



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

**“DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ARSENICO, CADMIO, COBRE, MERCURIO Y PLOMO EN LECHE DE BOVINO”**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autoras:

Aylin Jamileth Lopez Salazar

Gueraldin Manuela Vasquez Huaranca

Asesor:

M. Sc. Marieta Cervantes Peralta

Cajamarca - Perú

2021

## DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a Dios, a nuestra familia por su apoyo absoluto, a todos los docentes que a lo largo de la carrera nos han orientado y brindado conocimientos para que este proyecto se culmine.

A nuestros compañeros de carrera que al igual que nosotros realizan proyectos de investigación y tratamos de apoyarnos.

## AGRADECIMIENTO

En la realización y ejecución del presente proyecto, agradecer a Dios por darnos las fuerzas necesarias para culminarlo. A nuestros padres por el apoyo y comprensión para que se lleve a cabo de manera satisfactoria. A los profesores que nos brindaron conocimientos a lo largo de la carrera para cumplir con nuestros propósitos.

A nuestros asesores por su apoyo en el transcurso de todo el proceso.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
1.1. Realidad problemática .....	9
1.2. Formulación del problema .....	15
1.3. Objetivos .....	15
1.4. Hipótesis .....	15
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>16</b>
2.1. Tipo de investigación.....	16
2.2. Población y muestra.....	16
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	17
2.4. Procedimiento .....	21
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
PLOMO.....	23
ARSÉNICO.....	27
CADMIO .....	31
COBRE .....	35
MERCURIO.....	39
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>43</b>
4.1 Discusión .....	43
4.2 Conclusiones.....	45

<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>51</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Unidad y criterios .....	17
<b>Tabla 2:</b> Matriz de técnicas e instrumentos .....	18
<b>Tabla 3:</b> Resultados del meta-análisis de plomo .....	24
<b>Tabla 4:</b> Resultados del meta-análisis de arsénico .....	28
<b>Tabla 5:</b> Resultados del meta-análisis de cadmio.....	32
<b>Tabla 6:</b> Resultados del meta-análisis de cobre.....	36
<b>Tabla 7:</b> Resultados del meta-análisis de mercurio .....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Técnicas de análisis de datos .....	19
<b>Figura 2:</b> Proceso de recolección de datos .....	20
<b>Figura 3:</b> Concentración de plomo .....	23
<b>Figura 4:</b> Forest plot de plomo .....	25
<b>Figura 5:</b> Forest plot para concentración de plomo.....	26
<b>Figura 6:</b> Concentración de arsénico.....	27
<b>Figura 7:</b> Forest plot de arsénico .....	29
<b>Figura 8:</b> Forest plot para concentración de arsénico.....	30
<b>Figura 9:</b> Concentración de cadmio .....	31
<b>Figura 10:</b> Forest plot de cadmio.....	33
<b>Figura 11:</b> Forest plot para concentración de cadmio .....	34
<b>Figura 12:</b> Concentración de cobre .....	35
<b>Figura 13:</b> Forest plot de cobre .....	37
<b>Figura 14:</b> Forest plot para concentración de cobre .....	38
<b>Figura 15:</b> Concentración de mercurio.....	39
<b>Figura 16:</b> Forest plot de mercurio.....	41
<b>Figura 17:</b> Forest plot para concentración de mercurio.....	42

## RESUMEN

Esta investigación tiene como finalidad determinar la concentración de arsénico, cadmio, cobre, mercurio y plomo en leche de bovino; mediante la evaluación de las causas de absorción y bioacumulación de ciertos metales y los posibles efectos negativos en salud del ser humano. Para la redacción se realizó un tamizaje en diversas revistas indexadas y metabuscadores, de acuerdo a criterios de elegibilidad se consideraron 25 investigaciones; esta información fue procesada con el programa Epidat mediante la diferencia estandarizada de medias (SMD), para el análisis de bioacumulación se nombró dos grupos, “recursos naturales” (agua, pasto y suelo) y “leche de bovino”. Resultando la concentración más elevada en recursos naturales en el suelo; con 0.206 ppm de Pb, 0.508 ppm de As, 0.375 ppm de Cd, 0.790 ppm de Cu y 0.042 ppm de Hg; por otro lado, la concentración más elevada en leche de bovino fue de plomo (0.210 ppm) y arsénico (0.435 ppm); para la el caso de bioacumulación se produjo en Pb, As, Cd, Cu y Hg de los recursos naturales respecto a la leche de bovino; y respecto al consumo de leche de bovino contaminada puede provocar anemia, alteración al sistema nervioso central, enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales y cáncer.

**Palabras clave:** concentración, bioacumulación, transferencia, cadena trófica, vacuno, efectos



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Se han realizado investigaciones en la actualidad con el fin de obtener información sobre problemas de salud pública por la intoxicación de metales pesados, para lo cual se definen diversas causas o medios de obtención de estas sustancias y su ingreso al organismo del ser vivo, ante esto en algunas investigaciones refieren que la acumulación de metales pesados en el ser humano puede deberse a la ingestión de alimentos con contenidos elevados de estos metales pesados que son nocivos y sus posibles orígenes y el traspaso de los metales pesados a través de la cadena trófica.

Pinzón (2015) en una investigación realizada en la ciudad de Colombia dedujo que las diferentes fuentes de contaminación natural y antropogénica son los principales causantes de metales en los alimentos. En la ciudad de Colombia y en sus alrededores más importantes del país se ha visto un crecimiento acelerado en el proceso de industrialización el cual es un peligro latente para el medio ambiente. En tal sentido, Sáenz (2019) en su artículo determinó que algunos metales presentes en la cadena alimenticia son de gran importancia ya que, la ausencia o la concentración elevada de estos metales podrían causar diferentes alteraciones, como, anemia, cáncer en las vías respiratorias, bajo rendimiento reproductivo, deficiente crecimiento, disminución de la inmunidad, insuficiencia cardíaca, fatiga, trastornos gastrointestinales, trastorno de la piel lo que puede provocar el fallecimiento teniendo en cuenta el tiempo de la exposición, la nocividad del metal o metaloide (p. 15).

De tal modo, los metales pesados no se degradan, pueden cambiar su estado de oxidación o incorporarse; la presencia de éstos metales pesados en alimentos altera la cadena alimenticia y ocasiona daños a la salud pública, a esta conclusión llegaron Madero y Marrugo (2011). Respecto a lo mencionado anteriormente, el aumento del sector minero e industrial, así como el crecimiento de las poblaciones ubicadas en las zonas aledañas de los ríos, ha ocasionado la contaminación de estos cuerpos fluviales, entre los contaminantes más estudiados y relevantes en la actualidad, debido que los metales pesados presentes en el ambiente tiene efectos nocivos para la salud del hombre y el medio ambiente. (Chata, 2015).

Por otro lado, Carrillo (2013) menciona que “las principales fuentes de contaminación de plomo en la leche son por el inadecuado proceso de lavado de manos lo que altera a la leche durante el ordeño manual” (p. 53). Además, en su artículo *Determinación de Metales pesados y Evaluación de la Biotransferencia de especies inorgánicas de arsénico en leche bovina cruda*, Castellanos (2015), alega que la leche es un alimento con un valor nutricional alto, puesto que está compuesta de agua, vitaminas A, D y del grupo B, especialmente B1, B2, B6 y B12, sólidos como grasa, proteínas y minerales (calcio, fósforo, zinc y magnesio). Por tanto, se expone que las principales razas de bovino productoras de leche son: Guernsey, Brown Swiss, Jersey, Holstein Frisian y sus cruces; además el bovino es alimentado por insumos como: forraje, maíz, melasa, panca, chala, harina de pescado, entre otros (p. 10).

Castro *et. al.* (2017), publicó un artículo en la revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, en la cual se expone que la alfalfa es una planta bioacumuladora de metales pesados, lo cual hace deducir que este puede ser el transporte de las sustancias contaminantes a los animales, lo cual es un riesgo inminente en la salud. Algunos metales como el Co, Cu,

Fe, Mn, Ni, Se y Zn son esenciales para el crecimiento de las plantas; pero si las concentraciones de estos metales superan los límites máximos permisibles, estos elementos se vuelven tóxicos para el ser humano. Sobre todo, en el caso de algunos metales que no son esenciales para el funcionamiento del organismo de los animales y que son considerados con mayor grado de toxicidad; en el caso de arsénico, se le ha asignado una función respecto a las plantas y animales en su metabolismo; sin embargo, es un metaloide enormemente dañino y se les considera a los tres como cancerígenos. “Las leches crudas pueden tener varios tipos de residuos químicos peligrosos utilizados de manera inadecuada, como las aflatoxinas, plaguicidas y metales pesados” (Carvajal *et al.*, 2012).

La Universidad de Córdoba mediante una investigación señala que si los bovinos consumen alfalfa contaminada, podría originar acumulación de metales pesados en el organismo, los cuales pueden ser expulsados por las glándulas mamarias, es decir, la leche segregada por estos bovinos ocasionaría daños en la salud. Los suelos regados con aguas residuales no tratadas, representan un peligro para la salud pública de toda la población. (Castro, 2017, p. 24). En este mismo año, Schlapbach sostiene en su investigación que: Se ha comprobado que el agua de lagos y ríos contaminados, contienen Pb, Cd y Zn; por lo cual la leche de bovino se ven afectados. La concentración de estos metales, ingeridos por estas vacas, aumenta la concentración de dichos elementos en la leche, pudiendo ser excretados por sus células mamarias (p. 1).

Castellanos (2015) menciona que la leche contiene numerosas sustancias xenobióticas entre las cuales se encuentran metales pesados, la concentración elevada de estos elementos es un indicador del grado de contaminación de la leche y también de las condiciones ambientales del agua, aire, suelo y vegetación de la zona donde se sitúa el ganado (p. 25).

Flores (2016) en un artículo publicado, nos redacta que la mayoría de las ganaderías hacen uso del agua como un recurso vital para satisfacer sus necesidades de bebederos, para el riego de pastizales o también para la limpieza de los mismos sistemas de ordeño. Por otro lado, muchas de estas ganaderías no toman en cuenta la calidad del agua de bebida que es proporcionada, para ello, esta agua debe de cumplir ciertos parámetros mínimos tales como: físicos, químicos y microbiológicos; que permitan determinar si son aptas para ese fin y que no provoquen alteraciones en quien las consume ni en sus productos o derivados (p. 20).

En animales se produce una alteración, ya que la consumen de alguna forma, lo cual afecta diversas funciones como en el sistema digestivo, renal, el ritmo cardiaco, la presión sanguínea, y por último la función renal. Adicionalmente, afecta el sistema reproductor, incrementa la probabilidad de abortos espontáneos y provoca alteraciones en fetos y recién nacidos. De igual manera, las enfermedades respiratorias que causan la muerte son provocadas por la inhalación de metales pesados en elevadas concentraciones, pues este es la razón principal. La exposición crónica a estos metales ocasiona numerosos daños al sistema nervioso central. Así mismo, el Cd permanece en el individuo hasta por 30 años, especialmente en el riñón, ya que, su reducción tiene un proceso muy lento que se da a través de la orina, lo cual, puede provocar afecciones renales, osteoporosis, dolores óseos y fallos del aparato reproductor. Además, no puede descartarse que actúe como causante de cáncer pulmonar, a medida que se absorbe este metal se produce una deficiencia de calcio, proteínas, o zinc (Pacco , 2018).

Después de su absorción, el plomo se desplaza por todo el organismo atravesando órganos y sistemas. El plomo representa el 2 % del contenido total, donde el 95 % es transportado por los eritrocitos con la hemoglobina; este es el primer recorrido formado por la sangre, luego se moviliza en los tejidos y posteriormente, va a huesos, dientes y cabellos.

