



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Farmacia y Bioquímica

Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

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

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico

AUTOR

Deniz Carolina OBREGÓN DIONICIO

Zoila Julia ZAMBRANO CHARCA

ASESOR

José Antonio LLAHUILLA QUEA

Mirtha ROQUE ALCARRAZ

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Obregón D, Zambrano Z. 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 [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2017.



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

"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"

Que presentan las Bachilleres en Farmacia y Bioquímica:

**DENIZ CAROLINA OBREGÓN DIONICIO Y
ZOILA JULIA ZAMBRANO CHARCA**

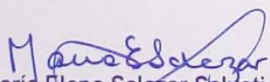
Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, y practicada la votación han obtenido la siguiente calificación:

APROBADO SOBREPLENTE 17 DIECISIETE

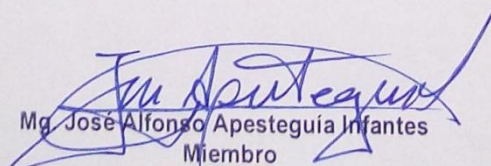
en conformidad con el Art. 34.º del Reglamento para la obtención del Grado Académico de Bachiller en Farmacia y Bioquímica y Título Profesional de Químico Farmacéutico(a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Lima, 31 de octubre de 2017.


Dr. Victor Crispín Pérez
Presidente


Dra. María Elena Salazar Salvatierra
Miembro


Mg. Luis Alberto Mostroza Ruiz
Miembro


Mg. José Alfonso Apesteguía Infantes
Miembro



"FARMACIA ES LA PROFESIÓN DEL MEDICAMENTO, DEL ALIMENTO Y DEL TÓXICO"

Jr. Puno N° 1002, Jardín Botánico – Lima I – Perú
Teléfonos: (511) 328-4737 / (511) 679-7000 anexo 4826 Ap. Postal 4559 – Lima I
E-mail: decanofyb@unmsm.edu.pe <http://farmacia.unmsm.edu.pe>

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification

N° BR233265



DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios por su bendición y por habernos permitido llegar a la meta de concluir con la presente investigación.

A mis padres quienes me dieron la vida, educación, apoyo y consejos.

A mis hermanas por su colaboración y aliento.

A mis maestros y amigos, que me apoyaron en la tesis.

Carolina

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado prioritariamente a Dios Padre, cuya fidelidad, favor y gracia permanece para siempre, a Jesucristo, mi amado Señor y Salvador, y al Espíritu Santo, que me brinda la sabiduría necesaria para concluir todo lo emprendido.

A mis amados padres, Goli y Goldo, que velan por mí y con sus enseñanzas, ejemplo y oraciones, edifican mi vida cada día.

A mis hermanos que me apoyan en todo tiempo y me brindan consejos.

A mi amado idóneo Eder que me apoyó en la realización del presente trabajo y bendice mi vida con su paciencia, bondad, gozo y amor.

Zoila

“Nada hay fuera del hombre que entre en él, que le pueda contaminar; pero lo que sale de él, eso es lo que contamina al hombre, porque salen de dentro de su corazón”

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y a la Facultad de Farmacia y Bioquímica Alma Mater de nuestra profesión por acogernos en sus aulas, formándonos y orientándonos para llegar a ser profesionales de calidad.

A nuestro asesor Mg. José Antonio Llahuilla Quea, quien nos brindó la orientación y apoyo necesario en la realización de esta tesis.

A nuestra coasesora de Mg. Mirtha Roque Alcarraz, quien también nos orientó en la parte microbiológica de esta tesis.

