dispersión actividades transportational con los cultivos alimentarios, como biomonitores. Sci Total de Medio Ambiente.
- Whelton, B.D.; Toomey, J.M. y Bhattacharyya, M.H, 1993. Cadmium-109 metabolism in mice. IV. Diet versus maternal stores as a source of cadmium transfer to mouse fetuses and pps during gestation and lactation. J. Toxicol. Environm. Health., 40:531-46.
- Wong M.H, 2003. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. Chemosphere. 6: 775-780.



World Health Organization, 1995. Inorganic Lead. Ginebra: Who; Environmental Health Criteria 165.

World Health Organization, 2006. IARC Inorganic and Organic Lead Compounds. Lyon: International Agency for Research on Cancer; vol. 87.

World Health Organization, 2011. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants (Seventy-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). Ginebra: Who. Technical Report Series 960.

Zafar IK., Kafeel A., Alireza B., Muhammad KM.y Muhammad S, 2013. Evaluation of Lead Concentration in Pasture and Milk: A Possible Risk for Livestock and Public Health. Pakistan J. Zool; 45(1): 79-84.



**ANEXOS**



## SERVICIOS DE ANÁLISIS Y ASESORÍA **DELTAS** S.R.L.

### REPORTE DE ANÁLISIS

N° 062 – deltas – 17

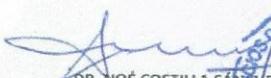
SOLICITANTE : YESSICA MONTEZA SALDAÑA  
MUESTRA : LECHE  
PROCEDENCIA : CAJAMARCA  
FECHA : 20 DE SEPTIEMBRE DE 2017

MUESTRA PUESTA EN EL LABORATORIO

Muestra	mg Pb /Litro de leche <sup>(A)</sup>	mg Cd / Litro de leche <sup>(A)</sup>
1	0.401	< 0.001
2	0.480	< 0.001
3	0.400	0.008
4	0.616	< 0.001
5	0.624	0.008
6	0.632	< 0.001
7	0.604	0.008
8	0.632	< 0.001

(A): Método de absorción atómica

Trujillo 30 de septiembre de 2017

  
DR. NOÉ COSTILLA SÁNCHEZ  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP: 18715  
PERITO QUÍMICO DE CIP





**Tabla 5.** Estadística descriptiva del plomo en leche (mg/L) de vacas alimentadas con rye grass y trébol regadas con aguas servidas

N	Válido	8
	Perdidos	0
Media		0,548625
Mediana		0,610000
Moda		0,6320
Desviación estándar (D.S.)		0,1040480
Coefficiente de Variación%		18,95
Rango		0,2320
Mínimo		0,4000
Máximo		0,6320
Percentiles	25	0,420750
	50	0,610000
	75	0,630000



Figura 1 lugar de recolección de muestras



Figura 2 toma de muestra de los porongos



**Figura 3 muestra de leche envasada y rotulada**



**Figura 4 centrifugación de las muestras**



**Figura 5 Lectura de la muestra en el espectrofotómetro**