El segundo recorrido constituido por tejidos blandos (riñón, hígado, médula ósea y sistema nervioso) representa aproximadamente el 10 % del contenido total, con una vida media de 40 días; una pequeña parte se acumula en el cerebro. El tercer recorrido conformado por el tejido óseo y los dientes, que contienen cerca del 90 % del plomo almacenado, con una vida media de 10 a 30 años, debido a la formación de compuestos muy estables (Mendoza y Medina, 2013).

La intoxicación crónica por arsénico produce hiperqueratosis por una exposición mayor a cinco años, esta es considerada como precursora de cáncer a la piel, vejiga y pulmón. De otro modo, la intoxicación crónica por plomo tiene efectos neurológicos tales como la degeneración de las terminaciones axónicas y en el recubrimiento de la mielina, problemas con el aprendizaje, hipertensión arterial y una intoxicación crónica; el cadmio puede llegar a provocar insuficiencia renal la cual se asocia con cáncer sin embargo los mecanismos no están tan claros. (Chata, 2015). Además, según señala Carrillo (2013), los principales contaminantes son fertilizantes químicos y plaguicidas empleados en la agricultura, estos afectan la calidad del agua que ingieren los bovinos y como consecuente la calidad de la leche de bovino (p. 1).

De acuerdo a la revista *MVZ Córdova*, en la que Chata (2015) publica una investigación donde analiza que las concentraciones de Pb y Cd a nivel hepático y muscular, denotan una acción sinérgica entre estos dos metales, que puede ir desde un efecto acumulativo a nivel hepático sin presencia de manifestaciones clínicas en el animal (asintomático), hasta crisis agudas y muerte. Igualmente, en el vertimiento de aguas residuales están presentes metales pesados, lo cuales se transportan en el agua incorporándose en el alimento del ganado de los que se obtienen productos lácteos (p. 13).

Por consiguiente, entre las principales actividades causantes de la contaminación ambiental destacan el sector minero, agricultura y manufactura, el uso de pinturas, gasolinas y productos agroquímicos que contienen los metales pesados antes mencionados. Las personas pueden verse expuestas a estos metales por múltiples fuentes ya sea en su lugar de trabajo o en su entorno, principalmente por ingesta de leche de bovino con contenido de estos.

Debido a esto, se realiza una investigación basada en diversos estudios, para determinar la concentración de metales pesados en leche de bovino y caracterizar las consecuencias de la concentración de estos. Por lo tanto, es un motivo de atención especial, ya que, constituye uno de los principales problemas presentes en todo el mundo, puesto que, hay muy poco conocimiento acerca del tema por parte de la población. De tal modo, recolecta información de distintas investigaciones científicas; es decir, este trabajo servirá como base para futuras investigaciones referente a este tema. Además, se utilizará para antecedentes sobre las posibles afecciones en la salud de las personas que hagan consumo de esto.

En la actualidad, muy pocas investigaciones se han orientado a evaluar la concentración de metales pesados en leche de bovino para consumo humano; por lo cual, la presente revisión tiene como objetivo general determinar la concentración de arsénico, cadmio, cobre, mercurio y plomo en leche de bovino. Asimismo, analizar las causas de la presencia de metales pesados en leche de bovino. Por otro lado, evaluar la bioacumulación de metales pesados en la cadena trófica de bovinos. Finalmente, analizar los posibles efectos de la presencia de metales pesados en leche de bovino, los cuales están enfocados en las posibles fuentes de absorción de metales pesados, puesto que estos metales tóxicos pueden provocar enfermedades irreversibles.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la concentración de arsénico, cadmio, cobre, mercurio y plomo que se encuentra en la leche de bovino?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la concentración de arsénico, cadmio, cobre, mercurio y plomo en leche de bovino.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Analizar las causas de la presencia de metales pesados en leche de bovino.

Evaluar la bioacumulación de metales pesados en la cadena trófica de bovinos.

Analizar los posibles efectos de la presencia de metales pesados en leche de bovino.

## **1.4. Hipótesis**

La concentración de metales pesados en leche de bovino es provocada por la contaminación del agua de los ríos, por las diferentes actividades económicas de su entorno. Y estas son utilizadas como bebida y para riego de pastizales, que son consumidos por bovino; lo que afecta a la salud del ser humano a través de su consumo directo.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Es una investigación descriptiva, no experimental – transaccional, porque puntualiza la concentración de los metales pesados, sin realizar un análisis experimental, ya que, no manipula las variables en el recojo de datos en un único periodo del tiempo. (Salinas, 2019, p. 18)

### 2.2. Población y muestra

Para la selección de la información las consultas se realizaron en los repositorios virtuales de la Universidad Nacional de Cajamarca, Universidad Nacional del Altiplano Puno, Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Guayaquil, Universidad Wiener, Universidad Central del Ecuador, entre otros, lo que permite identificar gran variedad de revisiones experimentales de revistas nacionales y extranjeras e indexadas. Al mismo tiempo, se realizan búsquedas en las redes de revistas científicas como: Redalyc, Google Académico, Dialnet, Concytec, Scielo; de la misma forma se consultan diversos documentos, tales como tesis de grado, libros y proyectos entre otros, los cuales están redactados en idioma castellano. Este proceso se inició aproximadamente en el mes de abril del 2020.

Para la búsqueda de la información, se utilizan diferentes variables como: absorción atómica, arsénico, concentración de metales pesados en leche, plomo, cadmio, leche cruda de bovino, seguridad alimentaria, agua de consumo para ganado con concentraciones elevadas de metales pesados, riesgo de movilización de los contaminantes a la leche, entre otros, lo cual permitió adquirir numerosos artículos, tesis de grado, libros electrónicos y una diversidad de textos, que de acuerdo a la temática a desarrollar en el presente artículo,



responden a la pregunta de investigación referente a “Cuál es la concentración de arsénico, cadmio, cobre, mercurio y plomo que se encuentra en la leche de bovino”.

Como criterios de inclusión para los presentes artículos científicos se tiene: a) La Confiabilidad de la Revista donde están publicados, b) Redacción en idioma castellano e inglés, c) Provenientes de Sudamérica y Norteamérica. Por otro lado, se tuvo en cuenta, como criterios de exclusión: a) Años de antigüedad mayores a 10 años, b) Concentración de metales en carne de bovino, c) Artículos científicos que no cuentan con resultados.

**Tabla 1:**

*Unidad y criterios*

<b>Unidad de análisis</b>	<b>Metales pesados en leche de bovino</b>
<b>Criterios de Inclusión</b>	Confiabilidad de las revistas donde están ubicados
	Redacción en idioma castellano e ingles
	Provenientes de Sudamérica y Norteamérica

**2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

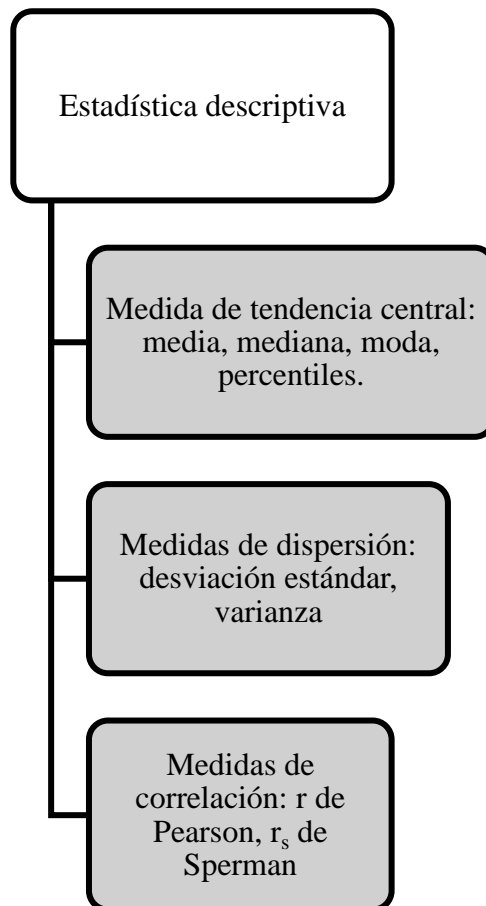
La técnica de recolección de datos en la presente investigación, es el análisis documental y el instrumento que se utilizará es sistematización de información para lo cual, se buscar responder a la siguiente interrogante de investigación: ¿Cuál es la concentración de arsénico, cadmio, cobre, mercurio y plomo que se encuentra en la leche de bovino?

**Tabla 2:**

*Matriz de técnicas e instrumentos*

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Indicador</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Fuente bibliográfica de la técnica</b>
Analizar las causas de la presencia de metales pesados en leche de bovino.	Concentración de metales pesados en leche de bovino	Análisis documental	Sistematización de información	Declaración PRISMA
Evaluar la bioacumulación de metales pesados en la cadena trófica de bovinos.	Concentración de metales pesados en pasto	Análisis documental	Sistematización de información	Declaración PRISMA
Analizar los posibles efectos de la presencia de metales pesados en leche de bovino	Concentración de metales pesados en agua de riego	Análisis documental	Sistematización de información	Declaración PRISMA

En la presente investigación se aplicarán las diversas técnicas de análisis estáticos de datos cuantitativos que se muestran en la Figura 1.