A los miembros del Jurado Examinador y Calificador por sus consejos y sugerencias durante la evaluación del presente trabajo:

Dr. Víctor Crispín Pérez

Dra. María Elena Salazar Salvatierra

Mg. Luis Alberto Inostroza Ruiz

Dr. José Alfonso Apesteguía Infantes

Muy agradecidas,

Deniz Carolina

Zoila Julia

RESUMEN

Se realizó la evaluación microbiológica y determinación de plomo y mercurio en 40 muestras de leche provenientes de cuatro establos que realizan venta directa al público en general, del distrito de Puente Piedra, Lima, Perú. El método utilizado para la evaluación microbiológica fue de acuerdo al Manual de Análisis Bacteriológico (BAM) y para la determinación de los metales se usó el método de Espectrofotometría de Absorción Atómica en Horno de Grafito. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica y en la Unidad de Servicios de Análisis Químicos (USAQ) de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. En el recuento de aerobios mesófilos se obtuvo una concentración media de 43×10^7 UFC/mL, oscilando entre la máxima de 3×10^9 UFC/mL y la mínima de 2×10^5 UFC/mL; en el recuento de *Staphylococcus aureus* se obtuvo una concentración media de $48,5 \times 10^4$ UFC/mL, oscilando entre la máxima de 12×10^6 UFC/mL y muestras que no tuvieron presencia de este microorganismo; con respecto a *Bacillus cereus*, el resultado fue negativo. Del total de muestras el 95 % supera el límite establecido por el Reglamento de Leche y Productos Lácteos, para aerobios mesófilos (1×10^6 UFC/mL) y la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 9 para *Staphylococcus aureus* (1×10^2 UFC/mL). Se obtuvo una concentración media de plomo de 0,1054 ppm, con un valor máximo de 0,3562 ppm y mínimo de 0,0033 ppm; para el caso del mercurio se obtuvo una concentración media de 0,0063 ppm, siendo el máximo de 0,0094 ppm y el mínimo de 0,0034 ppm, del total de muestras el 90 % supera el límite establecido por el reglamento peruano para el plomo (0,02 ppm) y el 97,7 % de muestras superan el límite dado por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE 0009:2008 para el mercurio (0,005 ppm). Se realizó la comparación de las concentraciones de plomo y mercurio con los límites establecidos por las entidades reguladoras a través de la prueba de *t-Student* mediante el programa SPSS v22, obteniendo como resultado que sí existen diferencias significativas entre dichos valores.

Palabras clave: Leche, aerobios mesófilos, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, plomo, mercurio, espectrofotometría, absorción atómica, horno de grafito.

SUMMARY

The microbiological evaluation and determination of lead and mercury were performed in 40 milk samples from four stables that made direct sale to the general public of the district of Puente Piedra, Lima, Peru. The method used for the microbiological evaluation was according to the Manual Bacteriological Analysis (BAM) and for the determination of metals was used the method of Atomic Absorption Spectrophotometry in Graphite Furnace. The samples were analyzed in the Laboratory of Microbiology of the Faculty of Pharmacy and Biochemistry and in the Unit of Chemical Analysis Services (USAQ) of the Faculty of Chemistry and Chemical Engineering of the National University of San Marcos. In the count of mesophilic aerobes an average concentration of 43×10^7 UFC/mL was obtained, ranging between the maximum of 3×10^9 UFC/mL and the minimum of 2×10^5 UFC/mL; in the count of *Staphylococcus aureus* an average concentration of $48,5 \times 10^4$ UFC/mL, ranging between the maximum of 12×10^6 UFC/mL and samples that had no presence of this microorganism; with respect to *Bacillus cereus*, the result was negative. Of the total samples 95% exceed the limit set by the Regulation of Milk and Dairy Products for mesophilic aerobes (1×10^6 UFC/mL), and the Ecuadorian Technical Standard INEN 9 for *Staphylococcus aureus* (1×10^2 UFC/mL). An average lead concentration of 0.1054 ppm was obtained, with a maximum value of 0.3562 ppm and a minimum of 0.0033 ppm; for the case of mercury a mean concentration of 0.0063 ppm was obtained with a maximum value of 0.0094 ppm and a minimum of 0.0034 ppm, of the total samples 90 % exceed the limit set by the peruvian regulation for lead (0.02ppm) and 97.7 % of samples exceed the limit set by the Ecuadorian Technical Standard NTE 0009:2008 for mercury (0.005 ppm). A comparison of lead and mercury concentrations was made with the limits established by the regulatory entities through the t-Student test using the SPSS v22 program, resulting that there are significant differences between these values.

