UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA AGROINDUSTRIAS

INGENIERO/A AGROINDUSTRIAL

TÍTULO

"REVISIÓN DOCUMENTAL DE LA PRESENCIA DE CADMIO Y ARSÉNICO EN LA LECHE CRUDA PRODUCIDA EN ZONAS LECHERAS DEL ECUADOR"

AUTOR

JOMAIRA MIREYA SÁNCHEZ DÍAZ

KEVIN ANDERSON VILATUÑA VALLE

DIRECTOR DE PROYECTO / TRABAJO

MSc. EDWIN FERNANDO BASANTES BASANTES

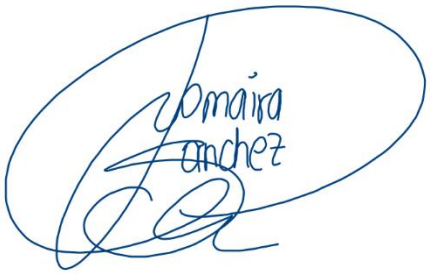
Puyo – Ecuador

2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Quienes suscriben Jomaira Mireya Sánchez Díaz con C.I 180309100-6; Kevin Andersson Vilatuña Valle con C.I 150089417-3, hacen constar que son autores del Trabajo de Integración Curricular titulado: REVISIÓN DOCUMENTAL DE LA PRESENCIA DE CADMIO Y ARSÉNICO EN LA LECHE CRUDA PRODUCIDA EN ZONAS LECHERAS DEL ECUADOR, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, MSc. Edwin Fernando Basantes Basantes. En tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 7 días del mes de julio del 2021.



…….

Jomaira Mireya Sánchez Díaz

C.I: 180309100-6



…….

Kevin Andersson Vilatuña Valle

C.I: 150089417-3

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del Trabajo de Integración Curricular aprueba el Trabajo de Integración Curricular titulado: “REVISIÓN DOCUMENTAL DE LA PRESENCIA DE CADMIO Y ARSÉNICO EN LA LECHE CRUDA PRODUCIDA EN ZONAS LECHERAS DEL ECUADOR”.

Firmado electrónicamente por:
HERNAN PATRICIO RUIZ MARMOL

Hernán Patricio Ruiz Mármol, Ph. D

Presidente del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
MONICA PAULINA ECHEVERRIA GUEVARA

Mónica Paulina Echeverria Guevara, Ph. D

Miembro del tribunal

Firmado electrónicamente por:
AIDA SALOME ROMERO

MSc. Aida Salome Romero Vistin

Miembro del tribunal

Certificado No. 170-SAU-UEA-2021

Puyo, 19 de julio de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a los estudiantes: Sánchez Diaz Jomaira Mireya, con C.I. 180309100-6 y Vilatuna Valle Kevin Andersson, con C.I. 150089417-3, con el Tema: **"REVISION DOCUMENTAL DE LA PRESENCIA DE CADMIO Y ARSENICO EN LA LECHE CRUDA PRODUCIDA EN ZONAS LECHERAS DEL ECUADOR.",** de la carrera, Ingeniería Agroindustrial. Director de la investigación, MSc. Basantes Basantes Edwin Fernando, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 3%, Informe generado con fecha 20 de julio de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ITALO
MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

DERECHOS DE AUTOR

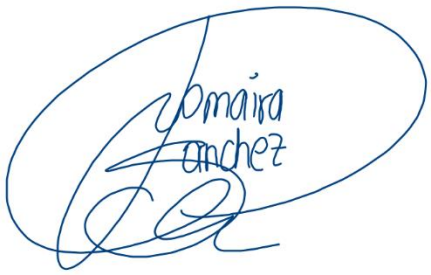
©2021, Nombre del o los autores: Jomaira Mireya Sánchez Díaz; Kevin Andersson Vilatuña Valle.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el derecho de autor.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jomaira Mireya Sánchez Díaz, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.



JOMAIRA MIREYA SÁNCHEZ DÍAZ

No. Cédula: 180309100-6

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Kevin Andersson Vilatuña, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.



KEVIN ANDERSSON VILATUÑA VALLE

No. Cédula: 150089417-3

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento infinito a nuestro tutor BQF. Edwin Basantes por guiarnos y estar pendiente de nosotros en esta etapa de culminación de nuestra carrera.

A la Universidad Estatal Amazónica, por habernos acogido en sus aulas para nuestra formación profesional.

Jomaira Mireya Sánchez Díaz

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal Amazónica, por darme la oportunidad de ser parte de ella, de abrirme sus puertas y acogerme en la carrera de agroindustrias, así también a los docentes que me han bridado su apoyo y conocimientos para seguir adelante, y ser mejor día a día.

Kevin Andersson Vilatuña Valle

DEDICATORIA

El camino fue largo y con muchos obstáculos, hubo momentos en los cuales quería rendirme, pero siempre estuvo a mi lado apoyándome y aliviando mi sufrimiento con palabras y abrazos cariñosos, la culminación de esta etapa se la dedico a usted mamita Ana por toda la dedicación que siempre ha puesto en nosotros y por ser una mujer ejemplar, gracias infinitas por tener fe en mí y amarnos a pesar de todo.

A mi pequeña orquídea Kattleya, eres el motivo de que tenga los pies bien puestos sobre la tierra y por la cual he querido superarme para llegar lejos juntas y cumplir nuestras metas y sueños.

A mis hermanos Kevin y Alex Genaro por alegrarme los días con sus ocurrencias, los amo.

A mi mejor amiga Magaly gracias por las locuras, las risas y la amistad que hemos forjado en el trascurso de estos 5 años y lo más importante por estar en las alegrías y en las tristezas y siempre tener una palabra de aliento.

Jomaira Mireya Sánchez Díaz

DEDICATORIA

A mis padres que con su esfuerzo y dedicación me forjaron como persona me enseñaron todo lo bueno que soy, todos mis logros se los debo a ustedes, y en especial a mi madre que siempre estuvo conmigo apoyándome en todo momento, quien nunca dudo en acompañarme en cada momento de mi vida, siempre sonriente y positiva, siempre estaré agradecido contigo y jamás lograre pagarte todo lo que hiciste por mí, siempre te llevare en mi corazón.

Gracias a mis hermanos que me brindaron su apoyo, a los que siempre los tendré de ejemplo de buenas personas y a lo que algún día yo aspiro llegar a ser, a su paciencia y cariño que mostraron por mí, muchas gracias.

Kevin Andersson Vilatuña Valle

RESUMEN

La leche es uno de los alimentos básicos del ser humano desde la antigüedad, en la actualidad es una de las principales fuentes de alimento gracias a que aporta una gran cantidad de nutrientes, pero cuando está contaminada es un riesgo para quien la consume. La presente investigación busca establecer de forma documental la presencia de cadmio y arsénico en la leche cruda producida en zonas lecheras del Ecuador mediante la determinación de las posibles causas de la contaminación por metales pesados de la leche cruda, y comparar las concentraciones reportadas con los límites establecidos en el reglamento Técnico RTCR perteneciente a Costa Rica.

Se determinó las fuentes de contaminación por metales pesados al líquido en estudio: actividades mineras, que es un tipo de actividad palpable la cual puede llegar a generar niveles altos de cadmio en el ambiente, emisiones de ceniza volcánica o incluso por el riego de pastizales utilizados para la alimentación del ganado bovino con agua contaminada.

Las concentraciones de arsénico reportadas en Quero y Mocha provincia de Tungurahua fueron: 0,378ppm y 0,0321ppm respectivamente, en el cantón Machachi provincia Pichincha, fue de 0,0003ppm, en el cantón Arenillas provincia de El Oro fue de 0,01035ppm. Se llevó a cabo la comparación con el Reglamento Técnico RTCR: 401-2006 el cual establece un límite permisible de este contaminante de 0,2ppm por lo cual se concluye que las concentraciones reportadas están bajo el límite

La concentración de cadmio reportada en la Provincia del Guayas fue de 0,002ppm, el Reglamento Técnico RTCR: 401-2006 prohíbe la presencia de residuos de compuestos de cadmio, por lo que se concluye que en esta zona hay contaminación con este elemento.

Palabras clave: Leche cruda, concentración, arsénico, cadmio.

ABSTRACT

Milk has been one of the basic foods of the human being since ancient times, nowadays it is one of the main sources of food due to the fact that it provides a large amount of nutrients, but when it is contaminated it becomes a risk for those who consume it. This research seeks to establish in a documentary way the presence of cadmium and arsenic in raw milk produced in dairy areas of Ecuador by determining the possible causes of contamination by heavy metals in raw milk, and comparing the concentrations reported with the limits established in the RTCR: Technical regulation pertaining to Costa Rica.

The sources of contamination by heavy metals to the liquid under study were determined: mining activities, which is a type of palpable activity which can generate high levels of cadmium in the environment, volcanic ash emissions or even by irrigating grasslands used for feeding cattle with contaminated water.