*Figura 1:* Técnicas de análisis de datos

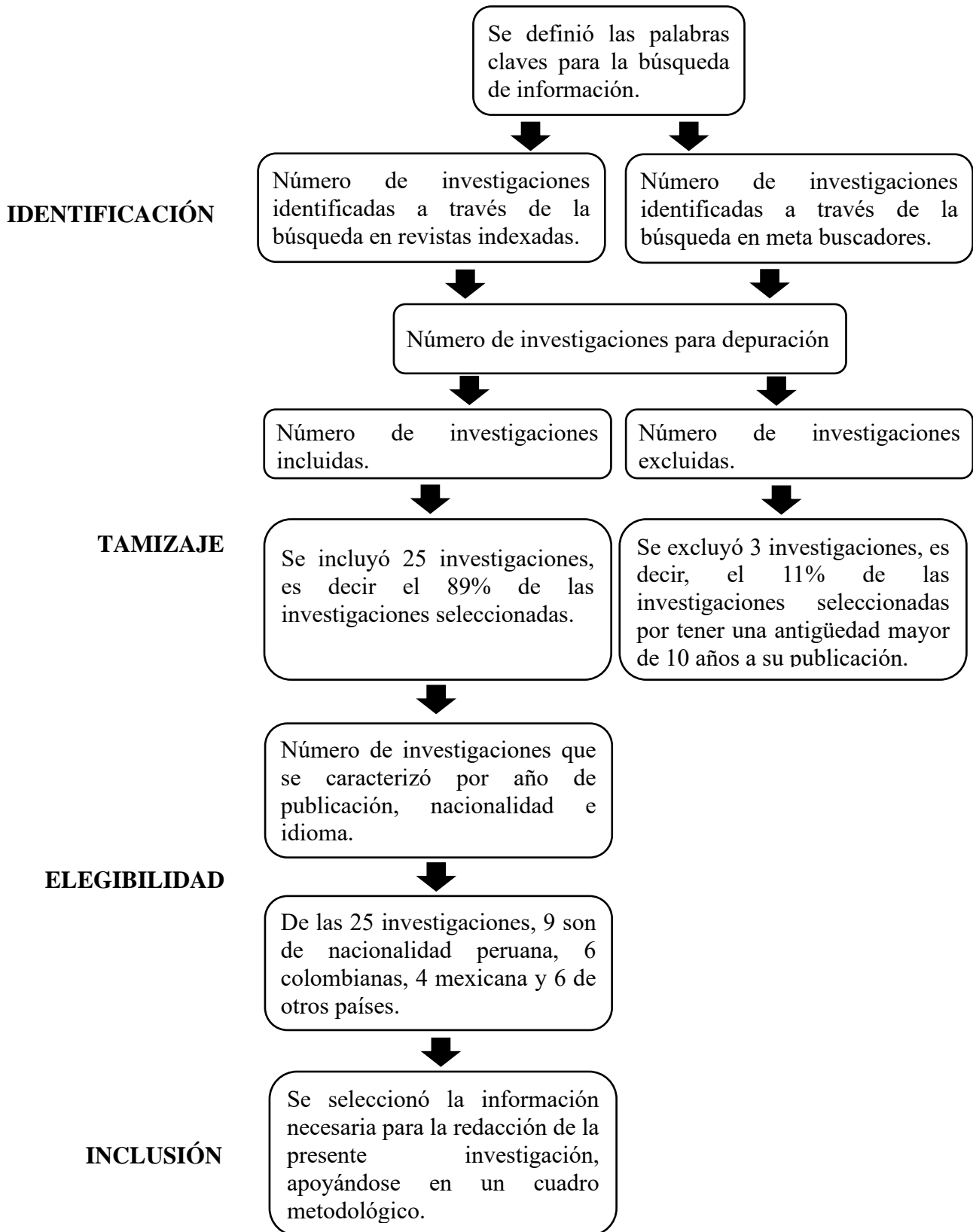


Figura 2: Proceso de recolección de datos

## 2.4. Procedimiento

La recolección de datos para el presente trabajo de investigación se empezó la primera semana de julio del año 2020; para lo cual, se eligieron las palabras claves como: metales pesados, leche de bovino, bioacumulación, concentración, entre otras; para la búsqueda de información en distintas revistas científicas como: Redalyc, Google Académico, Dialnet, Concytec, Scielo. Donde se encontraron 123860 artículos de investigación, de los cuales, después de pasar por una depuración de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión se obtuvieron 25 artículos de investigación, puesto que, presentan resultados de presencia de metales pesados en la leche de bovino, los cuales pueden ser provenientes de la alfalfa o agua que son consumidos por estos. Posteriormente, la información proveniente de estas investigaciones fue sistematizada en un cuadro metodológico el que sirvió de base para la redacción de la presente investigación. Además, se elaboraron cuadros y gráficos de la clasificación de las investigaciones encontradas de acuerdo a su naturaleza, año de publicación, nacionalidad y por la fuente de cada investigación.

Como técnica usada en esta investigación se tiene al análisis documental, para lo que se realizó, una estadística descriptiva, teniendo en cuenta una medida de tendencia central (media, mediana, moda, percentiles). Por otro lado, se calculará la medida de dispersión (incluyendo la desviación estándar y varianza). Por último, se cuantificará las medidas de correlación ( $r$  de Pearson,  $r_s$  de Spearman). Obteniendo como resultados datos cuantitativos., con la finalidad de realizar una propuesta para el seguimiento y monitoreo de calidad de la leche de bovino centrándose desde sus posibles fuentes de acumulación de metales pesados; de este modo resguardar que lo consumido no dañe su salud.

## **Aspectos Éticos**

Para la realización de este documento se tomará en cuenta los aspectos éticos de la investigación científica; por lo cual, se respeta la autoría de las publicaciones citando cada uno de los documentos analizados y referenciando, evitando el plagio.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### PLOMO

En el gráfico 1, se aprecia que la mayor concentración de plomo fue encontrada en leche de bovino de acuerdo a la investigación de Chata – Agua la cual fue de 0.212 mg/L y en el recurso natural la mayor concentración encontrada fue en suelo, según la investigación de Londoño la cual fue de 0.206 mg/L.

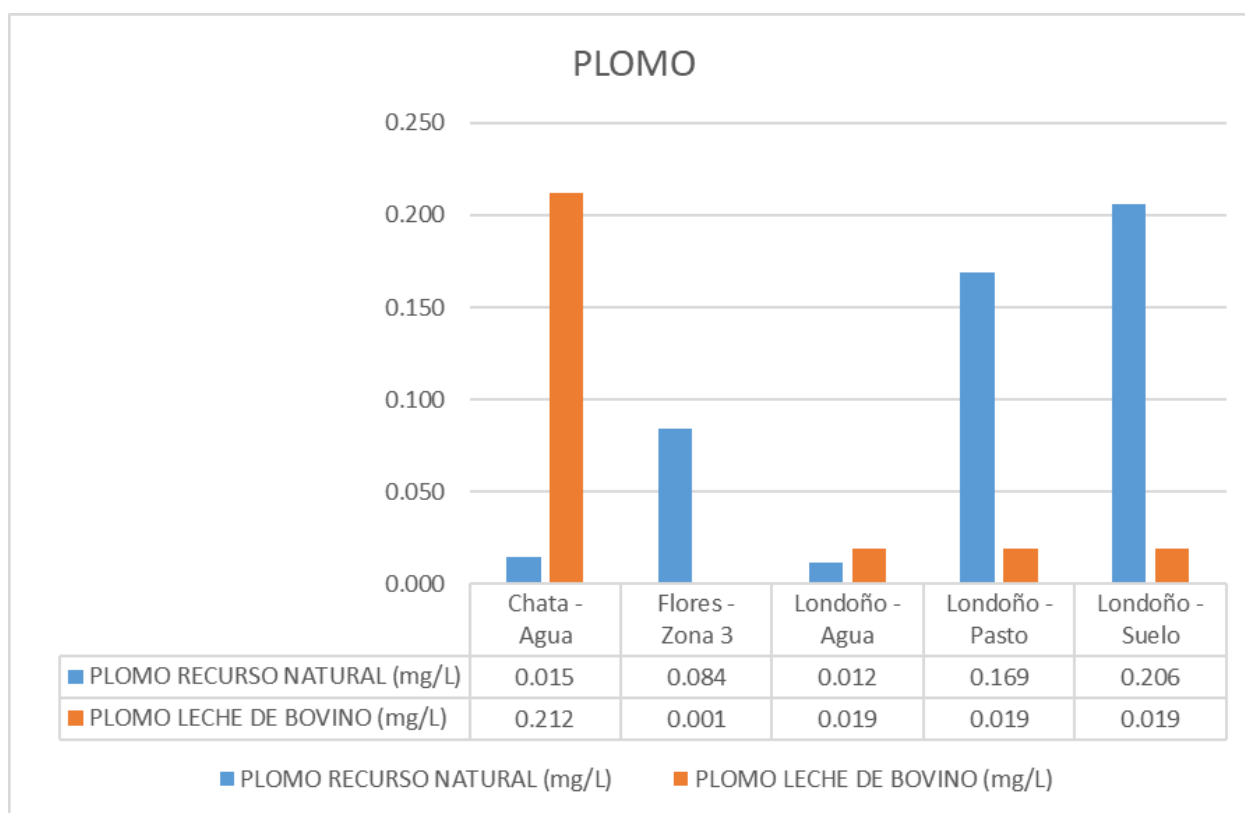


Figura 3: Concentración de plomo

Se presenta los resultados del análisis de tres artículos donde se determinó la concentración de este metal en los recursos naturales anteriormente mencionados de plomo en agua, en pasto y en suelos con la concentración obtenida en leche de bovino expuestos a diversos contaminantes en Puno, El Salvador y Colombia. Finalmente, se observó que si se produjo una bioacumulación de plomo en leche de bovino.

**Tabla 3:**
*Resultados del meta-análisis de plomo*

Nombre	Año	Recursos Naturales		Leche de bovino		Peso %	SMD* (95 % IC*)
		n <sub>1</sub> *	m <sub>1</sub> ±ee* (mg/L)	n <sub>2</sub> *	m <sub>2</sub> ±ee* (mg/L)		
1. Chata	2015	6	0.01478±0.0023	6	0.2120±0.0158	3.5773	-0.19722 (-8.2269,-3.1453)
2. Flores - Zona 3	2016	3	0.08440±0.0837	3	0.0013±0.0013	7.6303	0.08310 (-0.5337,2.9457)
3. Londoño - Agua	2017	10	0.01200±0.9129	10	0.0190±0.5270	30.0580	-0.00700 (-0.8859,0.8671)
4. Londoño - Pasto	2017	10	0.16900±0.1728	10	0.0190±0.5270	29.5185	0.15000(-0.5020, 1.2670)
5. Londoño - Suelo	2017	10	0.20600±0.1597	10	0.0190±0.5270	29.2160	0.18700(0.4088,1.3693)
Subtotal		39		39		100	0.1390 (-0.3416,0.6196)

Test de heterogeneidad (Ji-cuadrado 22.60%; p = 0.0002)

Prueba de Begg: z=0.2449(p&lt;0.8065)

- n\*: número de muestras
- m<sub>1</sub>±ee\*: media ± error estándar (mg/L)
- SMD\*: diferencia estandarizada de media
- IC\*: intervalo de confianza



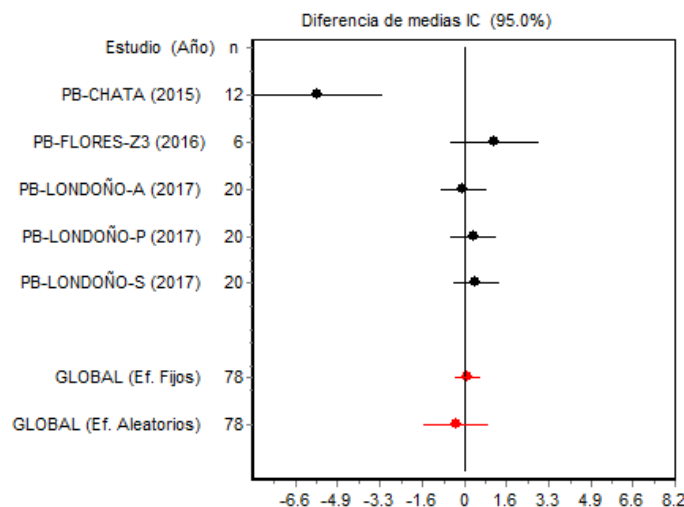


Figura 4: Forest plot de Plomo

La diferencia estandarizada de medias (SMD) es mayor a 0, es decir, la media del desenlace en recursos naturales es mayor a la media del desenlace en leche de bovino. Además, el tamaño del efecto se calculó considerando la SMD, en el cual, se interpreta el penúltimo rombo, que refleja un SMD de 0.1390 con un intervalo de confianza (IC) del 95% con un intervalo desde de -0.3416 hasta 0.6196 (como se explicita en la figura 3). Asimismo, el valor puntual es de 0.1390, considerando que en el grupo denominado “recursos naturales” se obtuvo un 0.14% más de concentración de plomo que en el grupo “leche de bovino”.

En la presente investigación se evaluó la heterogeneidad a través de la prueba de Dersimonian y Laird´s, el cual muestra un Ji-cuadrado de 22.60% ( $p = 0.0002$ ), considerando ello se trabaja con efecto fijos pues el valor indicado es inferior a 40%, en estos casos, si bien se espera que el efecto de cada estudio sea diferente (por variación por principio del azar), la heterogeneidad debe ser menor que 40%.

Por otro lado, según Manterola y Otzen nos menciona que el sesgo de publicación infliere sobre los hallazgos de la investigación, según la naturaleza y resultados. Ahora bien, el funnel plot es un gráfico de dispersión de los estudios que se construye a partir de un meta-análisis (MA). En este caso, la gráfica del forest plot (figura 4) indica que los estudios publicados son asimétricos. Cabe destacar, que la prueba de Begg indica que sólo se han publicado aquellos estudios significativos  $z=0.2449$  ( $p<0.8065$ ).