Key words: Milk, mesophilic aerobes, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, lead, mercury, spectrophotometry, atomic absorption, graphite furnace.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	III
RESUMEN.....	IV
SUMMARY.....	V
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo General.....	5
1.2. Objetivos Específicos.....	5
1.3. Hipótesis.....	5
II GENERALIDADES	
2.1 Datos geográficos.....	6
2.2 Leche	
2.2.1 Concepto.....	7
2.2.2 Composición.....	7
2.2.3 Propiedades físicas.....	10
2.2.4 Importancia.....	11
2.2.5 Factores que influyen en la contaminación.....	12
2.3 Contaminantes biológicos.....	13
2.3.1 Microorganismos aerobios mesófilos.....	15
2.3.2 <i>Bacillus cereus</i>	17
2.3.3 <i>Staphylococcus aureus</i>	19
2.4 Contaminantes metálicos.....	23
2.4.1 Plomo	
2.4.1.1 Características fisicoquímicas.....	26
2.4.1.2 Usos industriales y fuentes de contaminación.....	27
2.4.1.3 Valores máximos permisibles.....	30
2.4.1.4 Toxicocinética.....	30
2.4.1.5 Toxicodinamia.....	32
2.4.1.6 Intoxicación aguda.....	33

2.4.1.7 Intoxicación crónica.....	33
2.4.1.8 Tratamiento.....	34
2.4.2 Mercurio	
2.4.2.1 Características fisicoquímicas.....	35
2.4.2.2 Usos industriales y fuentes de contaminación.....	36
2.4.2.3 Valores máximos permisibles.....	37
2.4.2.4 Toxicocinética.....	38
2.4.2.5 Toxicodinamia.....	44
2.4.2.6 Intoxicación aguda.....	45
2.4.2.7 Intoxicación crónica.....	46
2.4.2.8 Tratamiento.....	47
III PARTE EXPERIMENTAL	
3.1 Tipo de estudio.....	49
3.2 Muestras.....	49
3.3 Muestreo.....	49
3.4 Obtención y transporte de muestras.....	49
3.5 Metodología.....	51
3.5.1 Esquema de la metodología.....	51
3.5.2 Determinación de microorganismos.....	52
3.5.3 Determinación de metales.....	53
IV RESULTADOS.....	61
V DISCUSIÓN.....	73
VI CONCLUSIONES.....	80
VII RECOMENDACIONES.....	82
VIII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
IX ANEXOS.....	90

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Límites del distrito de Puente Piedra, Lima, 2016.	6
Cuadro 2. Composición promedio de leches de varios mamíferos.	8
Cuadro 3. Composición de la leche de diferentes razas.	9
Cuadro 4. Valores Promedios de la composición de la leche.	10
Cuadro 5. Principales fuentes de exposición al plomo según OMS (2010).	30
Cuadro 6. Distribución de pK según ligante.	41
Cuadro 7. Absorbancias de los patrones de plomo.	55
Cuadro 8. Absorbancias de los patrones de mercurio.	58
Cuadro 9. Recuento microbiológico en leche de cuatro establos del distrito de Puente Piedra, Lima. 2016.	61
Cuadro 10. Concentraciones medias de microorganismos en cuatro establos del distrito de Puente Piedra.	62
Cuadro 11. Concentración de Plomo y Mercurio en ppm (mg/L) en leche cruda de cuatro establos del distrito de Puente Piedra, Lima, 2016.	64
Cuadro 12. Concentraciones medias de plomo (ppm) entre los cuatro establos de Puente Piedra.	66
Cuadro 13. Concentraciones medias de mercurio (ppm) entre los cuatro establos de Puente Piedra.	66
Cuadro 14. Análisis estadístico de varianzas (ANOVA) para plomo.	68
Cuadro 15. Análisis de varianza para plomo.	68
Cuadro 16. Análisis estadístico de varianzas (ANOVA) para mercurio.	69
Cuadro 17. Análisis de varianza para mercurio.	70
Cuadro 18. Comparación de los valores de plomo obtenido y el límite máximo permisible.	71
Cuadro 19. Comparación de los valores de mercurio obtenido y el límite máximo permitido.	72