The arsenic concentrations reported in Quero and Mocha province of Tungurahua were: 0.378ppm and 0.0321ppm respectively, in the Machachi canton, Pichincha province, it was 0.0003ppm, in the Arenillas canton, El Oro province it was 0.01035ppm. A comparison was made with the RTCR: Technical Regulation: 401-2006, which establishes a permissible limit of this pollutant of 0.2ppm, for which it is concluded that the reported concentrations are below the limit.

The concentration of cadmium reported in the Province of Guayas was 0.002ppm, the RTCR Technical Regulation: 401-2006 prohibits the presence of residues of cadmium compounds, which is why it is concluded that there is contamination with this element in this area.

Keywords: Heavy metals, Raw Milk, Volcanic Ash, Arsenic, Cadmium.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN 1
1.1 Planteamiento del problema 2
1.2 Objetivos 3
1.2.1 Objetivo general: 3
1.2.2 Objetivos específicos: 3
1.3 Justificación 4
CAPITULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 5
2.1 Leche Cruda 5
2.2 Características esenciales de la leche 6
1.- Complejidad. 6
2.- Heterogeneidad. 6
3.- Variabilidad de la composición. 6
4.- Alterabilidad 7
2.3 Zonas lecheras del Ecuador 7
2.3.1 La provincia de Carchi 8
2.3.2 La provincia de Imbabura 8
2.3.3 Provincia de Pichincha 8
2.3.4 Provincia de Cotopaxi 8
2.3.5 Provincia de Tungurahua 9
2.4 Toxicología de alimentos 9
2.5 Fuentes de contaminación 10
2.6 Metales pesados 10
4.7 Clasificación de los metales pesados. 11
4.8 Arsénico 13
4.8.1 Ciclo del arsénico 13
4.8.2 Arsénico y el ambiente 14

4.8.3 Clases de arsénico. 14
4.8.4 Dosis tóxica del Arsénico (As) 15
4.9 Cadmio 15
4.9.1 Fuentes de contaminación de cadmio 16
4.9.1.1 Agua 16
4.9.1.2 Suelo 16
4.9.1.3 Aire 16
4.9.1.4 Plantas 16
4.9.1.5 Alimentos 17
4.9.2 Contaminación industrial 17
4.9.2.1 Minería 17
4.9.2.2 Industria 17
4.9.2 Dosis tóxica del Cadmio (Cd) 17
5.1 Métodos de determinación de metales en alimentos. 18
5.1.1 Espectrofotometría UV-Vis 18
5.1.2 Espectrofotometría de absorción atómica (AAS) 19
5.1.2.1 Lámpara de Cátodo Hueco 19
5.1.3 Espectrofotometría de absorción atómica por generación de hidruros (HGAAS) 20
5.1.4 Espectrometría de absorción atómica de horno de grafito (GFAAS) 21
5.1.5 Espectrometría de absorción atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES) 22
CAPITULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 23
3.1 Tipo o Diseño de Investigación: 23
3.2 Métodos de Investigación: 23
CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS 24
Conclusiones 29

Recomendaciones 30

REFERENCIAS.....31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. *Oligoelementos o Micronutrientes* 12
Tabla 2-2. *Metales Pesados Sin Función Biológica Conocida.* 13
Tabla 2-3. *Valencias Más Comunes* 14
Tabla 2-4. *Compuestos del arsénico ordenados de mayor a menor toxicidad*.....15
Tabla 2-5. *Industrias que Utilizan Cadmio.* 18
Tabla 4-1. *Fuentes de contaminación*……24
Tabla 4-2. *Métodos de análisis*……...26
Tabla 4-3. *Concentraciones reportadas*……24

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 2-1. *La Leche Cruda*.....6
Figura 2-2. *Lámpara de cátodo hueco*.....20
Figura 2-3. *Lámpara de cátodo hueco de Cadmio.* 20
Figura 2-4. *Generador de hidruros acoplado a un Espectrómetro de Absorción Atómica* 20
Figura 2-5. *Etapas del Proceso de Lectura en absorción atómica por horno de grafito.* 21

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por la contaminación medio ambiental ha despertado interés en la investigación de los efectos negativos y las afecciones que podrían causar el consumir alimentos contaminados con metales pesados y otros compuestos encontrados en alimentos de consumo humano y animal.

Una de las vías de entrada de los metales pesados a la cadena alimentaria es por medio de las plantas que absorben a través de la raíz los contaminantes en forma de disoluciones, las plantas al ser parte importante de la dieta animal esencialmente pastos. Dichas disoluciones están conformadas por todo tipo de compuestos y elementos, algunos de ellos tóxicos, que pueden llegar a ser perjudiciales y causar efectos colaterales a largo plazo, tanto a la planta como al ser humano (Romero Flores, 2017).

La contaminación por metales pesados y el estudio de los mismos es de gran interés desde muchos puntos de vista, ya que son contaminantes medio ambientales, cuya toxicidad representa un gran problema que ha ido aumentando a nivel medioambiental, nutritivo, ecológico y evolutivo (Romero Flores, 2017).

El cadmio es un elemento pesado, dúctil y maleable y de tonalidad blanca azulada, no tiene función biológica conocida y es sumamente tóxico aún en bajas dosis. Por su parte el arsénico es un elemento químico común, considerado metal pesado, de color gris metálico, con número atómico 33, se encuentra presente de manera natural en el ecosistema, aparece regularmente como mineral, y como elemento puro se lo encuentra escasamente (Badillo Herrera, 2016).

1.1 Planteamiento del problema

La presencia de metales pesados en alimentos lácteos es un problema hoy en día, debido al aumento de la actividad antropogénica de ámbito industrial que ha favorecido a la emisión de sustancias nocivas al medio ambiente, lo que facilita el ingreso de dichas sustancias a la cadena alimentaria causando así, un impacto negativo en el medio ambiente y al ser humano. La exposición a los metales pesados puede darse por diversas vías como ingesta de alimentos contaminados y por agua. Deben enfatizarse los riesgos del consumo de alimentos contaminados para la salud de los consumidores, sus efectos en el ser humano van desde efectos crónicos hasta la letalidad en altas dosis. Las consecuencias de la exposición a estos elementos causan afecciones en varios órganos y en diferentes sistemas, además de su incidencia en diversos tipos de cáncer (Medina Pizzali, Robles, Mendoza, & Torres, 2018).

Frente a lo expuesto anteriormente, el presente trabajo buscó evaluar de forma documental la vía de contaminación y la presencia de cadmio y arsénico en la leche cruda producida en zonas lecheras del Ecuador.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general:

- Revisar de forma documental la presencia de cadmio y arsénico en la leche cruda producida en zonas lecheras del Ecuador.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Determinar las posibles causas de la contaminación de la leche cruda por metales pesados
- Analizar la base documental del proceso de análisis de cadmio y arsénico en la leche cruda
- Evaluar las concentraciones de cadmio y arsénico reportadas en leche cruda de las zonas lecheras del Ecuador

1.3 Justificación

La leche es un alimento básico para las personas en todas las etapas de su vida, su sistema de procesamiento industrial permite que la población la consuma, lo que contribuye en gran medida a su valor para la salud. Dependiendo de su contenido la leche es un alimento que contribuye a una dieta completa y equilibrada y tiene un alto equilibrio de nutrientes en cuanto a contenido calórico, por lo que se debe consumir desde la niñez hasta la vejez (Fernández, Martínez, & Martínez , 2015).

La insalubridad ha sido un problema para la salud humana desde el comienzo de la historia y muchos de estos problemas son causados por la contaminación de alimentos. Si bien los gobiernos de todo el mundo están haciendo todo lo posible para mejorar la seguridad alimentaria, la presencia de intoxicaciones alimentarias y zoonosis es un problema de salud importante tanto para los países desarrollados como para los países en vías de desarrollo.

Uno de los principales problemas de salud en el mundo son las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA), que puede afectar a la sociedad en general y en las cuales pueden estar comprometidos diferentes agentes biológicos, físicos y químicos. La leche cruda no es exenta a problemas de insalubridad de alimentos, siendo un producto importante presente en la canasta familiar, la misma es utilizada como materia prima en la elaboración de muchos derivados lácteos (Aguilera, Urbano , & Jaimes, 2014).

Cualquier metal y cada químico tienen una forma diferente de almacenamiento en el organismo de la persona, el cadmio afecta los riñones y el arsénico tiene un efecto directo sobre las mitocondrias. Los daños en el organismo son diversos, pero depende en sí del metal que se ingiere con regularidad, pero lo más común son lesiones celulares (Pacco, 2018).

Por lo anterior expuesto este trabajo de Integración Curricular propuso Evaluar las concentraciones reportadas en material bibliográfico de cadmio y arsénico en leche cruda de las zonas lecheras del Ecuador, para analizar, evaluar y tener un referente de las consecuencias que se podrían dar de consumir este líquido biológico de forma crónica.

CAPITULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Leche Cruda

En el siglo X antes de Cristo, los antiguos habitante primitivos de Asia criaban una variedad de animales, incluido el ganado. Los bovinos son los mamíferos más abundantes de la civilización, desde hace 10.000 años las personas fueron abandonando la vida nómada, se establecieron en pequeñas comunidades agrícolas, comenzaron a cultivar y criaron ganado para su alimentación (Vizcarra, 2015).

De esta manera nacen rebaños de pequeños mamíferos (cabras y ovejas) que se preparan para la cría, su objetivo principal es proteger a las crías de estos animales y guardar un remanente de leche. Desde entonces, la leche se ha asociado con la historia de la civilización, con muchas culturas participantes en diferentes momentos mediante la construcción de relaciones significativas entre tan noble producto y entre el Ser Humano (Magariño, 2001).

Por ello, a medida que los asentamientos humanos se fueron consolidando en las ciudades, fue necesario conservar los alimentos en general, especialmente la leche, y se han desarrollado métodos para mejorar la vida útil del producto inicialmente a través de la producción de queso. Sin embargo, el suministro de leche fresca a las ciudades se complica aún más porque no se lograba tener un método eficaz y confiable de conservación (Vizcarra, 2015).

La leche es un líquido alimenticio producido por las hembras de los mamíferos para nutrir a sus crías en la primera etapa de su vida, de las cuales ciertas leches como por ejemplo la leche de vaca y cabra son las más consumidas por el ser humano. La leche cruda de vaca es el producto fresco del ordeño frecuente e incesante de una o varias vacas, íntegramente sanas, bien alimentadas y en reposo como se observa en la figura 2-1 (Abril & Pillco, 2013).



Figura 2-1. *La Leche Cruda*

Fuente: **(**Sánchez, I. 2020).

También podemos decir que la leche es el fluido que se origina en las glándulas mamarias de la vaca, el cual es un alimento casi perfecto, su única insuficiencia está en que carece de hierro y vitamina C, cuenta con aminoácidos esenciales, grasas, hidratos de carbono, tiene abundante fósforo y calcio lo que lo hacen un alimento con un alto valor nutricional el cual se puede consumir en nuestra dieta diaria sin ningún inconveniente para la salud (González Cu, Molina Sánchez, & Coca Vázquez, 2010).

2.2 Características esenciales de la leche

1.- Complejidad.

La leche es una sustancia segregada por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos tras el parto de sus crías. Es un líquido de composición compleja, blanca y opaca, de sabor azucarado y reacción iónica casi neutra. Su función primordial es la de ser un alimento característico de los mamíferos jóvenes, en la etapa de crecimiento es rápido (Alais, 1988).

2.- Heterogeneidad.

La leche es una emulsión de materia grasa, es un líquido que presenta una afinidad con el plasma sanguíneo. Esta sustancia también es una suspensión de materias proteicas en un suero conformado por una mezcla de cuatro componentes principales: grasa+ sales+ proteínas (caseína y albuminoides) + lactosa (Alais, 1988).

3.- Variabilidad de la composición.

La constitución de la leche cambia en el lapso del ciclo de la lactación. Después del parto la mama produce el calostro, el cual es diferente a la leche normal en sus

partes proteica y salina. La estructura de la leche varia por el estado de salud de la hembra y principalmente varia de una especie animal a otra (Alais, 1988).

4.- Alterabilidad

La leche es un producto perecedero, principalmente bajo la influencia del calor. Muchos organismos, especialmente aquellos que descomponen la lactosa debido a la producción de ácidos, pueden crecer en ella, lo que resultara en la acumulación de algunas proteínas. La leche posee un bajo nivel de protección natural, para su uso en la producción industrial, requiere la debida protección contra la invasión microbiana y la actividad enzimática (Alais, 1988).

2.3 Zonas lecheras del Ecuador

Para todos los ciudadanos del mundo, la palabra Ecuador es un símbolo de los trópicos y subtrópicos, gracias a los Andes y sus montañas, que tiene un clima único que oscila entre los 4 y los 28º grados centígrados, y que incluyen muchas áreas agrícolas y ganaderas en Ecuador (Vizcarra, 2015).

Como resultado es muy atractivo para los europeos, australianos, estadounidenses y muchas otras partes del mundo que en Ecuador con alturas de 2.500 y 3.500 msnm tengamos producción lechera, sin embargo, la sierra ecuatoriana tiene esta producción lechera a largo plazo y es el mayor productor del mundo (Vizcarra, 2015).

De hecho, Ecuador comenzó a producir mucha leche a partir de los años de 1950, a lo largo de las décadas, se ha importado mucho ganado como pies de cría, y se cimentaron centros de prueba y estaciones experimentales, pero más granjas han ido mejorando en el procesamiento y la tecnología. En los años cincuenta, cuando el ganado y sus crías entran en fase de producción se comienza a seleccionar el ganado apto para la reproducción. Muchas de las fincas donde los criaderos fueron seleccionados por primera vez y adquirieron grandes cantidades de equipo para convertirse en comerciantes de ganado bovino machos y hembras que nacieron en Ecuador (Vizcarra, 2015).

Dado que la venta de animales se transforma en otro de los muchos incentivos para los criaderos, estos inician un programa en las distintas Asociaciones a nivel nacional para gestionar y controlar la producción y pedigrí del ganado (Vizcarra, 2015).

2.3.1 La provincia de Carchi

El ganado vacuno del Carchi, llego con los españoles al igual al que se encuentra en todo el Ecuador, esta zona vecina de Colombia siempre fue admirada como tierra de pastos, el nombre otorgado por los españoles le dio a la zona es famosa por sus hermosos suelos y prados. La producción actual de leche cruda sobrepasa los 260.000 litros al día, así aporta un 5% a la producción nacional (Vizcarra, 2015).

2.3.2 La provincia de Imbabura

Esta hermosa provincia en la cual se destaca mayormente el turismo y en lo que respecta a la producción de leche es la de menor aporte a nivel de la Sierra, simboliza un 2% de la producción nacional de leche cruda bovina, lo cual alcanza un volumen de 140.000 litros de leche por día (Vizcarra, 2015).

La producción de leche suele estar en manos de los pequeños productores, lo cual su trabajo es apoyar las actividades agropecuarias, por supuesto hay grandes rebaños con buena genética que compiten en los mercados y granjas tradicionales por su calidad de leche y queso, es así como en 6 cantones se producen leche principalmente en las tierras que esta sobre los 2000 msnm (Vizcarra, 2015).

2.3.3 Provincia de Pichincha

Pichincha es la provincia lechera por excelencia, con sus 8 cantones los cuales todos son productores de leche, integran las zonas de mayor producción de productos lácteos del Ecuador, en el cual el cantón Mejía y su cabecera cantonal Machachi son los que tiene la mayor producción (Vizcarra, 2015).

En Mejía se encuentran el ganado más antiguo del Ecuador, el cual tiene un alto valor genético; las vacas Jersey, Holstein, Brown Swissy y Normando son el pilar del cual se origina mucha de la ganadería de todo el país, también se ubican la mayoría de las haciendas de las cuales se originan una alta producción lechera la bordea los 17.8 a 25 litros de leche por hectárea (Vizcarra, 2015).

2.3.4 Provincia de Cotopaxi

En 1910 con el paso del tren, los agricultores han podido vender sus productos fuera de su ciudad natal, que con la producción de queso y panadería se ha convertido en un ídolo nacional. Las hallullas las cuales son galletas de trigo que están panificadas con mantequilla y el queso de hoja frescos es un verdadero deleite para sus visitantes (Vizcarra, 2015).

Esta provincia es ancestralmente productora de leche en todos sus cantones, tiene un conjunto de famosa haciendas ganaderas, de las cuales algunas se especializaron en leche obteniendo una gran producción, Cotopaxi produce diariamente 400.000 litros de leche lo que es un 7% de la producción nacional (Vizcarra, 2015).

2.3.5 Provincia de Tungurahua

No se puede ignorar la enorme amenaza que viven diariamente los agricultores que trabajan bajo el volcán Tungurahua activo, que constantemente cubre con cenizas los campos lo cual representa un problema de salud para los habitantes y los animales además a menudo quema y limita el crecimiento y la frescura de los pastizales (Vizcarra, 2015).

Es una zona de menor producción lechera ya que alterna con la producción de flores, frutas y hortalizas, la producción diaria de leche de Tungurahua bordea los 340.00 litros y simboliza el 6% de la producción nacional en el Ecuador (Vizcarra, 2015).

2.4 Toxicología de alimentos

La toxicología es una disciplina enfocada en estudiar las diferentes sustancias químicas y la reacción del organismo ante dichas sustancias. Igualmente se encarga de analizar los diversos métodos que pueden neutralizar los efectos producidos en las personas, la toxicología alimentaria se enfoca en analizar los componentes químicos, contaminantes y aditivos de los alimentos y los daños que pueden provocar al organismo (Vargas T. , 2014).