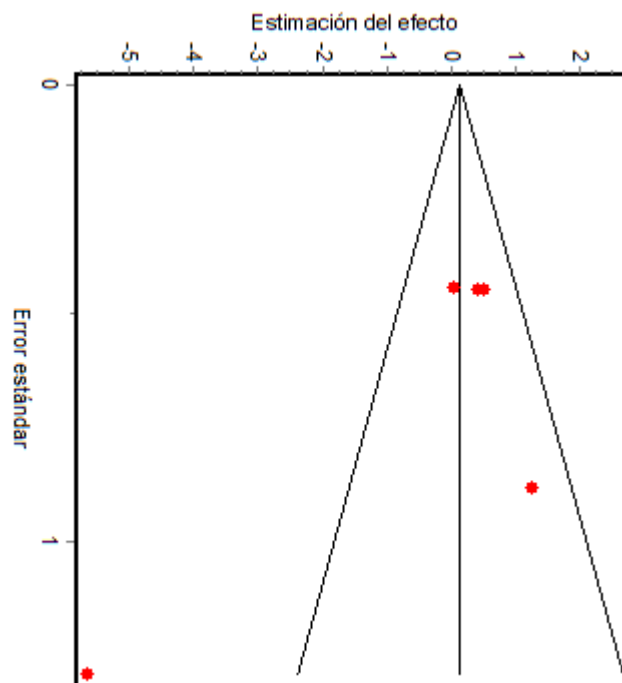
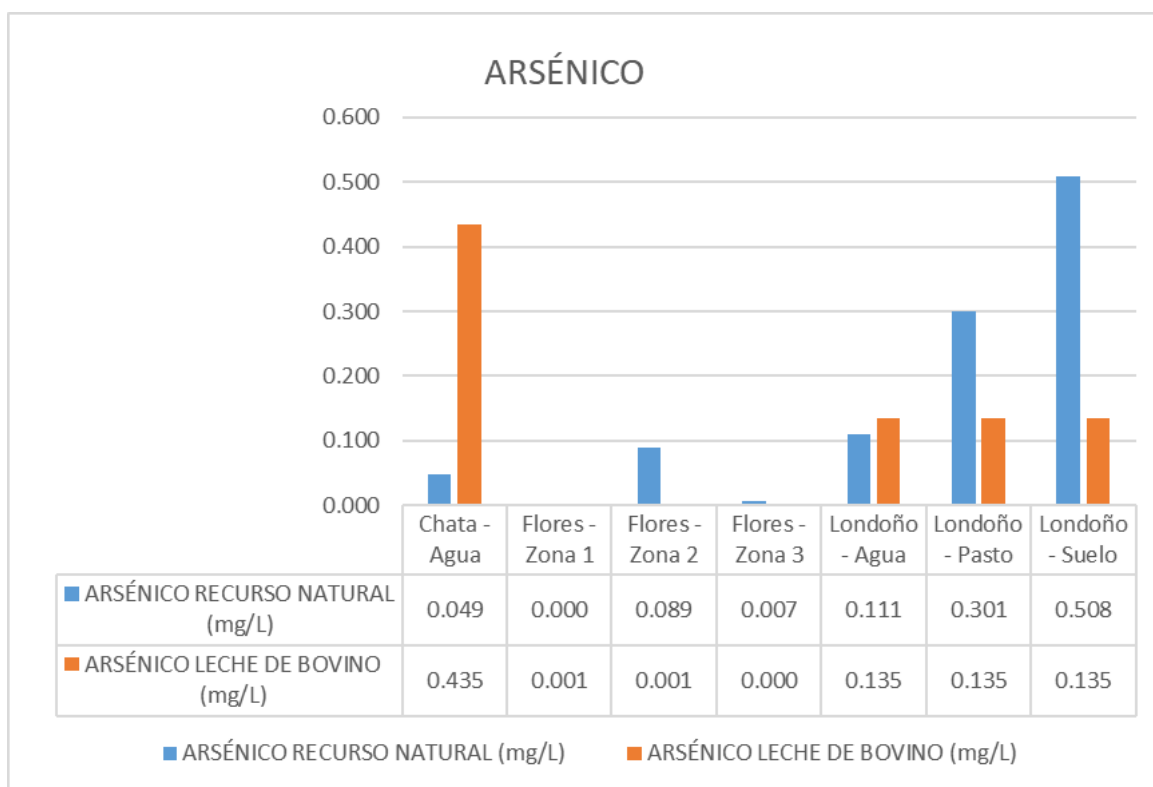


Figura 5: Forest plot para concentración de plomo

## ARSÉNICO

En el gráfico 2, se detallan las concentraciones obtenidas en las diferentes investigaciones en las cuales la mayor concentración de arsénico fue encontrada en leche de bovino de acuerdo a la investigación de Chata la cual fue de 0.435 mg/L y en el recurso natural en el cual la mayor concentración encontrada fue en suelo, según la investigación de Londoño la cual fue de 0.508 mg/L.



*Figura 6: Concentración de Arsénico*

Estudios realizados en el Perú, El Salvador y Colombia, muestran como resultados la concentración de Arsénico en agua, en pasto y en suelo. La cual ha sido comparada a través de la diferencia estandarizada de medias; los resultados se muestran en la tabla N° 04 y figura N° 05. Estos resultados indican que hubo bioacumulación de arsénico en leche de bovino.

**Tabla 4:**
*Resultados del meta-análisis de arsénico*

Nombre	Año	Recursos Naturales		Leche de bovino		Peso %	SMD* (95 % IC*)
		n1*	m1±ee* (mg/L)	n2*	m2±ee* (mg/L)		
1. Chata	2015	6	0.04867±0.0048	6	0.4350±0.0345	0.5292	-0.38633(-22.0527,-9.3048)
2. Flores - Zona 1	2016	4	0.00040±0.0001	4	0.0006±0.0281	11.1930	-0.0002 (-1.3935,1.3784)
3. Flores - Zona 2	2016	3	0.08933±0.0817	3	0.0008±0.0005	6.4892	0.08853 (-0.2874,3.3529)
4. Flores - Zona 3	2016	3	0.00723±0.0063	3	0.0003±0.0003	6.4355	0.00693 (-0.2671,3.3884)
5. Londoño - Agua	2017	10	0.11100±0.3651	10	0.1350±0.2582	27.9627	-0.024 (-0.9527,0.8009)
6. Londoño - Pasto	2017	10	0.30100±0.1873	10	0.1350±0.2582	26.2084	0.166 (-0.1698,1.6417)
7. Londoño - Suelo	2017	10	0.50800±0.2041	10	0.1350±0.2582	21.1820	0.373 (0.5952,2.6101)
Subtotal		46		46		100	0.6272 (0.1635,1.0909)

Test de heterogeneidad (Ji-cuadrado 34.03%; p = 0.0000)

Prueba de Begg: z=0.0000(p&lt;1.0000)

- n\*: número de muestras
- m1\*±ee\*: media ± error estándar (mg/L)
- SMD\*: diferencia estandarizada de media
- IC\*: intervalo de confianza

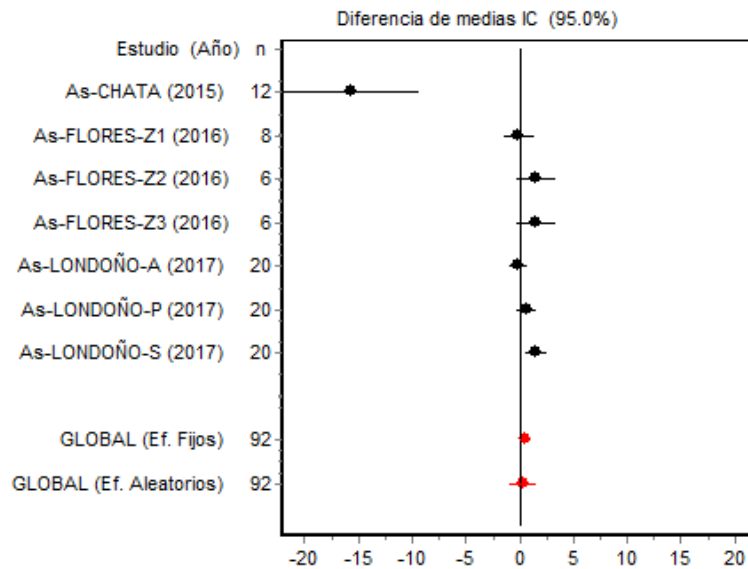


Figura 7: Forest plot de arsénico

La diferencia estandarizada de medias (SMD) es mayor a 0, mostrando un valor de 0.6272, es decir, el grupo denominado “recursos naturales” obtuvo un 0.63% más de concentración de arsénico que en el grupo “leche de bovino”. Además, el tamaño del efecto se calculó considerando la SMD, en el cual, se interpretó el penúltimo rombo, que refleja un SMD de 0.6272 con un nivel de confianza del 95% en el cual refleja un intervalo desde de 0.1635 hasta 1.0909 (como se explicita en la figura 5).

Para el caso del arsénico se evaluó la heterogeneidad a través de la prueba de Dersimonian y Laird’s, el cual muestra un Ji-cuadrado de 34.03% ( $p = 0.0000$ ). En estos casos, si bien se espera que el efecto de cada estudio sea diferente (por variación por principio del azar), la heterogeneidad debe ser menor que 40%, y asimismo se trabaja con efectos fijos.

Ahora bien, el funnel plot es un gráfico de dispersión de los estudios que se construye a partir de un meta-análisis (MA). Como Bolaños y Calderón nos indica en el año 2014, el sesgo de publicación más usado es el método grafico forest plot en donde es calculado usando los tamaños de efecto y muestra de cada estudio, de esta manera los puntos formarían un embudo invertido. En este caso, la gráfica del forest plot (figura 6) indica que los estudios publicados son asimétricos. Cabe destacar, que la prueba de Begg indica que se han publicado aquellos estudios significativos  $z=0.0000$  ( $p<1.0000$ ).