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Valores promedios de microorganismos aerobios mesófilos en leche de cuatro establos del distrito de Puente Piedra.	62
Gráfico 2. Valores promedios de <i>Staphylococcus aureus</i> en leche de cuatro establos del distrito de Puente Piedra.	63
Gráfico 3. Histograma de concentraciones de plomo en ppm (mg/L) en leche de cuatro establos de Puente Piedra.	65
Gráfico 4. Histograma de concentraciones de mercurio en ppm (mg/L) en leche de cuatro establos de Puente Piedra.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Razas de vacas.	9
Figura 2. Toxicocinética del plomo.	32
Figura 3. Ribete de Burton.	34
Figura 4. Mecanismos de formación de mercaptanos.	44
Figura 5. Flujograma de la Metodología.	51
Figura 6. Curva de calibración para cuantificar plomo en leche.	56
Figura 7. Condiciones ópticas para la medición de Pb.	57
Figura 8. Programa de temperatura para la medición de Pb.	57
Figura 9. Curva de calibración para cuantificar mercurio en leche.	58
Figura 10. Parámetros ópticos para la medición de Hg.	59
Figura 11. Programa de temperatura para la medición de Hg.	60
Figura 12. Regiones críticas y valor crítico para plomo.	69
Figura 13. Regiones críticas y valor crítico para mercurio.	70

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de los cuatro establos de donde proceden la leche muestreada en Puente Piedra.	90
Anexo 2. Reactivos para la determinación de microorganismos.	91
Anexo 3. Materiales para la determinación de microorganismos.	91
Anexo 4. Equipos para la determinación de microorganismos.	92
Anexo 5. Reactivos para la determinación de metales.	92
Anexo 6. Materiales para la determinación de metales.	93
Anexo 7. Equipos para la determinación de metales.	93
Anexo 8. Resultados microbiológicos de las muestras analizadas en Medios de cultivo MYP, Plate Count y Baird Parker, respectivamente.	94
Anexo 9. Análisis químico de las muestras de leche: preparación de los estándares de calibración de plomo y mercurio.	94
Anexo 10. Equipo de análisis de metales Espectrofotómetro de Absorción Atómica en Horno de Grafito.	95
Anexo 11. Establo “ESTABLO”	95
Anexo 12. “Establo”: preparación de las vacas para el proceso de ordeño.	96
Anexo 13. Establo “HEIDY”: equipo de ordeño y recipiente de almacenamiento temporal.	97
Anexo 14. Establo “ROSA LUZ”: reservorio temporal y venta al público.	98
Anexo 15. Establo “SAUCE”: entrada a dicho establo.	99
Anexo 16. Establo “SAUCE”: alimentación de vacas y presencia perros y aves cohabitantes.	99
Anexo 17. Resultado del análisis toxicológico de muestras de leche en la Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Universidad San Marcos.	100

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es sobre la leche cruda, la cual es uno de los alimentos de mayor importancia en muchos países del mundo, por su aporte nutricional. No obstante, cuando no es manejado de manera adecuada, es un excelente vehículo para la transmisión de enfermedades al hombre, tanto las de carácter zoonótico como las ocasionadas por patógenos que se producen por la contaminación de los productos durante los procesos de obtención y transformación de la leche. ⁽¹⁾

La leche suele contener pocas bacterias al extraerla de la ubre de una vaca sana, sin embargo, durante el ordeño, se puede contaminar a partir del animal, especialmente de las zonas externas de la ubre y áreas próximas; del medio ambiente, desde el estiércol y el suelo, así como del lecho en el que descansan los animales, y a través del polvo, aire, agua e insectos (particularmente moscas). Probablemente, las dos fuentes de contaminación más significativas sean el equipo y utensilios, utilizados para su obtención y recolección, así como las superficies que entran en contacto con la leche, incluidas las manos de los ordeñadores y demás personal. ⁽¹⁾ En el caso particular de la leche cruda los microorganismos indicadores son útiles para juzgar el funcionamiento del establecimiento productor, pues señalan la existencia de elementos patógenos durante la manipulación, el incumplimiento de las pautas de higiene, que permiten inferir la vida útil y la inocuidad de la leche. ⁽²⁾