Se ha considerado que las intoxicaciones por alimentos eran eventos accidentales, en ocasiones intencionales, rara vez aislados, y en ciertas ocasiones de naturaleza epidemiológica, por ingerir alimentos contaminados o plantas nocivas (Jimenez & Repetto, 2009).

La comida puede ser un vehículo para muchos agentes de diferente naturaleza que pueden cambiar o no sus características, entre estos agentes se encuentran agentes biológicamente diversos, que son numerosos y diversos y pueden llegar a causar trastornos gastrointestinales graves. Estas enfermedades ocurren cuando se ingieren alimentos que contienen organismos viables a las toxinas producidas durante la reproducción. En general, la contaminación causada por condiciones insalubres puede

ocurrir durante la preparación o almacenamiento de alimentos rudos o cocidos (Caeman, 2012).

2.5 Fuentes de contaminación

En general todos los alimentos tienen la probabilidad de transferir enfermedades o contaminantes existente en el mismo. La leche no es la excepción a esta regla ya que por su composición es más delicada a sufrir alteraciones debidas al mal manejo en todo el proceso, desde la extracción, transporte, refrigeración, estandarización y hasta llegar a su destino final que es el consumidor (Celis & Juarez, 2009).

Seguramente el origen principal de la contaminación de la leche más representativa son los utensilios y los equipos utilizados al momento del ordeño o transporte. Sin embargo, la leche puede estar contaminada con residuos de medicamentos veterinarios, plaguicidas o de otros compuestos químicos que pueden afectar la calidad de leche (Magariño, 2001).

También existe contaminación en la leche cuando en la dieta de los animales lecheros está compuesta por aguas residuales o que tengan la presencia de sustancias químicas que puedan alterar su composición.

La actividad volcánica en el fenómeno natural más temible y respetado, es una fuente innata de contaminación para los ecosistemas y para la población en general.

Las cenizas volcánicas son partículas originadas por la fragmentación de las rocas expulsadas en las erupciones y tienen una medida menos a 2mm, las cuales pueden ingresar profundamente en los pulmones, tienen la capacidad para aerotransportarse a lo largo de grandes distancias antes de sedimentarse por completo (Grob, Oyarzún, & Cavieres, 2011).

La ceniza volcánica principalmente está compuesta por óxidos tales como: aluminio, calcio, sílice, hierro al 80%, potasio, plomo y metales pesado como: cromo, níquel, zinc y vanadio que se presentan en forma de fino polvo (Sierra, 2012)

2.6 Metales pesados

El uso de una amplia gama de productos modernos es la causa de la contaminación industrial, tecnológica, agrícola, minera. También el uso indiscriminado de variados fertilizantes químicos que eventualmente se introducirán en ríos, plantas, animales y alimentos, lo que alterara de manera negativa la cadena trófica, esto

representa un grave riesgo para el medio ambiente y la salud pública, ya que la exposición a grandes dosis de estos elementos causaría graves problemas de salud en los humanos y en los animales (Londoño Franco, Londoño Muños, & Muños Garcia, 2016).

Estudios recientes han demostrado que los alimentos y los productos industriales contienen estos metales pesados, por lo que hoy los huesos contienen de 400 a 100 veces más plomo que hace 400 años. Sin embargo, es importante considerar que la materia orgánica requiere pequeñas cantidades de estos metales (cobre, zinc, hierro, etc.) para diversas funciones biológicas (Badillo Herrera, 2016).

Sin embargo, este carente o desmesurado valor de los metales puede alterar los procesos bioquímicos o fisiológicos en el cuerpo. De hecho, no son solo los compuestos químicos los que hacen que los metales pesados sean tóxicos, sino también la cantidad de posibles contaminantes y lo que es más importante, los tipos de compuestos o solventes que producen como por ejemplo el metilmercurio. Además, el contacto entre metales y sus compuestos tóxicos puede complicar la salud (Londoño Franco, Londoño Muños, & Muños Garcia, 2016).

4.7 Clasificación de los metales pesados.

Los metales pesados se dividen en dos grupos:

Oligoelementos: Son requeridos por animales y plantas en pequeñas cantidades o traza, son indispensables para que los organismos puedan completar su ciclo vital. Estos elementos pueden llegar a ser tóxicos cuando se pasa cierto límite (Gonzalez Beltran & Recinos Pacheco, 2015).

- En este grupo se encuentran:

Tabla 2-1.*Oligoelementos o Micronutrientes*

Elemento	**Símbolo químico**
Arsénico	As
Boro	B
Cobalto	Co
Cromo	Cr
Cobre	Cu
Molibdeno	Mo
Manganeso	Mn
Níquel	Ni
Selenio	Se
Zinc	Zn

Fuente: (Gonzalez Beltran & Recinos Pacheco, 2015)**.**

Metales pesados sin función biológica: Estos elementos en ciertas cantidades en los seres vivos, puede llegar a causar alteraciones en el funcionamiento correcto de sus organismos. Estos han demostrado ser altamente tóxicos y tienen la peculiaridad de almacenarse en los seres vivos (Gonzalez Beltran & Recinos Pacheco, 2015).

Es de suma importancia resaltar que en cantidades excesivas cualquiera de estos elementos, podría llegar a causar intoxicaciones al ser humano y disfunciones biológicas graves, estas intoxicaciones pueden ser a causa del almacenamiento de cualquiera de estos metales pesados y no suelen llegarse a las cantidades tóxicas en una sola dosis (Gonzalez Beltran & Recinos Pacheco, 2015)

Tabla 2-2. *Metales Pesados Sin Función Biológica Conocida.*

Elemento	Símbolo químico
Cadmio	Cd
Mercurio	Hg
Plomo	Pb
Níquel	Ni
Bismuto	Bi

Fuente: (Gonzalez Beltran & Recinos Pacheco, 2015).

4.8 Arsénico

El arsénico es un elemento común que se encuentra presente de manera natural en el ecosistema, aparece regularmente como mineral siendo los más comunes la arseniopirita y el trióxido de azufre, como elemento puro se lo encuentra escasamente (Badillo Herrera, 2016).

Hoy en día las intoxicaciones por consumo de arsénico son a causa de ingesta de agua con alto nivel de dicho elemento. La contaminación de fuentes de agua no solo es solo a causa de la actividad humana, asimismo el ambiente propicia este fenómeno generando las interacciones de ambientes entre agua y roca (Medina Pizzali, Robles, Mendoza, & Torres, 2018).

La presencia de este elemento en el agua y en sus productos es un problema que aqueja a nivel mundial, en el Ecuador específicamente este problema se ve afectado en gran medida debido a la presencia de los volcanes activos y la exposición a la ceniza que contaminan el suelo, cultivos y fuentes acuífera (Badillo Herrera, 2016).

4.8.1 Ciclo del arsénico

El arsénico tiene presencia en el medio ambiente como un contaminante a nivel de traza, la concentración depende de varios factores (geológicos y meteorológicos). Su circulación en el medio ambiente es alta debido a que puede estar en estado gaseoso, sólido o disuelto, este siendo trasportado a su vez por aire o agua. Su distribución depende fundamentalmente de la forma química en la que se encuentre este elemento. Siendo así el As (V) y el As (III) de alta solubilidad distribuyéndose fácilmente por los medios acuosos. La absorción de este elemento en suelos suele ser preponderante, pudiendo transferirse así a los cultivos de los seres humanos y plantas, de esta manera entrando a la cadena alimenticia (Peréz, 2015).

4.8.2 Arsénico y el ambiente

El arsénico puede incurrir en el suelo, aire y agua a través de las corrientes, tormentas de polvo y por medio de aguas que arrastran material pétreo o escombros, por esta razón la contaminación por arsénico es altamente difundida en el planeta (Rangel, Montañes, Luévanos, & Nagamani, 2015).

Las fuentes principales de contaminación de arsénico son causas antropogénicas: La quema de carbón, la fundición de metales industriales, y hoy en día la industria de semiconductores y su descarga de minerales ricos en este elemento que se generan en la extracción de otros minerales. Dependiendo de las condiciones del medio ambiente, el arsénico o sus compuestos pueden mezclarse fácilmente en el agua, y de ahí fácilmente llegar a la cadena alimentaria y facilitar a la difusión en todos los seres vivos que la conforman (Rangel, Montañes, Luévanos, & Nagamani, 2015).

4.8.3 Clases de arsénico.

La toxicidad, la inclinación a acumularse en los seres vivos y la motilidad dependen de la forma química y del estado de oxidación en la que se halle este elemento.