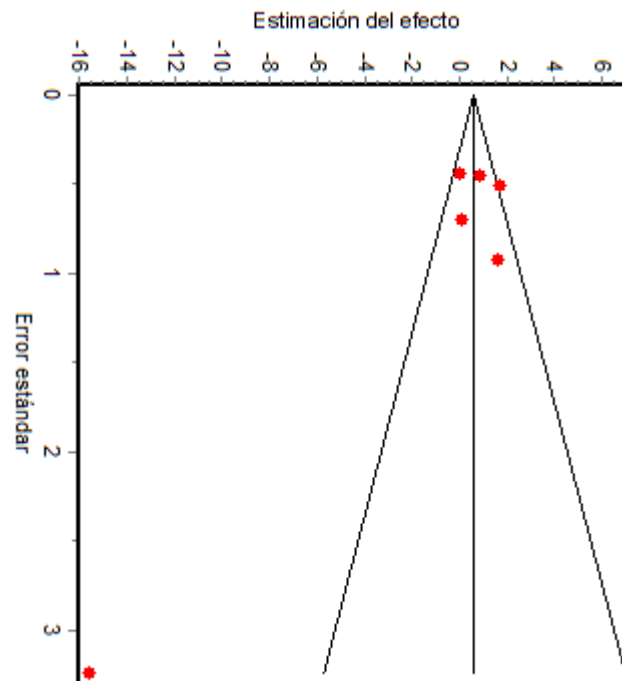
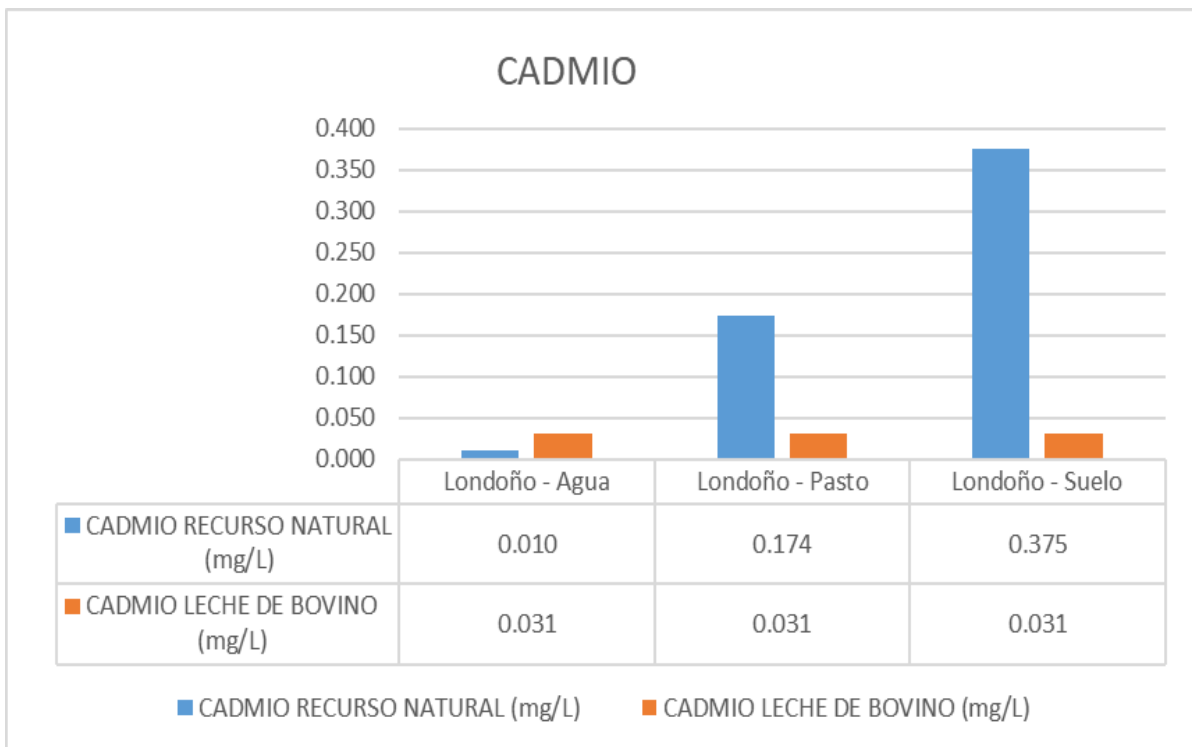


Figura 8: Forest plot para concentración de arsénico

## CADMIO

En el gráfico 3, se muestran las concentraciones obtenidas en las diferentes investigaciones en las cuales la mayor concentración de Cadmio fue encontrada en el recurso natural suelo, según la investigación de Londoño la cual fue de 0.375 mg/L.



*Figura 9: Concentración de Cadmio*

En la presente investigación se muestra los resultados obtenidos mediante la diferencia estandarizada de medias, incluyendo la concentración de cadmio en leche de bovino en Puno, El Salvador y Colombia, exponiendo su acumulación en agua, en pasto y en suelos. Finalmente se determinó que el cadmio se bioacumuló en el bovino y este se transportó a su leche.

**Tabla 5:**
*Resultados del meta-análisis de cadmio*

Nombre	Año	Recursos Naturales		Leche de bovino		Peso %	SMD* (95 % IC*)
		n <sub>1</sub> *	m <sub>1</sub> ±ee* (mg/L)	n <sub>2</sub> *	m <sub>2</sub> ±ee* (mg/L)		
1. Londoño - Agua	2017	10	0.010±0.7669	10	0.031±0.3701	35.4215	-0.021(-0.9115,0.8417)
2. Londoño - Pasto	2017	10	0.174±0.2008	10	0.031±0.3701	34.4340	0.143 (-0.4088,1.3694)
3. Londoño - Suelo	2017	10	0.375±0.1785	10	0.031±0.3701	30.1444	0.344 (0.2338,2.1342)
Subtotal		30		30		100	0.5099(-0.0118,1.0317)

Test de heterogeneidad (Ji-cuadrado 3.42%; p = 0.1807)

Prueba de Begg: z=1.0445(p&lt;0.2963)

- n\*: número de muestras
- m<sub>1</sub> ± ee\*: media ± error estándar (mg/L)
- SMD\*: diferencia estandarizada de medias
- IC\*: intervalo de confianza



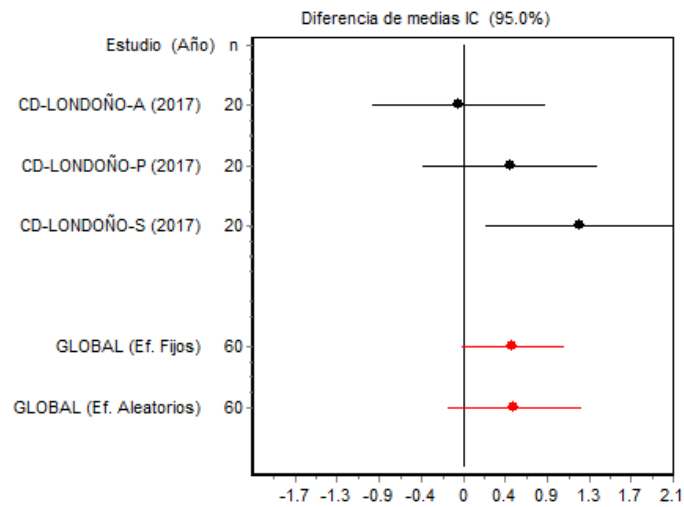


Figura 10: Forest plot de cadmio

El tamaño del efecto se calculó considerando la SMD, en el cual, se interpreta el penúltimo rombo, que refleja un SMD de 0.5099 con un intervalo de confianza (IC) del 95% que va desde -0.0118 hasta 1.0317 (como se explicita en la figura 7). Asimismo, el valor puntual es de 0.5099, considerando que en el grupo denominado “recursos naturales” se obtuvo un 0.51% más de concentración de cadmio que en el grupo “leche de bovino”. Además, muestra una diferencia estandarizada de medias (SMD) mayor a 0.

La heterogeneidad se presenta a través de la prueba de Dersimonian y Laird’s, el cual muestra un Ji-cuadrado de 3.42% ( $p = 0.1807$ ) indicando un trabajo con efectos fijos, pues el valor es inferior a 40 %. Si bien se espera que el efecto de cada estudio sea diferente (por variación por principio del azar), la heterogeneidad debe ser menor que 40%.

Por otro lado, el sesgo de publicación influye sobre los hallazgos de la investigación, según la naturaleza y resultados. Ahora bien, el forest plot es un gráfico de dispersión de los estudios que se construye a partir de un meta-análisis (MA). En este caso, la gráfica del funnel plot (figura 8) indica que los estudios publicados son asimétricos. Cabe destacar, que la prueba de Begg indica que sólo se han publicado aquellos estudios significativos  $z=1.0445$  ( $p<0.2963$ ).

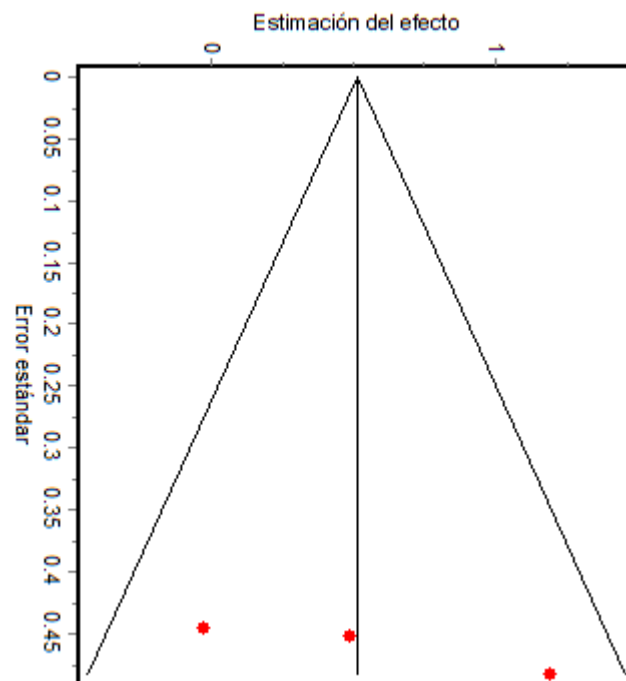
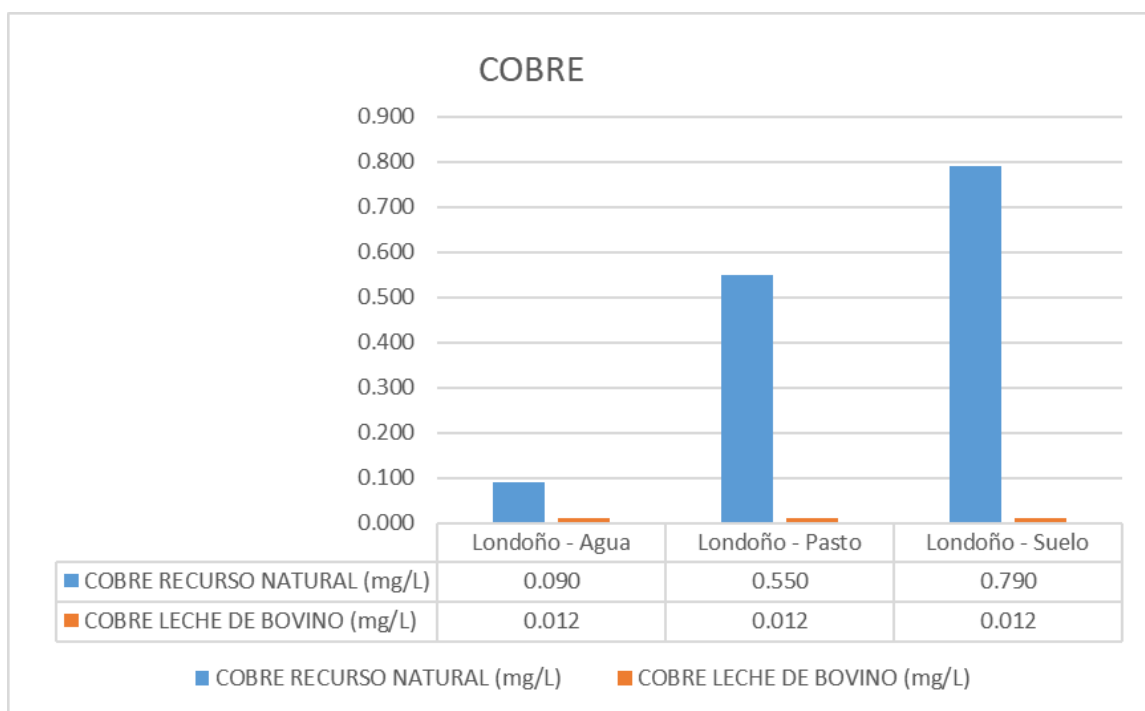


Figura 11: Forest plot para concentración de cadmio

## COBRE

En el gráfico 4, se aprecia las concentraciones obtenidas en las variadas investigaciones en las cuales la mayor concentración de Cobre fue encontrada en el recurso natural suelo, según la investigación de Londoño la cual fue de 0.790 mg/L.