Entre los grupos o microorganismos índices, las Enterobacteriaceas y *Escherichia coli* sugieren el origen fecal de la contaminación, mientras que *Staphylococcus aureus* se relaciona con la ubre infectada (mastitis), la piel, las mucosas y el tracto respiratorio de los animales y el hombre. ⁽³⁾ *Bacillus cereus*

es un microorganismo productor de esporas y formador de toxinas que puede contaminar diversos alimentos incluidos lácteos. Y el suelo es la fuente primaria de contaminación de los alimentos con sus esporas, adicionalmente la contaminación durante el procesamiento puede ocurrir porque las esporas presentan propiedades de fuerte adhesión y pueden persistir en la superficie de equipos de procesamiento. ⁽⁴⁾

Los elementos que se encuentran en la leche son macrominerales: calcio, fósforo, potasio, sodio y cloro. Los microminerales son mercurio, arsénico, cadmio, plomo, cromo, aluminio, níquel, molibdeno, zinc, hierro, manganeso y cobre. Algunos de ellos pueden ser tóxicos a cualquier concentración, mientras que otros se denominan esenciales y que únicamente se consideran tóxicos a partir de determinados niveles. ⁽⁵⁾

Los metales pesados son de gran interés para los científicos debido a que su presencia en el ambiente tiene efectos negativos sobre la salud del hombre, de los animales y de los cultivos agrícolas. Ellos están en los alimentos y provienen de diversas fuentes, como: el suelo contaminado en el que se producen los alimentos para el hombre y los animales; los lodos residuales, los fertilizantes químicos y plaguicidas empleados en agricultura, el uso de materiales durante el ordeño, almacenamiento y transporte, así como la contaminación por metales pesados de los alimentos y el agua que ingieren los bovinos. La presencia de estos en alimentos y sobretodo en productos lácteos, constituye un tema de actualidad debido a la contaminación de la cadena trófica involucrada, y a los daños que ocasionan a la salud pública. Es necesario enfatizar que los riesgos a la salud de la población infantil necesitan ser evaluados de una manera integral, considerando la exposición crónica de

metales pesados en alimentos que por lo regular se presenta asintomática durante un tiempo prolongado de vida. ⁽⁶⁾

El mercurio es un elemento natural presente en el aire, el agua y el suelo. Puede encontrarse en formas elementales (mercurio metálico), inorgánica u orgánica y todas ellas tienen diferentes efectos. El mercurio y los compuestos mercuriales constituyen uno de los diez grupos de productos químicos con mayores repercusiones en la salud pública. Siendo una sustancia tóxica con efectos nocivos para el ser humano, y en especial para las embarazadas, lactantes y niños. ⁽⁷⁾

El plomo es una sustancia tóxica que se va acumulando y afectando a diversos sistemas del organismo. La exposición al plomo cobra cada año un total estimado de 143 000 vidas. Su uso generalizado ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública. ⁽⁸⁾

Un estudio de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) sobre la situación de la lechería en América Latina y el Caribe en 2011, reportó que de los 19 países de América Latina, el Perú se encuentra en el noveno lugar de producción lechera con aproximadamente 100 mil productores, lo que permite estar en el séptimo lugar de productores de los países evaluados; para el año 2014, Lima ocupaba el tercer lugar en producción nacional (16,9 %). ⁽⁹⁾

En el Perú, la cadena láctea constituye una de las actividades agropecuarias más importantes desde el punto de vista económico, social y sanitario. La producción nacional de leche en el año 2016 fue de 1´959 229 toneladas. ⁽¹⁰⁾

La calidad de leche es un aspecto fundamental en la competitividad de la ganadería vacuna lechera y para su consumo garantizado, debe estar exento de microorganismos, agentes patógenos y sustancias tóxicas como los pesticidas. ⁽⁹⁾