Tabla 2-3. *Valencias Más Comunes*

Elemento/compuesto	Valencia	Descripción
Arsénico (As)	0	Arsénico metaloide estado de oxidación 0
Arsénico (As)	III	Trivalente, estado de oxidación +3, como en los arsenitos.
Arsénico (As)	V	Pentavalente, estado de oxidación +5, como en los arseniatos.
Gas Arsina	-	Estado de oxidación -3

Fuente: (Gonzalez Beltran & Recinos Pacheco, 2015)**.**

La toxicidad de este elemento puede variar. De forma general podemos exponer a los compuestos del arsénico, de mayor a menor toxicidad. (Gonzalez Beltran & Recinos Pacheco, 2015)

Tabla 2-4. Compuestos del arsénico ordenados de mayor a menor toxicidad

Numero	Compuesto
1	Compuestos inorgánicos trivalentes.
2	Compuestos orgánicos trivalentes.
3	Compuestos inorgánicos pentavalentes.
4	Compuestos orgánicos pentavalentes.
5	Arsénico elemental

Fuente: (Gonzalez Beltran & Recinos Pacheco, 2015).

De manera general, el arsénico orgánico es menos tóxico que el inorgánico.

4.8.4 Dosis toxica del Arsénico (As)

En personas adultas, la dosis tóxica de este elemento (As inorgánico) es de 0,5 mg/Kg, su dosis potencialmente mortal es de 2-3mg/Kg, la ingesta diaria máxima de este elemento es de 0,002mg/Kg de peso corporal con una gran variabilidad individual (Suárez Solá, González Delgado, González Weller, Rubio Armendáriz, & Hardisson de la Torre, 2004).

4.9 Cadmio

El cadmio (Cd) es un metal considerado un elemento altamente tóxico para el ser humano, el cual existe en baja concentración en la naturaleza, las actividades humanas han favorecido el incremento de este elemento en el ambiente. La leche cruda puede tener varios residuos contaminantes en su composición, pudiendo ser peligrosos para la salud, entre ellos se encuentran los metales pesados (Carvajal, Rodriguez, & Peñuela, 2012).

Este elemento está presente también como impurezas de algunos metales (Cu, Zn y Pb) y en el acero, tiene presencia además en combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas), también lo podemos encontrar en el cemento y en fertilizantes de fosfato.

Estos productos por lo general solo son considerados una preocupación ambiental. Todas las fuentes de contaminación de cadmio mencionadas anteriormente pueden llevar a la contaminación de los suelos, y por ende a la absorción de este elemento por parte de los cultivos que son destinados para el consumo humano y animal (Pinzón, 2015).

4.9.1 Fuentes de contaminación de cadmio

4.9.1.1 Agua

En áreas no contaminadas, el agua presenta baja concentración de cadmio: En ríos es cerca de los 1μg/L y en el océano 0,04-0,3μg/L. Por el contrario, en zonas altamente expuestas a la contaminación por cadmio puede ascender desde 0.001 hasta 0.115mg/L. El ser humano, al ingerir agua con elevados niveles de cadmio produce una inflamación muy grave al estómago, además de vómitos y diarreas (Pinzón, 2015).

4.9.1.2 Suelo

En zonas no intervenidas con contaminación, la cantidad de cadmio en el suelo se encuentra cerca de 1mg/kg. La contaminación del suelo puede llevarse a cabo por partículas de aire o por agua contaminada con este elemento producto de actividades industriales se han determinado concentraciones de hasta 16mg/kg. El cadmio puede adherirse al suelo de manera sólida a las partículas del suelo. Este elemento llega a los suelos agrícolas por medio del aire, los fertilizantes fosfatados, por la aplicación de abonos con estiércol y por la actividad metalúrgica (Mendoza Oscorima & Medina Pillaca, 2013).

4.9.1.3 Aire

Normalmente la forma química más común del cadmio en el aire es el óxido de cadmio. En ciudades con considerable actividad industrial se ha determinado cantidades elevadas de cadmio en el aire que van de 0,05 a 30μg/m3 en contraposición a zonas no contaminadas por la actividad industrial. La presencia de este elemento en el aire es de gran interés, ya que puede entrar fácilmente por vía respiratoria y llegar a ser absorbido por el organismo. En zonas con elevada contaminación, el ser humano puede llegar a inhalar cerca de 3,5μg en su día a día (Mendoza Oscorima & Medina Pillaca, 2013).

4.9.1.4 Plantas

La traza de cadmio en el medio ambiente es consecuencia de la polución natural, por la importancia que tiene flora de abstraerse el cadmio de origen geoquímico y, tras su descomposición, dispersarlo en el medio. El uso de plaguicidas, fertilizantes y aguas residuales de origen antropogénico, han hecho que este elemento sea relativamente común en los suelos destinados a los cultivos, y desde luego absorbidos por las plantas halladas sobre estos, el cadmio tiene la propiedad de fijarse más rápidamente que el plomo (Mendoza Oscorima & Medina Pillaca, 2013).

4.9.1.5 Alimentos

Es la fuente más importante de contaminación para personas que no están expuestas de manera ocupacional. El cadmio ingerido por medio de la alimentación es desechado en un 90 a 95% por medio de las heces, lo que provoca que pierda importancia a menos que la contaminación ambiental sea elevada, lo cual tiene incidencia en la concentración de este elemento en los alimentos (Mendoza Oscorima & Medina Pillaca, 2013).

4.9.2 Contaminación industrial

Según los autores Mendoza Oscorima & Medina Pillaca, (2013) "Este tipo de contaminación por cadmio es a causa de la exposición en exceso, a humos y polvos que son producto de la elaboración de metales y sus sales, o que son el resultado de una serie de operaciones industriales" (pág. 33).

4.9.2.1 Minería

La actividad minera es el origen más palpable, y la que puede llegar a causar el mayor daño al medio ambiente. Esta actividad puede llegar a causar los niveles más altos de contaminación por cadmio, a causa de que este elemento se encuentra unido a diversos tipos de minerales de interés comercial (Mendoza Oscorima & Medina Pillaca, 2013).

4.9.2.2 Industria

En las actividades industriales, el cadmio juega un papel muy importante, este elemento puede usarse, ya sea como materia prima en las industrias que tienen como producto final las baterías y colorantes o como subproductos de otros procesos industriales que pueden llegar a obtener este elemento como residuo (Mendoza Oscorima & Medina Pillaca, 2013).

4.9.2 Dosis tóxica del Cadmio (Cd)

Es de suma importancia conocer que cantidad podría considerarse una ingestión tolerable. La IDD (Ingesta diaria normal con la dieta) ha sido sugerida por varias organizaciones internacionales que establecen como valor límite 7 μg/semana por kg de peso. Por vía digestiva, cantidades de hasta 100mg producen síntomas gastrointestinales, en valores superiores a los 350mg se considera potencialmente mortal (Pérez García & Azcona Cruz, 2012).

Tabla 2-5. *Industrias que Utilizan Cadmio.*

Joyería.
Soldadura.
Fabricación de pinturas.
Vidrios.
Cables eléctricos.
Plásticos.
Fabricación de baterías de níquel-cadmio.

Fuente: (Mendoza Oscorima & Medina Pillaca, 2013).

5.1 Métodos de determinación de metales en alimentos.

En la actualidad existe una diversidad de métodos analíticos aptos para el análisis de elementos traza y minerales en los alimentos. La selección del método depende en gran medida de los equipos e instrumentación que esté disponible en el laboratorio, además de la concentración del analito y de la experiencia del personal que labora. Existen además parámetros a considerar para la selección de la técnica a emplear en el análisis, estos son: Limite de sensibilidad y detección, el rango y la precisión analítica, los problemas generados por las interferencias, el costo del instrumento a emplear, el rendimiento de la muestra, y los conocimientos del operador a cargo (Pinzón, 2015).

Algunos de los métodos más usados frecuentemente se mencionan y se detallan a continuación:

5.1.1 Espectrofotometría UV-Vis

En su tiempo, fue una técnica muy empleada para el análisis de metales en alimentos, pero a causa de la aparición de nuevos métodos como la espectrofotometría de absorción atómica, este ha perdido importancia en años recientes. Este método se basa en la relación de absorción de radiación ultravioleta próxima a la solución y la concentración especies en la solución. Una de las cosas a tener en cuenta es que el analito debe estar convertido en un complejo coloreado antes de pasar a su análisis. Para esta técnica se necesita instrumentación básica relativamente simple en comparación con otras técnicas más costosas esta resalta por su bajo costo (Pinzón, 2015).

5.1.2 Espectrofotometría de absorción atómica (AAS)

Se describe como un método específico para la determinación cuantitativa de cerca de 60 elementos, entre ellos metales y metaloides. Está basado en la cantidad de radiación que pueden absorber los átomos en su forma libre, para que esto suceda se ocupa una longitud de onda del haz de luz incidente, convenga con la frecuencia con la resonancia del elemento que se está analizando y que sus átomos estén en su forma libre. Esta técnica de análisis tiene un amplio campo para su aplicación, desde la determinación de contaminantes en alimentos (Pb, Cd, As, Cu, Hg), la contaminación de suelos y aguas, la actividad minera y la industria farmacéutica y petrolera, muy importante también mencionar la aplicación en la medicina en el análisis de sangre para determinar la presencia de elementos a niveles nocivos para la salud (Ca, Na, K y Pb) (Badillo Herrera, 2016).