*Figura 12: Concentración de cobre*

Se recolectó y profundizó información referente a la concentración de cobre en leche de bovino en Puno, El Salvador y Colombia que se encuentran expuestos a este, para lo cual se contrastó la concentración de este metal en recursos naturales como: agua, pasto y suelos con la concentración obtenida en leche de vacuno de estas zonas. Finalmente, tras realizar un análisis de diferencia estandarizada de medias se obtuvo un resultado negativo a la bioacumulación de cobre.

**Tabla 6:**
*Resultados del meta-análisis de cobre*

Nombre	Año	Recursos Naturales		Leche de bovino		Peso %	SMD* (95 % IC*)
		n1*	m <sub>1</sub> ±ee* (mg/L)	n2*	m <sub>2</sub> ±ee* (mg/L)		
1. Londoño - Agua	2017	10	0.09±0.3162	10	0.0117±0.3922	41.2491	0.0783(-0.9526,0.8011)
2. Londoño - Pasto	2017	10	0.55±0.1781	10	0.0117±0.3922	32.9547	0.5383(0.4405,2.4025)
3. Londoño - Suelo	2017	10	0.79±0.1867	10	0.0117±0.3922	25.7963	0.7783(1.0824,3.3000)
Subtotal		30		30		100	1.0024(0.4393,1.5656)

Test de heterogeneidad (Ji-cuadrado 10.93%; p = 0.0042)

Prueba de Begg: z=1.0445(p&lt;0.2963)

- n\*: número de muestras
- m<sub>1</sub>±ee\*: la media ± error estándar (mg/L)
- SMD\*: diferencia estandarizada de medias
- IC\*: intervalo de confianza

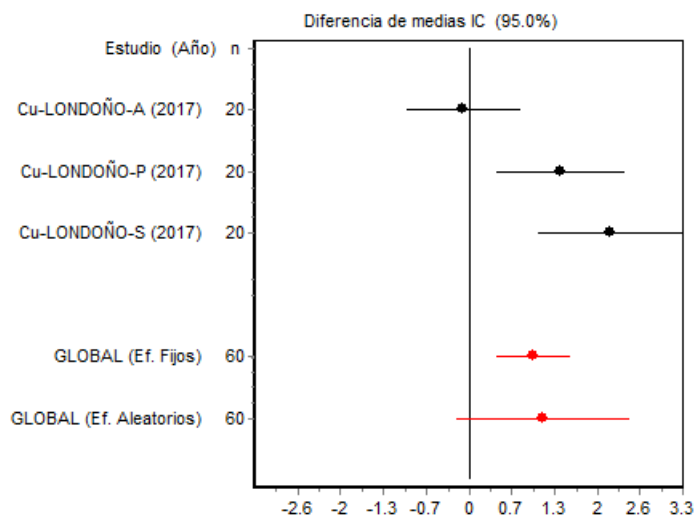


Figura 13: Forest plot de cobre

En la figura 09 se muestra que el valor puntual es de 1.0024, con un nivel de confianza del 95% y con un intervalo desde de 0.4393 hasta 1.5656, como se interpreta en el penúltimo rombo. Considerando que en el grupo denominado “recursos naturales” se obtuvo un 1% más de concentración de cobre que en el grupo “leche de bovino”. A la vez, la media del desenlace en recursos naturales es mayor a la media del desenlace en leche de bovino por lo que la diferencia estandarizada de medias (SMD) es mayor a 0.

Para analizar la heterogeneidad de cobre en esta investigación se realizó la prueba de Dersimonian y Laird’s, en el cual se obtuvo un Ji-cuadrado de 10.93% ( $p = 0.0042$ ) indicando heterogeneidad, si bien se espera que el efecto de cada estudio sea diferente (por variación por principio del azar). En este caso, como Ji-cuadrado es menor a 40% se trabaja con efectos fijos.

Como se sabe el gráfico de dispersión (forest plot) de los estudios se construye teniendo como base un meta-análisis (MA). En este caso, la gráfica de dispersión (figura 10) indica que los estudios publicados son asimétricos. La prueba de Begg señala que sólo se han publicado aquellos estudios significativos  $z=1.0445$  ( $p<0.2963$ ). Adicionalmente, el sesgo de publicación infiere sobre los hallazgos de la investigación, según su naturaleza y resultados.

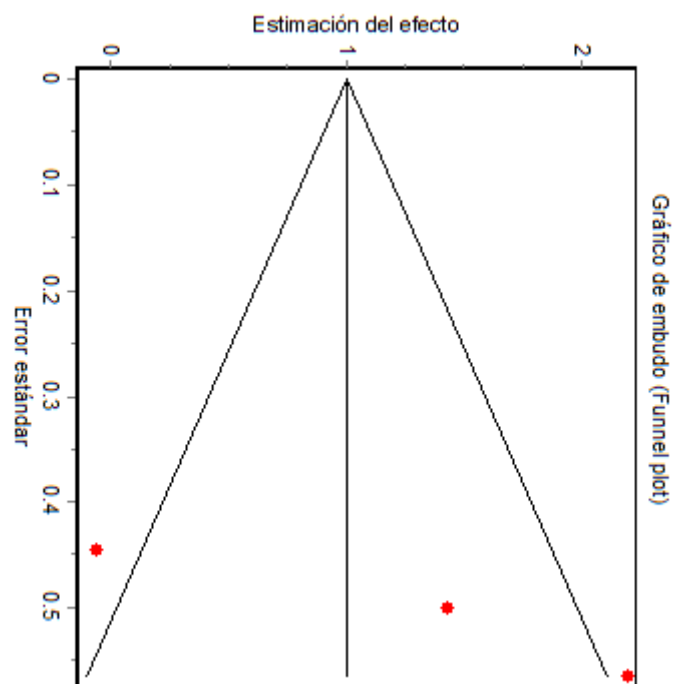
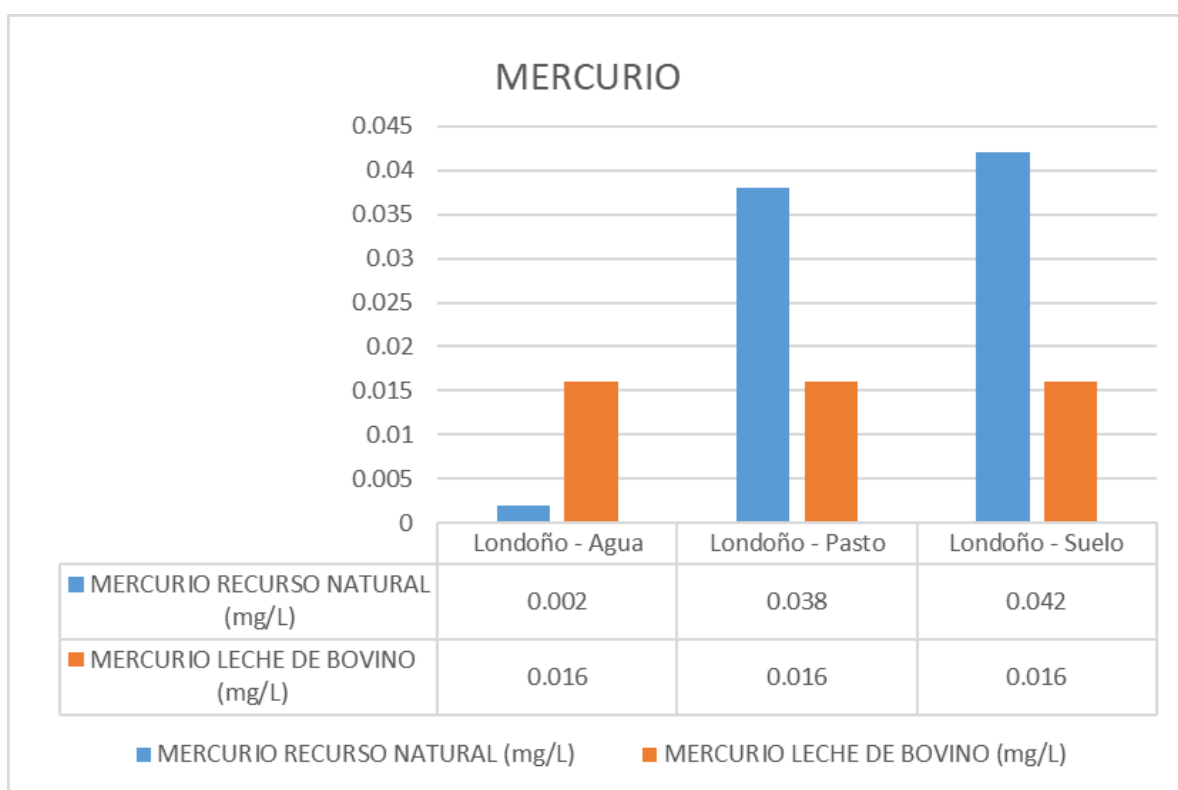


Figura 14: Forest plot para concentración de cobre

## MERCURIO

En el gráfico 5, se detallan las concentraciones obtenidas en las diversas investigaciones en las cuales la mayor concentración de Mercurio fue encontrada en el recurso natural suelo, según la investigación de Londoño la cual fue de 0.042 mg/L.



*Figura 15: Concentración de Mercurio*

Se presenta investigaciones de Perú, El Salvador y Colombia, para determinar la presencia de mercurio en el organismo de vacunos de estas zonas. Para el cálculo de la bioacumulación de mercurio se utilizó el análisis de la diferencia estandarizada de medias donde se comparó la concentración de este metal en recursos naturales (agua, pasto y suelos) con la concentración obtenida en leche de vacuno, como resultado se produjo una bioacumulación de mercurio.

**Tabla 7:**

*Resultados del meta-análisis de mercurio*

Nombre	Año	Recursos Naturales		Leche de bovino		Peso %	SMD* (95 % IC*)
		n1*	m <sub>1</sub> ±ee* (mg/L)	n2*	m <sub>2</sub> ±ee* (mg/L)		
1. Londoño - Agua	2017	10	0.002±0.7454	10	0.016±0.6325	33.3373	-0.014(-0.8968,0.8563)
2. Londoño - Pasto	2017	10	0.038±0.4472	10	0.016±0.6325	33.3323	0.022(-0.8364,0.9168)
3. Londoño - Suelo	2017	10	0.042±0.4939	10	0.016±0.6325	33.3303	0.026(-0.8308,0.9225)
Subtotal		30		30		100	0.0219(-0.4842,0.5280)

Test de heterogeneidad (Ji-cuadrado 0.013%; p = 0.9933)

Prueba de Begg: z=1.0445(p<0.2963)

- n\*: número de muestras
- m<sub>1</sub> ±ee\*: la media ± error estándar (mg/L)
- SMD\*: diferencia estandarizada de medias
- IC\*: intervalo de confianza



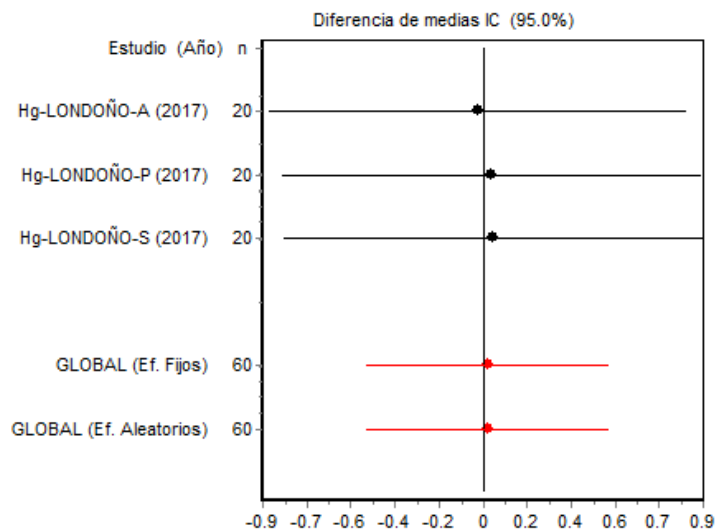


Figura 16: Forest plot de Mercurio

En el análisis de mercurio la diferencia estandarizada de medias es mayor a 0, lo que indica, que la media del desenlace en recursos naturales es mayor a la media del desenlace en leche de bovino, mostrando una diferencia de 0.2%. Además, se obtuvo un valor puntual de 0.0219 con un intervalo de confianza (IC) del 95% desde de -0.4842 hasta 0.5280 (como se explicita en la figura 11, penúltimo rombo).