En vista de la importancia de la leche y el desconocimiento de su calidad microbiológica en los cuatro establos de Puente Piedra, el propósito de este trabajo es el estudio de la calidad de leche que se produce en dichos establos, verificando la existencia y/o ausencia de contaminación química y microbiológica, con el fin de garantizar la calidad de la misma, en base al Reglamento de Leche y Productos Lácteos, que establece límites para aerobios mesófilos y coliformes más no para *Staphylococcus aureus* ni *Bacillus cereus*, los cuales son agentes patógenos que también se pueden encontrar en la leche cruda que presenta gran contenido proteico; y producir intoxicaciones alimentarias debido a sus toxinas, constituyendo riesgos en la salud pública, puesto que afecta a las familias que los consumen. Al carecer de parámetros peruanos para dichos microorganismos se tomó en consideración la Norma Técnica Ecuatoriana que cuenta con dichos parámetros. Asimismo para el análisis químico se consideró los límites especificados en el reglamento peruano y la NTE 0009:2008.

1.1. Objetivo General

- Determinar las concentraciones de microorganismos aerobios mesófilos, *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aureus*; y de plomo y mercurio en leche para consumo humano en el distrito de Puente Piedra-Lima.

1.2. Objetivos Específicos

- Determinar las concentraciones de microorganismos aerobios mesófilos en leche para consumo humano en el distrito de Puente Piedra-Lima.
- Determinar las concentraciones de *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aureus* en leche para consumo humano en el distrito de Puente Piedra-Lima.
- Determinar la concentración de plomo y mercurio en leche para consumo humano en el distrito de Puente Piedra-Lima.
- Comparar los resultados de las concentraciones de microorganismos aerobios mesófilos, *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aureus* de la leche para consumo humano en el distrito de Puente Piedra-Lima con el Reglamento de Leche y Productos Lácteos y la Norma Técnica Ecuatoriana
- Comparar los resultados de las concentraciones plomo y mercurio de la leche para consumo humano en el distrito de Puente Piedra-Lima con el Reglamento de Leche y Productos Lácteos y la Norma Técnica Ecuatoriana.

1.3. Hipótesis

- Las concentraciones de microorganismos aerobios mesófilos, *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aureus*; y de plomo y mercurio en leche para

consumo humano en el distrito de Puente Piedra-Lima superan los límites máximos permitidos por la normatividad peruana y ecuatoriana.

II. GENERALIDADES

2.1 Datos geográficos

Puente Piedra es uno de los 43 distritos de la Provincia de Lima. Es un distrito turístico y emblemático de Lima Norte, está situado en la zona costa central del Perú, localizándose en la zona norte de la ciudad y está ubicado entre los kilómetros 22 y 35 de la carretera Panamericana Norte. Se encuentra en la zona baja de la Cuenca del río Chillón a una altura de 184 msnm y cuenta con una superficie de 71,18 Km². Su clima es templado, baja humedad atmosférica, relativa nubosidad en invierno, temperatura media anual de 18,5 °C. Ha sido dividido estratégicamente en 3 zonas y 17 sectores (Cuadro 1), basado en su geografía y característica socio económica. Se encuentra limitado por Carabaylo, al este; Ventanilla, al oeste; Ancón y Santa Rosa, al norte; Los Olivos y Comas, al sur. ⁽¹¹⁾

Cuadro 1. Límites del distrito de Puente Piedra, Lima, 2016.

N°	ZONA	SECTOR
1	SUR	ENSENADA
2		LADERAS
3		CHILLÓN
4		SHANGRI-LA
5	CENTRO	TAMBO INGA OESTE
6		TAMBO INGA ESTE
7		PAMPA LIBRE
8		GALLINAZOS
9		SANTA ROSA
10		CERCADO
11		LAS VEGAS
12		LA GRAMA
13		COPACABANA
14	NORTE	EL DORADO
15		LEONCIO PRADO
16		JERUSALÉN
17		LOMAS

Fuente. Municipalidad de Puente Piedra. Memoria Anual 2016.