Como describe (Castañeda, 2010) esta técnica se basa en la determinación de elementos naturales, para lo cual se emplean lámparas específicas para cada elemento que se va a determinar, las cuales son capaces de emitir una luz característica de cada elemento.

5.1.2.1 Lámpara de Cátodo Hueco

La lámpara de cátodo hueco en la fuente de radiación más comúnmente utilizada, el mismo está comprendido por un ánodo de tungsteno y un cátodo hueco cilíndrico. En el proceso de pulverización catódica estos iones gaseosos bombardean al cátodo y arrojan los átomos de metal los cuales se excitan para producir luz de una longitud de onda constante, los tipos de tubos catódicos varían dependiendo el metal que se va a determinar. (Castellanos, Velandia, Gonzales, & Varela, 2018)

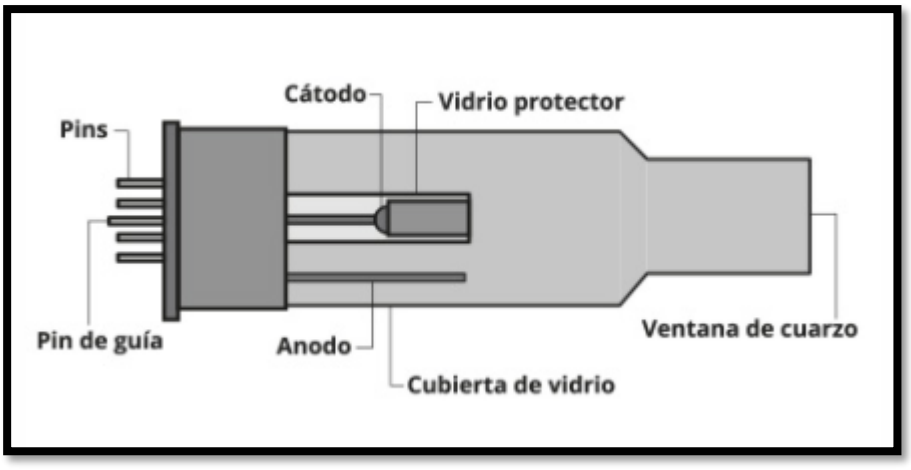


Figura 2-2. *Lámpara de cátodo hueco*

Fuente: **(**Sánchez, I. 2020).



Figura 2-3. *Lámpara de cátodo hueco de Cadmio.*

Fuente: (Sánchez, I. 2020).

5.1.3 Espectrofotometría de absorción atómica por generación de hidruros (HGAAS)

Esta técnica se aplica a muestras que contienen en su contenido Antimonio (Sb), Arsénico (As), Selenio (Se), Bismuto (Bi). Esto también aplica para el mercurio (Hg) que puede llevarse a su forma elemental por medio de esta técnica. Una de las virtudes de este método es la mejora del rango de detección hasta 100 veces, respecto al método tradicional de detección. La solución que contiene los iones es objeto de análisis, son atomizados directamente en la llama. Para generación rápida de hidruros volátiles se adiciona una solución de hidruro de sodio a una muestra pequeña de una muestra acidificada (Badillo Herrera, 2016).

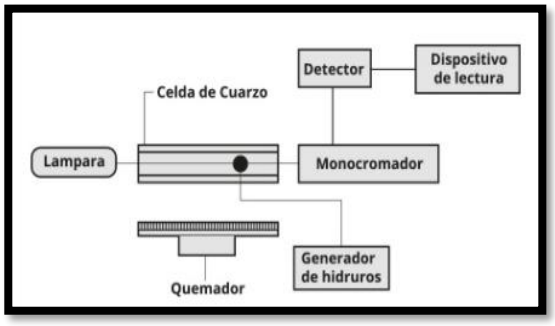


Figura 2-4. *Generador de hidruros acoplado a un Espectrómetro de Absorción Atómica*

Fuente: (Sánchez, I. 2020).

5.1.4 Espectrometría de absorción atómica de horno de grafito (GFAAS)

La invención de atomizadores de grafito aumento en gran medida el rango de detección del método de absorción atómica. El autor Pinzón describe el método de la siguiente manera:

Se inyecta en un tubo de grafito de entre 3-5cm de longitud la solución de la muestra, generalmente en el rango de 5-100 μ, para posteriormente ser calentado eléctricamente y así obtener vapor atómico del analito. El calentamiento, usualmente comprende la etapa de secado para evaporar el solvente a una temperatura comprendida de (70-120ºC); La etapa de calcinación o quemado que cumple la función de suprimir la materia orgánica o los componentes volátiles de la matriz de análisis la temperatura en la cual se efectúa el proceso está dentro de los (350-1250ºC); la etapa de atomización a una temperatura de (2000-3000ºC) y, posteriormente una ciclo de limpieza a una temperatura elevada con el objetivo de quemar el analito restante. Este método para obtener resultados replicables y más exactos requiere, de una optimización de todos sus parámetros, durante el desarrollo y aplicación de este (2015, pág. 35).

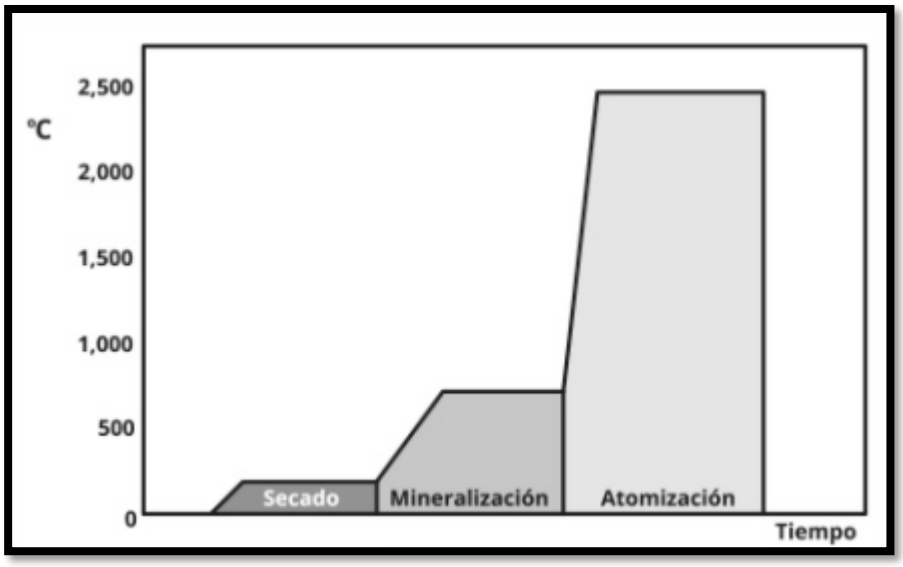


Figura 2-5. *Etapas del Proceso de Lectura en absorción atómica por horno de grafito.*

Fuente: **(**Sánchez, I. 2020).

5.1.5 Espectrometría de absorción atómica de plasma acoplado inductivamente (ICP-AES)

Esta técnica permite el análisis sincrónico de un gran número de elementos. De acuerdo con el autor este metodo se fundamenta en la medida de la radiacion de la linea espectral generada por los atomos exitados en un plasma de Ar propiciado por calentamiento inductivo con un campo electomacnetico de alta frecuencia (Pinzón, 2015).

En el instrumento, los componentes fundamentales son: Nebulizador, antorcha plasmatica y el policromador. Se crea plasma a partir de Ar cuando es conductivo al exponerlo a una descarga electrica iones y electrones. Bajo el dominio de la campo electromagnetico de alta frecuencia, las particulas calientan el Ar hasta que el plama alcanza una temperatura de (5226-7726ºC). El analito queda vaporizado casi en su totalidad creando asi una alta eficiencia en la atomizacion.La muestra es llevada al por medio del nebulizador, dentro de la antorcha con un flujo que funge como trasportador, usualmente de 1L/min (Pinzón, 2015).

CAPITULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo o Diseño de Investigación:

La siguiente investigación teórica tuvo un enfoque documental, el cual se ajusta a la recopilación y selección de información concreta por medio de la lectura crítica de libros, documentos y materiales bibliográficos existentes, con el fin de obtener información sustentada para profundizar en las teorías y aportaciones ya existentes sobre el tema planteado que es el principal estudio.

3.2 Métodos de Investigación:

El procedimiento que se utilizó para determinar la presencia de metales pesados: cadmio y arsénico en la leche cruda se realizó por revisión bibliográfica de las siguientes fuentes como: tesis de pregrados, posgrado y doctorales, artículos científicos, libros, normas técnicas ecuatorianas, se utilizarán buscadores como: Google académico, Scielo, Latindex con las siguientes palabras claves: leche, leche cruda, metales pesados, cadmio, arsénico, toxicología.