Para evaluar la heterogeneidad se hizo uso de la prueba de Dersimonian y Laird’s, el cual señala un Ji-cuadrado de 0.013% ( $p = 0.9933$ ), e indica heterogeneidad puesto que es menor a 40%, y a su vez infiere que se trabaja con efectos fijos. Si bien se espera que el efecto de cada estudio sea diferente.

El sesgo de publicación deduce los hallazgos de la investigación, según la naturaleza y resultados. Por otro lado, el gráfico forest plot de dispersión de las investigaciones se forma a partir de un meta-análisis (MA). En este caso, la figura 12 muestra que los estudios publicados son asimétricos. Asimismo, la prueba de Begg indica que sólo se han publicado aquellos estudios significativos  $z=1.0445$  ( $p<0.2963$ ).

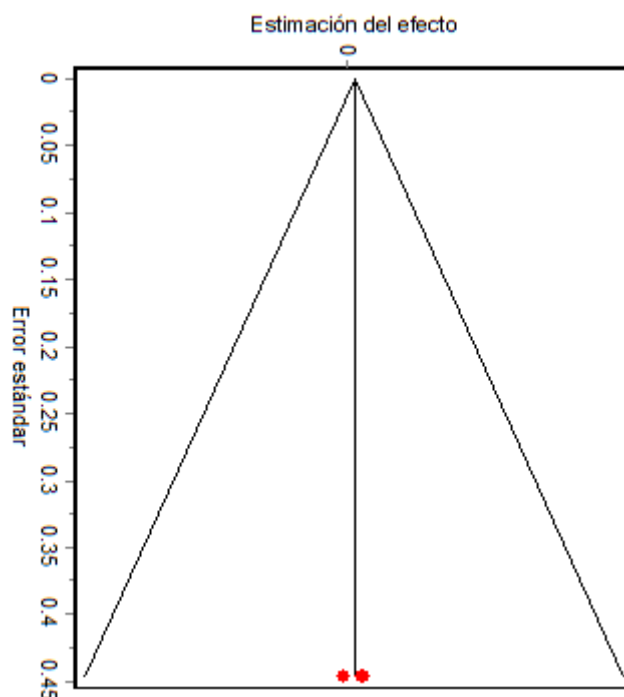


Figura 17: Forest plot para concentración de mercurio

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Existen diversos factores que producen la acumulación de metales pesados en leche de bovino, entre las principales causas podemos encontrar el alimento del ganado los cuales han sido expuestos a productos químicos fertilizantes, sustancias y/o biocidas, y que están compuestos por altas dosis de metales como mercurio, cobre, cadmio y arsénico relativamente. En la mayoría de investigaciones coinciden que la presencia de estos metales pesados puede ser originados tanto por causas naturales como antropogénicas. En otras palabras, los medios donde se pueden encontrar estos metales, son los mecanismos de absorción y acumulación de metales, como: agua de bebida de los bovinos con ineficiente proceso de verificación de la calidad de agua, suelos contaminados por metales pesados, yacimientos mineros, alfalfa con concentración elevada de metales pesados. Chata en el año 2015 señala que el aumento del sector minero e industrial, así como el crecimiento de las poblaciones ubicadas en las zonas aledañas de los ríos, ha ocasionado la contaminación de estos cuerpos fluviales, entre los contaminantes más estudiados y relevantes en la actualidad, debido que los metales pesados presentes en el ambiente tiene efectos nocivos. Debido a esta situación se debe de tener en cuenta la ubicación para los futuros asentamientos urbanos.

La concentración de metales pesados en leche bovino puede provocarse por diversas actividades económicas que han sido estudiados en artículos, para la redacción de esta investigación se reunió 25 artículos. En las investigaciones se realizaron análisis para determinar la concentración de metales pesados mediante análisis de laboratorio. Asimismo,

Castellanos en el año 2015 menciona que la leche contiene sustancias xenobióticas de manera cuantiosa entre las cuales se encuentran metales pesados, la concentración elevada de estos elementos son un indicador del grado contaminante de la leche y también de las condiciones ambientales del agua, aire, suelo y vegetación de la zona donde se sitúa el ganado. En el año 2017, Londoño analizó recursos naturales (agua, pasto, suelo) hallando la mayor concentración en suelo; las cuales fueron 0.206 mg/L de plomo, 0.508 mg/L de arsénico, 0.375 mg/L de cadmio, 0.790 mg/L de cobre y 0.042 mg/L de mercurio. Por otro lado, Chata en el año 2015 encontró la mayor concentración de plomo (0.210 mg/L) y arsénico (0.435 mg/L) en leche de bovino. Para evitar la intoxicación por consumo de leche de bovino con presencia de metales pesados, se debe realizar análisis recurrentes para comprobar la calidad del producto.

La bioacumulación de metales pesados se realiza a través de la cadena trófica de bovinos. Mendoza y Medina en el año 2013 hacen referencia que la absorción de los metales pesados se desplaza por todo el organismo atravesando órganos, sistemas y en el cerebro se acumula una parte pequeña. El tejido óseo y los dientes, contienen cerca del 90 % del plomo almacenado, con un horizonte de vida de 10-30 años, debido a su estructura estable. Se evidencia la bioacumulación de plomo (0.140 mg/L), cadmio (0.510 mg/L), cobre (1 mg/L), mercurio (0.020 mg/L) y arsénico (0.630 mg/L) analizados en recursos naturales (agua, suelo, pasto) y traspaso a la leche de bovino; estos datos fueron obtenidos mediante el programa Epidat. Al estar expuestos los bovinos a fuentes de contaminación se recomienda la cría de estos animales en zonas alejadas a industrias económicas que provoquen la absorción de estos metales en los bovinos.

La presencia de metales pesados en leche de bovino puede provocar daños potenciales en la salud del ser humano. En el año 2018 Pacco señala que la exposición

crónica a estos metales ocasiona numerosos daños al sistema nervioso central. De tal forma, el Pb y Hg permanece en el individuo hasta por 30 años, especialmente en el riñón, ya que, su reducción tiene un proceso muy lento que se da a través de la orina, lo cual, provoca infecciones renales, disminución de calcio en el organismo y fallos del aparato reproductor. Además, no puede descartarse que actúe como causante de cáncer pulmonar, cáncer a la sangre, a medida que se absorbe este metal se produce una deficiencia de calcio, proteínas. Se debe evitar el consumo de leche extraída de bovinos que se encuentran expuestos a zonas aledañas a contaminantes por metales pesados.

En la redacción de la presente investigación se tuvo como limitación la escasa información sobre concentración y bioacumulación de metales pesados de leche de bovino. Por otro lado, se obtuvo abundante información referente a las fuentes de contaminación por metales pesados y los posibles efectos que puedan producirse y afectar la salud del ser humano.

## 4.2 Conclusiones

La concentración más elevada de metales pesados en recursos naturales fue en suelo con 0.206 ppm de plomo, 0.508 ppm de arsénico, 0.375 ppm de cadmio, 0.790 ppm de cobre y 0.042 ppm de mercurio. En cuanto a la concentración más elevada en leche de bovino fue de plomo (0.210 ppm) y arsénico (0.435 ppm).

Algunas causas de la presencia de metales pesados en leche de bovino son el alimento del ganado que ha estado en contacto con sustancias tóxicas, productos químicos o fertilizantes; el agua usada como bebida de los bovinos y riego de pasto, entre otros factores.

Se evidencia en los análisis realizados que se produjo la bioacumulación de metales pesados en leche de bovino, puesto que se registró las siguientes concentraciones: -0.1390 mg/L (-0.3416, 0.6196) de plomo, 0.6272 mg/L (0.1635, 1.0909) de arsénico. Del mismo

modo, en cadmio se encontró 0.5099 mg/L (-0.0118, 1.0317); en cobre se encontró 1.0024 mg/L (0.4393, 1.5656). Y para mercurio se registró 0.0219 mg/L (-0.4842, 0.5280). Todos estos datos son referentes a la acumulación de metales pesados en la leche de bovino con respecto a recursos naturales.

El consumo de leche de bovino con concentraciones elevadas de metales pesados puede generar daños potenciales en la salud del ser humano como anemia, alteración al sistema nervioso central, enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales y cáncer.

## REFERENCIAS

- Bolaños Díaz, R. & Calderón Cahua, M. (2014). Introducción al meta-análisis tradicional. Lima, Perú. *Revista de Gastroenterología del Perú*. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1022-51292014000100007](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1022-51292014000100007)
- Carrillo Ordoñez, R. B. (2013). Concentración de plomo en forraje y leche de. *Universidad Privada del Norte*, 81. Cajamarca, Perú. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1809/Tesis%20Carrillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carvajal Acevedo, S., Rodríguez Loaiza, D. C., & Peñuela Mesa, G. (2012). Determinación de cadmio en leches crudas. *Revista Lasallista de investigación*, 9(1), 33. Antioquia, Colombia. Recuperado el 05 de Mayo de 2020, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69524955015>
- Castellanos López, L. M. (2015). Determinación de metales pesados y evaluación de la biotransferencia de especies inorgánicas de arsénico en leche bovina cruda. *Universidad Autónoma de Nuevo León*, 85. Nuevo León, México. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/11279/1/1080215187.pdf>
- Castro González, N. P. (2017). Riesgo de contaminación de leche de vaca con metales pesados en los estados de Puebla y Tlaxcala, México. *Universidad de Córdoba*, 212. México. Obtenido de <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/15104>
- Castro González, N. P., Moreno Rojas, R., Calderón Sánchez, F., Moreno Ortega, A., & Tamariz Flores, J. V. (2017). Metales pesados en leche de vacas alimentadas con alfalfa producida en. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 475. México

doi:<https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i3.4358>

Obtenido

de

<https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/4358>

Chata Quenta, A. (2015). Presencia de metales pesados (Hg, As, Pb y Cd) en agua y leche en la cuenca del río Coata 2015. *Universidad Nacional del Altiplano*, 57. Puno, Perú.