2.2 Leche

2.2.1 Concepto

Leche es la secreción mamaria normal de animales lecheros, obtenida mediante uno o más ordeños sin ningún tipo de adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración ulterior. ⁽¹²⁾

La secreción láctea de las glándulas mamarias de los mamíferos es un líquido de composición compleja, de color blanquecino y opaco, con un pH cercano al neutro y de sabor dulce. Su propósito natural es la alimentación de la cría durante sus primeros meses de vida. ⁽¹³⁾

También se define de la siguiente manera: “Leche, sin otra denominación, es el producto fresco del ordeño completo de una o varias vacas sanas, bien alimentadas y en reposo, exento de calostro y que cumpla con las características físicas, microbiológicas e higiénicas establecidas”. ⁽¹³⁾

2.2.2 Composición

Las características más importantes de la leche son su variabilidad, alterabilidad y complejidad. En cuanto a la variabilidad, desde un punto de vista composicional, no es posible hablar de una leche sino de varios tipos de leche debido a las diferencias naturales entre especies o para una misma especie según la región o lugar, como se observa en el cuadro 2. ⁽¹⁴⁾

Cuadro 2. Composición promedio de leches de varios mamíferos

	GRASA	PROTEINA	LACTOSA	CENIZAS	S.N.G.**	S.T.***
Humana	3,75	1,63	6,98	0,21	8,82	12,57
Vaca	3,70	3,50	4,90	0,70	9,10	12,80
Cabra	4,25	3,52	4,27	0,86	8,75	13,00
Oveja	7,90	5,23	4,81	0,90	11,39	19,29
Búfalo	7,38	3,60	5,48	0,78	9,86	17,26
Yegua	1,59	2,69	6,14	0,51	9,37	10,96
Burra	2,53	2,01	6,07	0,41	8,44	10,97
Reno	2,46	10,30	2,50	1,44	14,24	36,70

* Weeb and Johnson, 2a. ed.
 ** Sólidos no grasos
 *** Sólidos totales

Fuente. Magariños, H. Producción Higiénica de la leche cruda.

Guía para Pymes. Valdivia. Chile. 2000

Los factores que influyen en la variabilidad son de tipo ambiental, fisiológico y genético. Dentro de los ambientales se reconoce a la alimentación, la época del año y la temperatura ambiente. En los fisiológicos encontramos el ciclo de lactancia, las enfermedades, especialmente la mastitis, y los hábitos de ordeño. En cuanto a los factores genéticos citaremos la raza, las características individuales dentro de una misma raza y la selección genética.⁽¹⁴⁾

La leche de vaca varía según las diferentes razas del ganado, como lo muestra el cuadro 3 y figura 1. Respecto a la alterabilidad, por su composición, la leche es un adecuado medio para el desarrollo de microorganismos que provocan cambios en sus componentes.⁽¹⁴⁾

Cuadro 3. Composición de la leche de diferentes razas

RAZA	GRASA	PROTEINA	LACTOSA	CENIZA	SNG*	ST**
Ayrshire	4,00	3,53	4,67	0,68	8,90	12,90
Brownswiss	4,01	3,61	5,04	0,73	9,40	12,41
Guernsey	4,95	3,91	4,93	0,74	9,66	14,61
Holstein F.	3,40	3,32	4,87	0,68	8,86	12,26
Jersey	5,37	3,92	4,93	0,71	9,54	14,91

* Sólidos No Grasos
** Sólidos Totales

Fuente. Magariños, H. Producción Higiénica de la leche cruda.

Guía para Pymes. Valdivia. Chile. 2000

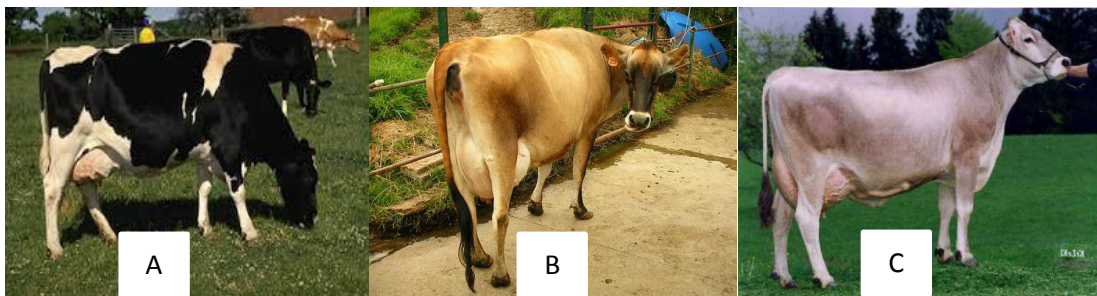


Figura 1. Razas de vacas. (A) Holstein, (B) Brownswiss y (C) Jersey.