Seguidamente se analizó los documentos bibliográficos obtenidos, lo cual permitió tener un amplio conocimiento de lo que respecta la presencia de metales pesados en la leche y las consecuencias de ingerir este alimento contaminado que se encuentra presente en la dieta diaria de adultos y niños, se procederá a la revisión de material bibliográfico donde se reporta la concentración de metales pesados (cadmio y arsénico) hallados en la leche cruda los mismos que se compararon con límites permisibles establecidos en normas nacionales e internacionales.

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en el presente trabajo se realizó la investigación bibliográfica en un total de 42 fuentes entre ellas: 20 artículos científicos, 6 libros, 2 medios electrónicos, 11 tesis de pregrado y 3 tesis de maestría.

CAPITULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 4 1. *Fuentes de contaminación*

Autor	Metal pesado	Fuente de Contaminación	Descripción
Polo, 2010	Arsénico	Por Ceniza volcánica	La alta concentracion de arsénico en la ceniza volcánica tiene incidencia directa en la dosis de ceniza en los suelos aledaños al volcán Tungurahua y por ende en los alimentos que consumen plantas y animales. El efecto en estos pueden depender de dos factores: La composición química de la ceniza volcánica y la cantidad de ceniza caída en un período de tiempo.
De la cueva, Naranjo, Puga Torres, & Aragón, 2020	Arsénico	Actividad industrial	Las zonas de producción lechera se encuentran cerca de áreas con gran actividad industrial.
Palencia, 2001	Arsénico	Suelo y pasto	El Arsénico es un metaloide altamente tóxico, el cual se le considera como cancerígenos se acumula en el pasto el cual consume el ganado bovino, muchas de las veces sus órganos sirven como un filtro para estos metales.
Reyes, Torres, & Díaz, 2016	Cadmio	Riego de agua contaminada	El cadmio es uno de los metales pesados que tiene mayor incidencia de acumularse en las plantas, las cuales son regadas por aguas contaminadas lo que ocasiona daños en los órganos al ser ingerido por animales en los cuales se acumulan en los riñones y en el hígado.
Pernía, y otros, 2015	Cadmio	Tanques de almacenamiento de leche	La contaminación por este metal podría darse debido a que los tanques de almacenamiento de leche o de trasporte, podrían estar presentando soldaduras o estar elaborados con aleaciones de metal no alimentario, dichos contenedores podrían estar llevando a la contaminación de la leche.

Fuente: Elaboración propia.

Las principales fuentes de contaminación por arsénico son las emisiones de ceniza volcánica puesto que en el Ecuador se encuentra la cordillera de los andes y en ella algunos de los volcanes catalogados como activos, la actividad industrial también es una importante fuente de contaminación por el motivo de que estas se encuentra en zonas cercanas a áreas de producción lechera. En cuanto al cadmio este puede encontrarse también en los desechos de actividades industriales y mineras, pero se atribuye la mayor fuente de contaminación a pesticidas u otros compuestos de cadmio que puedan llegar a contaminar fuentes acuíferas.

Tabla 4 2. *Métodos de análisis.*

Autor	Método	Longitud de onda	Ventajas	Desventajas
Gallarta, Sanz, & Galbán, 1992	Espectrofotometría UV-VIS	190nm 200nm	Las muestras se analizan individualmente. Económicamente accesible.	Mediana sensibilidad. Las muestras se digestan antes del análisis (4horas).
Gonzales & Recinos, 2015 Chaparro , 2010	Espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros	193.7nm	Alta frecuencia de análisis. Económicamente accesible. Óptima separación de las fases, evitando efectos de matriz.	Aplicación a un número limitado de analitos. Capacidad limitada para el análisis multi-elemental.
Mañay, Clavijo, & Diaz, 2021 Sayet, 2013	Espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito	193.7 nm 228.8nm	Alta sensibilidad. Alta frecuencia de análisis. Económicamente accesible.	Capacidad limitada para el análisis multi-elemental. Aplicación a un número limitado de analitos.
Quero, Zorrilla, Morales, & Rodriguez, 2017 Garcia Salgado, 2013	Espectrofotometría de absorción atómica de llama	229nm 193.6nm	Análisis rápido y fiable de un elemento dado. Económicamente accesible.	Análisis de los metales individualmente. Digestión antes del análisis (4 horas).
Vargas G. , 2016	Espectrofotometría de absorción atómica por emisión de plasma	189.04nm 226nm	Análisis simultaneó de todos los elementos. En muchos de los casos alta sensibilidad. Digestión antes del análisis (15min) vía microondas.	Sensibilidad limitada para los halógenos y otros no metales. Costos elevados. .

Fuente: Elaboración propia.

Existen varios métodos de análisis de metales pesados y para escoger el más adecuado se debe considerar la cantidad de equipos e instrumentación que esté disponible en el laboratorio, además de la concentración del analito y de la experiencia del personal que labora puesto que algunos pueden llegar a valer excelsas cantidades de dinero. Existen además parámetros a considerar para la selección de la técnica a emplear en el análisis, en el presente trabajo se consideró el mejor método de acuerdo con su capacidad de operación y a su eficiencia al analizar metales pesados, por lo que podemos inferir que el método de emisión de plasma es el más eficiente debido a su capacidad de realizar varios elementos a su alta sensibilidad y a su rapidez en la digestión y análisis de la muestra. Otros métodos como Espectrofotometría UV-VIS pueden llegar a ser económicos pero su capacidad y limitada aplicación hacen a este método poco óptimo. Por último otros métodos solo permiten el análisis de elementos como el arsénico solo con acoples al equipo principal (Espectrofotometría de absorción atómica con generador de hidruros).

Tabla 4 3. *Concentraciones reportadas.*

Autor	Lugar	Metal pesado	Concentración reportada(ppm)
De la cueva, Naranjo, Puga Torres, & Aragón, 2020	Machachi, Pichincha-Ecuador	Arsénico	0,00003 ppm
Ayala Armijos & Romero Bonilla, 2013	Arenillas, El Oro-Ecuador	Arsénico	0,01035 ppm
Polo, 2010	Quero, Tungurahua-Ecuador.	Arsénico	0,378 ppm
Polo, 2010	Mocha, Tungurahua-Ecuador	Arsénico	0,0321 ppm
Pernía, y otros, 2015	Guayaquil, Guayas- Ecuador	Cadmio	0.002ppm

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar las concentraciones reportadas de arsénico y cadmio en los diferentes cantones del Ecuador (Tabla 4-3) podemos inferir que los valores detectados están bajo los límites permisibles, en el caso del arsénico el límite máximo permisible de acuerdo con el Reglamento Técnico RTCR:401-2006 es de 0,2 mg/kg. Para cadmio el Reglamento Técnico RTCR: 401-2006 nos dice que no deben existir residuos de compuestos de cadmio en la leche por lo que podemos concluir que hay contaminación por este elemento en esta zona.

Conclusiones

- Al analizar la base documental se determinó las diferentes fuentes de contaminación por metales pesados como el cadmio y el arsénico en la leche cruda, entre las principales causas se encuentran: las actividades mineras puesto que son un tipo de actividad palpable, la cual puede llegar a generar niveles altos de contaminación de cadmio en el ambiente, las emisiones de ceniza volcánica contienen altos niveles de arsénico y el agua de riego contaminada con estos elementos.

- Al realizar la revisión bibliográfica de los diferentes métodos para la determinación de arsénico y cadmio llegamos a la conclusión que el método óptimo para el análisis es el de emisión de plasma por que el equipo es más sensible para la determinación de los analitos por lo que nos brinda una mejor lectura que los métodos de espectrofotometría UV-VIS y absorción atómica, la desventaja de este método es su elevado costo de adquisición y de operación.

- Al realizar el análisis de las concentraciones de metales pesados reportados en la leche cruda a nivel nacional, se determinó que las cantidades varían de acuerdo con el sector analizado, las cuales se encuentran bajo los límites permisibles en base al Reglamento Técnico RTCR:401-2006. Con respecto al cadmio el Reglamento Técnico RTCR:401-2006 prohíbe la presencia de cualquier residuo de compuestos de cadmio, por lo que se concluye que hay contaminación por cadmio en Guayaquil ya que se reportó una concentración de 0,002ppm.

Recomendaciones

- Es necesario diversificar los estudios acerca de metales pesados en alimentos para establecer límites permisibles en las normas ecuatorianas, ya que ciertos metales pesados pueden ser tóxicos aun en muy bajas concentraciones.
- Se recomienda realizar investigaciones sobre los diferentes daños dentro del organismo, ocasionados por la ingesta de leche contaminada con metales pesados que pueden perjudicar la salud de las personas que consumen diariamente.
- Se sugiere realizar análisis del agua y del pasto que es fuente principal de alimentación del ganado bovino, para disminuir el nivel de concentración de metales pesados en la leche comercializada para el consumo humano.
- Se recomienda realizar análisis más profundos con el fin de encontrar la presencia de otros metales pesados que afecten a la calidad de la leche.