Obtenido

de

[http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1930/Chata\\_Quenta\\_Ayde.pdf?sequence=1](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1930/Chata_Quenta_Ayde.pdf?sequence=1)

Chávez Gómez , N. L., Cabello Lopez, A., & Gopar Nieto, R. (2016). Enfermedad renal crónica en México y su relación con los metales pesados. *Revista Medica del Instituto Mexicano del Seguro Social*,

31. México. Obtenido de

<https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2017/im176i.pdf>

Flores Tensos, J. M. (2016). Evaluación física, química, microbiológica, minerales de interés nutricional y metales pesados en agua de consumo para ganado y metales pesados en

leche en sistemas de producción bovina de tres zonas de El Salvador. *Universidad de El Salvador*,

146. El Salvador. Obtenido de

<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/11847/1/13101216.pdf>

Londoño Franco, L. F. (2017). Presencia de metales pesados en hatos lecheros de los

municipios de San Pedro y Entrerriós, Antioquia, Colombia. *Universidad de León*,

232. Nuevo León, México. Obtenido de

[https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/3667/tesis\\_99262f.PDF?sequence=1](https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/3667/tesis_99262f.PDF?sequence=1)



*Agropecuario y Agroindustrial*, 153. Colombia. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>

Madero G, A., & Marrugo N, J. (2011). Detección de metales pesados en bovinos, en los valles de los ríos Sinú y San Jorge, departamento de Córdoba, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 12. Colombia. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v16n1/v16n1a15.pdf>

Martinez Hernandez, L., & Soto Chupica, G. P. (2019). Determinación de plomo en leche cruda de vaca del distrito de Ihuari, Huaral, Perú. Universidad María Auxiliadora. Obtenido de <http://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/UMA/217/58-2019%20%28FINAL%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mendoza Ocorima, Y. G., & Medina Pillaca, C. A. (2013). Determinación de plomo y cadmio por espectrofotometría de absorción atómica en leche cruda de bovino en establos lecheros del distrito de Chancay-Huaral del año 2013. Universidad Wiener, 36. Perú. Obtenido de <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/74>

Pacco Choquepata, D. (2018). Determinación de metales pesados en leche y pelo de vacas de la cuenca del río Llallimayo Melgar – Puno. Universidad Nacional del Altiplano Puno, 64. Perú. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9269/Pacco\\_Choquepata\\_Delia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9269/Pacco_Choquepata_Delia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Pernía, B., Mero, M., Bravo, K., Ramírez, N., López, D., Muñoz, J., & Egas, F. (2014). Detección de cadmio y plomo en leche de vaca comercializada en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. *Universidad de Guayaquil*, 86. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/298132445\\_Deteccion\\_de\\_cadmio\\_y\\_plomo\\_en\\_leche\\_de\\_vaca\\_comercializada\\_en\\_la\\_ciudad\\_de\\_Guayaquil\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/298132445_Deteccion_de_cadmio_y_plomo_en_leche_de_vaca_comercializada_en_la_ciudad_de_Guayaquil_Ecuador)

- Pinzón Choque, C. G. (2015). Determinación de los niveles de plomo y cadmio en leche procesada en la ciudad de Bogotá D.C. Colombia. *Univerisdad Nacional de Colombia*, 17. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/53244/599661.2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Romero Bonilla, H., & Ayala Armijos, J. (2013). Presencia de metales pesados (Arsénico y Mercurio) en leche de vaca al sur de Ecuador. *Revista de Ciencias de la Vida*, 37. Ecuador. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047401002>
- Sáenz Vargas, L. (2019). Presencia de metales pesados en la leche de consumo humano en el valle de Cajamarca. *Universidad Nacional de Cajamarca*, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3377/PRESENCIA%20DE%20METALES%20PESADOS%20EN%20LA%20LECHE%20DE%20CONSUMO%20HUMANO%20EN%20EL%20VALLE%20DE%20CAJAMARCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Salinas, P. (2019). Metodología de la Investigación. *Universidad de Los Andes*. Mérida. Venezuela. Obtenido de [http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/34398/metodologia\\_investigacion.pdf;jsessionid=480ED57E19F0B7A8FEB4881337FA626A?sequence=1](http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/34398/metodologia_investigacion.pdf;jsessionid=480ED57E19F0B7A8FEB4881337FA626A?sequence=1)
- Schlapbach, L. (2017). Desarrollo de tira reactiva para la detección in situ de metales pesados en leche. *Investigadores de la Universidad Nacional del Litoral*, 4. Argentina. Obtenido de <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/1906/4.1.1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## ANEXOS

### ANEXO n.º 1. Matriz de consistencia

TÍTULO: “CONCENTRACIÓN DE AS, CD, CU, HG Y PB EN LECHE DE BOVINO Y FACTORES DE RIESGO”				
PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Cuál es la concentración de As, Cd, Cu, Hg y Pb que se encuentra en la leche de bovino?	La concentración de metales pesados en leche de bovino puede ser provocada por la contaminación del agua de los ríos, usada en minería. Y estas son utilizadas para riego de pastizales, que son consumidos por bovino; lo que puede afectar a la salud del ser humano.	<p><b>General:</b></p> <p>Determinar la concentración de As, Cd, Cu, Hg y Pb en leche bovino.</p>	<p><b>Variable A:</b></p> <p>Determinación de metales pesados en leche de bovino.</p>	<p><b>Tipo:</b> Transaccional</p>
		<p><b>Específicos</b></p> <p>Analizar las causas de la presencia de metales pesados en leche de bovino.</p>		<p><b>Nivel:</b> Descriptivo</p>
		<p>Evaluar la bioacumulación de metales pesados en la cadena trófica de bovinos.</p>	<p><b>Variable B:</b></p> <p>Evaluación de las causas y bioacumulación de metales pesados en leche de bovino.</p>	<p><b>Diseño:</b> Descriptivo</p>
		<p>Analizar los posibles efectos de la presencia de metales pesados en leche de bovino.</p>		<p><b>Técnica:</b> Investigación descriptiva</p> <p><b>Tipo de diseño:</b> No experimental</p>

### ANEXO n.º 2. Cuadro metodológico

N°	TÍTULO	AUTORES	AÑO	REVISTA O INSTITUCIÓN	PAÍS	BUSCADOR	TIPO DE ESTUDIO
01	Presencia de metales pesados (arsénico y mercurio) en leche de vaca al sur de Ecuador	-Armijos Alaya J. -Romero Bonilla H.	2013	Revista de Ciencias de la Vida	Ecuador	Redalyc	Experimental
02	Metales pesados en leche de vacas alimentadas con alfalfa producida en suelos irrigados con aguas residuales en Puebla y Tlaxcala, México	-Castro González N. -Moreno Rojas R. -Calderón Sánchez F. -Moreno Ortega A. -Tamariz Flores J. V.	2018	Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias	México	Scielo	Comparación
03	Determinación de cadmio en leches crudas usando un biosensor amperométrico	-Carvajal Acevedo S. -Rodríguez Loaiza D. -Peñuela Mesa G.	2012	Revista Lasallista de Investigación	Colombia	Redalyc	Experimental
04	Determinación de metales pesados en leche fresca de vacunos, alimentado con pasturas regadas con aguas servidas - Cajamarca 2017	-Monteza Saldaña Y.	2017	Universidad Nacional de Cajamarca	Perú	Google Académico	Experimental
05	Determinación de metales pesados en leche y pelo de vacas de la cuenca del río Llallimayo - Melgar – Puno	-Pacco-Choquepata D.	2018	Información Científica para la Innovación	Perú	Concytec	Experimental

06	Determinación de los niveles de plomo y cadmio en leche procesada en la ciudad de Bogotá D.C.	-Pinzón Choque C. G.	2015	Universidad Nacional de Colombia	Colombia	Google Académico	Experimental
07	Detección de cadmio y plomo en leche de vaca comercializada en la ciudad de Guayaquil, Ecuador	-Pernía B. -Mero M. -Bravo K. -Ramírez N. -López D. -Muñoz J. -Egas F.	2014	Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambiente	Ecuador	Google Académico	Experimental
08	Determinación de plomo y cadmio por espectrofotometría de absorción atómica en leche cruda de bovino en establos lecheros del distrito de Chancay-Huaral, 2013	-Mendoza Ocorima Y. G. -Medina Pillaca C. A.	2013	Universidad Wiener	Perú	Google Académico	Comparación
09	Determinación de la presencia de mercurio en leche cruda producida en la parroquia de Machachi	-De la Cueva J. -Francisco P. -Andrade L.	2016	Universidad Central del Ecuador	Ecuador	Google Académico	Experimental

10	Bioacumulación de metales pesados en leche vacuna producto de la ingesta de pastos impactados por pasivos mineros en el distrito de Chugur en el año 2017	-Pajares Vásquez G. J -Vargas Castillejos J. M.	2017	Universidad Privada del Norte	Perú	Google Académico	Experimental
11	Concentración de plomo en forraje y leche de vacuno en seis zonas del Valle del Mantaro	- Rossy Betty Carrillo Ordoñez	2013	Universidad Nacional del centro del Perú	Perú	Google Académico	Experimental
12	Detección de metales pesados en bovinos, en los valles de los ríos Sinú y San Jorge, departamento de Córdoba, Colombia	- Madero G. A - Marrugo N. J	2011	Revista MVZ Córdoba	Colombia	Redalyc	Comparativo
13	Presencia de metales pesados (Hg, As, Pb y Cd) en agua y leche en la cuenca del Río Coata 2015	- Ayde Chata Quenta	2015	Universidad Nacional del Altiplano	Perú	Google Académico	Trasversal
14	Riesgo de contaminación de leche de vaca con metales pesados en los estados de Puebla y Tlaxcala, México	- Numa Pompilio Castro González	2017	Universidad de Córdoba	México	Dialnet	Experimental
15	Desarrollo de tira reactiva para la detección in situ de metales pesados en leche	- Schlapbach Luisina	2017	Investigadores de la Universidad Nacional del Litoral	Argentina	Google Académico	Experimental

16	Determinación de metales pesados y evaluación de la biotransferencia de especies inorgánicas de arsénico en leche bovina cruda	- Luz María Castellanos López	2015	Universidad Autónoma de Nuevo León	México	Google Académico	Experimental
17	Evaluación microbiológica (aerobios mesófilos, bacillus cereus y staphylococcus aureus) y químico - toxicológica de metales pesados (pb, hg) en leche para consumo humano en el distrito de Puente Piedra – Lima	- Obregón Dionicio D. C - Zambrano Charca Z. J.	2017	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Perú	Google Académico	Experimental
18	Evaluación física, química, microbiológica, minerales de interés nutricional y metales pesados en agua de consumo para ganado y metales pesados en leche en sistemas de producción bovina de tres zonas de El Salvador	- Juan Milton Flores Tensos	2016	Universidad de El Salvador	El Salvador	Google Académico	Comparativo

19	Presencia de metales pesados en hatos lecheros de los municipios de San Pedro y Entrerriós, Antioquia, Colombia	-Luis Fernando Londoño Franco	2017	Universidad de León	Colombia	Google Académico	Comparativo
20	Presencia de metales pesados en la leche de consumo humano en el Valle de Cajamarca	- Lelio Antonio Sáenz Vargas	2019	Universidad Nacional de Cajamarca	Perú	Google Académico	Comparativo
21	Enfermedad renal crónica en México y su relación con los metales pesados	- Nancy Libertad Chávez-Gómez - Alejandro Cabello-López - Rodrigo Gopar-Nieto	2016	Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social	México	Redalyc	Narrativo



22	Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal	- Luis Fernando Londoño Franco - Paula Tatiana Londoño Muñoz - Fabián Gerardo Muñoz García	2016	Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial	Colombia	SciELO	Narrativo
23	Intoxicación por plomo secundaria a alojamiento de esquilas en el cuerpo.	- Vivian Charris - Agustín Guerrero - Carlos Barrera	2011	Acta Médica Colombiana	Colombia	Redalyc	Narrativo
24	Determinación de plomo en leche cruda de vaca del distrito de Ihuari – Huaral – 2019	- Lourdes Martínez Hernández - Gisella Paola Soto Chupica	2019	Universidad María Auxiliadora	Perú	Concytec	Comparativa
25	Intoxicación ocupacional por metales pesados	- Rodríguez Heredia D.	2017	MEDISAN	Cuba	Redalyc	Narrativa