REFERENCIAS

Abril, A., & Pillco, V. (2013). Calidad fisicoquimica de la leche cruda que ingresa a la ciudad de Cuenca para su comercialización. *(Tesis de Licenciatura).* Universidad de Cuenca. Obtenido de http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/4825

Aguilera, A., Urbano , E., & Jaimes, C. (2014). Bacterias patógenas en leche cruda: problema de salud pública e inocuidad alimentaria. *Ciencia y Agrícultura Vol. 11*, 83-93. doi:https://doi.org/10.19053/01228420.3860

Alais, C. (1988). *Ciencia de la leche: Principios de técnica lechera.* Francia: Continental S.A de C.V México.

Ayala Armijos, J., & Romero Bonilla, H. (2013). Presencia de metales pesados (arsénico y mercurio) en leche de vaca al sur de Ecuador. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida.*, 36-46. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047401002

Badillo Herrera, D. C. (2016). Determinación de la presencia de arsénico en leche cruda producida en la parroquia machachi. *Informe final de investigación presentado como requisito para obtener el Título de Médico Veterinario y Zootecnista.* Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10253

Caeman, M. A. (2012). Toxicología alimentaria. *Universidad de Sevilla*, 5-6.

Carvajal, S., Rodriguez, C., & Peñuela, G. (2012). Determinación de cadmio en leches crudas usando un biosensor amperométrico. *Revista Lasallista de Investigación*, 32-40. Recuperado el 07 de Mayo de 2021, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492012000100004&lng=en&tlng=es.

Castañeda, R. (2010). Determinacion de metales por absorción atómica a la llama. *(Tesis de Pregrado).* Universidad Mayor de San Andreas, La Paz. Obtenido de http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/17909

Castellanos, I., Velandia, J., Gonzales, M., & Varela, D. (2018). *Aplicaciones y generalidades de un espectrofometro de absorcion atomica AA-700 de Shimadzu.* Bogotá: EAN.

Celis, M., & Juarez, D. (2009). *Microbiología de la leche.* Bahía Blanca: Universidad Tecnológica Nacional.

Chaparro , L. (2010). Desarrollo de un sistema automatizado para la determinacion en linea de DMA y Arsenico inorganico por fluorescencia atomica. *(Tesis de maestria).* Centro de investigaciones en materiales avanzados, S.C, Chihuahua. Recuperado el 2010, de https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/401/1/Tesis%20Laura%20Lizeth%20Chaparro%20Carrillo.pdf

De la cueva, F., Naranjo, A., Puga Torres, B., & Aragón, E. (2020). Presencia de metales pesados en leche cruda bovina de Machachi, Ecuador. *La granja: Revista de ciencias de la vida*, 21-30. Obtenido de http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20046

Fernández, E., Martínez, J., & Martínez , V. (2015). Documento de Consenso: importancia nutricional y metabólica de la leche. *Nutrición Hospitalaria*, 92-101. doi:https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8253

Gallarta, F., Sanz, J., & Galbán, J. (1992). Generación de hidruros - Espectrometría de absorción molecular UV-VIS en fase gas. Determinación de arsénico. antimonio y selenio. *Zubía*, 53-85.

Garcia Salgado, S. (2013). Estudio de especiación de arsénico y acumulación de metales en muestras de interes medioambiental. *(Tesis de postgrado).* Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Obtenido de http://oa.upm.es/15311/

Gonzales, L., & Recinos, J. (2015). Determinación de la concentración de plomo y arsénico en agua para consumo animal y en leche cruda en cuatro ganaderías de El Salvador. *(Tesis de pregrado).* Universidad de El Salvador, San Salvador. Obtenido de http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8445

Gonzalez Beltran, L. E., & Recinos Pacheco, J. M. (2015). Determinacion de la concentración de cadmio y arsénico en agua para el consumo animal y en cuatro ganaderias del Salvador.l. *(Tesis de pregado).* Universiada de el Salvador, El Salvador. Obtenido de http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8445/1/16103632.pdf

González Cu, G. d., Molina Sánchez, B., & Coca Vázquez, R. (2010). Calidad de la leche cruda. *Primer Foro sobre Ganadería Lechera de la Zona Alta de Veracruz*. Veracruz, Veracruz, México. Obtenido de https://www.uv.mx/apps/agronomia/foro_lechero/Bienvenida_files/CALIDADDELALECHECRUDA.pdf

Grob, E., Oyarzún, M., & Cavieres, I. (2011). ¿Son las cenizas volcanicas un riesgo para la salud? Revisión a propósito de la erupción del cordón del Caulle en junio de 2011. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 294-302. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482012000400005

Jimenez, M., & Repetto, G. (2009). *Toxicología fundamental.* Díaz de Santos.

Londoño Franco, L. F., Londoño Muños, P. T., & Muños Garcia, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 145-153. doi:https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153

Magariño, H. (2001). *Producción higiénica de la leche cruda : una guía para la pequeña y mediana empresa* . Guatemala: Organización de Estados Americanos -OEA-.

Mañay, N., Clavijo, G., & Diaz, L. (2021). Absorcion atomica con horno de grafito . *RIQUIM*.

Medina Pizzali, M., Robles, P., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 93-102. doi:http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604

Mendoza Oscorima, 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. *(Tesis de pregrado).*

Universidad Wiener, Lima. Obtenido de http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/74

Pacco, D. (2018). Determinación de metales pesados en leche y pelo de las vacas de la cuenca del rio Llallimayo Melgar. *(Tesis para la obtención del título de Médico veterinario y zootecnista).* Universidad Nacional del Altiplano, Perú. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9269

Palencia, Y. (2001). Los alimentos lácteos y sus limitaciones. *Medicina Naturista*, 16.

Pérez García, P. E., & Azcona Cruz, M. I. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 199-205.

Peréz, I. (2015). Ecotoxicología del arsénico en la comunidad de Madrid. *(Trabajo de fin de grado).* Universidad Complutence de Madrid, Madrid.

Pernía, B., Mero, M., Bravo, K., Ramírez, N., López, D., Muñoz, J., & Egas, F. (2015). Detección de cadmio y plomo en leche de vaca comercializada en la ciudad de Guayaquil. *Revista Cientifica de Ciencias Naturales y Ambientales*, 81-85. Obtenido de http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/4024

Pinzón, C. (2015). Determinación de los niveles de plomo y cadmio en leche procesada en la ciudad de Bogotá D.C. *(Tesis de maestría).* Universidad Nacional de Colombia, Bogota D.C. Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53244

Polo, M. P. (2010). Análisis de la Concentración de Arsénico en Tres Alimentos Papas (Solanum tuberosum), Zanahoria (Daucus carota) y Leche Cruda Producidas en las Zonas Afectadas por el Volcán Tungurahua (Mocha - Quero). *(Tesis de Pregrado).* Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba. Obtenido de http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/202

Quero, P., Zorrilla, M., Morales, S., & Rodriguez, M. (2017). Determinación de la contaminación por metales pesados en suelos aledaños a la empresa electroquímica de Sagua. *Centro Azucar*, 53-62. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612017000300006&lng=es&tlng=es.

Rangel, A., Montañes, L., Luévanos, M., & Nagamani, B. (2015). Impacto del arsénico en el ambiente y su trasformacion por microorganismos. *Terra latinoamericana*, 104-117. Recuperado el 07 de Mayo de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000200103&lng=es&tlng=es

Reyes, Y., Torres, O., & Díaz, M. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentadia. *Revista Ingenieria, Investigacion y Desarrollo.*, 66-77. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110

Romero Flores, C. E. (2017). Determinación de cadmio y plomo por espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito en pastos del cantón Quero afectados por las cenizas del volcán Tungurahua. *(Tesis de pregrado)*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25810

Sayet, B. (2013). Guia de métodos de detección y análisis de cadmio en cacao. *DEVIDA*, 47-93.

Sierra, M. (2012). Las cenizas, gases volcanicos y la salud respiratoria. *Neumología y Cirugía de Tórax.*, 132-138. Obtenido de https://www.medigraphic.com/pdfs/neumo/nt-2012/nt122a.pdf

Suárez Solá, M. L., González Delgado, F. J., González Weller, D., Rubio Armendáriz, C., & Hardisson de la Torre, A. (2004). Análisis, diagnóstico y tratamiento de las intoxicaciones arsenicales. *Cuadernos de Medicina Forense*, 05-14.

Vargas, G. (2016). Determinación de metales en alimentos, por espectroscopia de emisión óptica-plasma acoplado inductivamente. *GISENA*, 48.

Vargas, T. (2014). Toxicología Alimentaria. *Revista de Actualización Clínica., 41*, 2172-2175. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54273059/Toxicologia_alimentaria_2014.pdf?1503968551=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DRevista_de_Actualizacion_Clinica_Volumen.pdf&Expires=1621074494&Signature=bBJ~qlgoV8zPfRkRZuhh4l5Py9GaECcvkn7X2F4

Vizcarra, R. (2015). *La leche del Ecuador- Historia de la lecheria ecuatoriana.* Quito.