Fuente: CÁRITAS DE PERÚ. Buenas Prácticas de ordeño. 2015

Con respecto a la complejidad, ésta se debe a las moléculas complejas que se encuentran en equilibrio químico, como por ejemplo el fosfocaseinato de calcio o el sistema del glóbulo graso.⁽¹⁴⁾

El agua es el componente más abundante y es en ella donde encontramos los otros componentes en estados diferentes como se observa en el cuadro 4. Es así que el cloro, sodio y potasio están en dispersión iónica, la lactosa y parte de la albúmina en dispersión molecular, la caseína y fosfatos en dispersión coloidal y la materia grasa en emulsión. Las proteínas de la leche están conformadas por tres grupos: la caseína en un 3 %, la lactoalbúmina en un 0,5 % y la lactoglobulina en un 0,05 %. En ellas se encuentran presentes más de veinte aminoácidos dentro de los cuales están todos los esenciales. La caseína

a su vez está compuesta por tres tipos de caseína, la δ -caseína, la β -caseína y la α -caseína. ⁽¹⁴⁾

La materia grasa está compuesta de una mezcla de triglicéridos que contienen más de diez ácidos grasos y sustancias asociadas tales como las vitaminas A, D, E y K, y fosfolípidos como la cefalina y lecitina. La lactosa el componente más abundante entre los sólidos de la leche; es un disacárido compuesto por glucosa y galactosa. ⁽¹⁴⁾

Los minerales de la leche se determinan en sus cenizas. Los más importantes son el calcio, fósforo, sodio, potasio y cloro. En pequeñas cantidades se encuentran presentes hierro, yodo, cobre, manganeso y zinc. En cuanto a las vitaminas presentes en la leche, además de las liposolubles, encontramos el complejo B y la vitamina C. Las enzimas más conocidas de la leche son la fosfatasa, lipasa, catalasa, galactasa y reductasa. La leche también tiene gases como el CO₂, el oxígeno y el nitrógeno. ⁽¹⁴⁾

Cuadro 4. Valores Promedios de la composición de la leche

COMPONENTE	VALOR MEDIO (%)
Agua	86,9
Proteína	3,5
Grasa	4,0
Lactosa	4,9
Cenizas	0,7

Fuente. Magariños, H. Producción Higiénica de la leche cruda.

Guía para Pymes. Valdivia. Chile. 2000

2.2.3 Propiedades físicas

Algunas características físicas que se tienen en cuenta pueden ser la densidad, el índice crioscópico, el índice de refracción, la acidez titulable, la materia

grasa, los sólidos no grasos, el número de leucocitos, los microorganismos patógenos, la presencia de sustancias inhibidoras, etc. ⁽¹⁴⁾

El ingeniero Mg. Sc. Jorge Vargas Morán (UNALM) concluye que para que la leche sea considerada de buena calidad debe poseer dos grupos de características deseables: Buena composición y buen estado. ⁽¹³⁾

2.2.4 Importancia

La leche es el único material producido por la naturaleza para funcionar exclusivamente como fuente de alimento. Por esto, un factor fundamental que influye sobre el valor de aceptación universal de la leche es la imagen que ésta representa, a saber, que constituye una fuente nutritiva, no superada por ningún otro alimento conocido por el ser humano. ⁽¹⁴⁾

La confirmación de esta imagen nutritiva está en el uso extensivo que tienen la leche y sus derivados, como parte de la dieta diaria de los pueblos de los países altamente desarrollados. A consecuencia de esto, estas sociedades gozan casi de una completa carencia de enfermedades nutricionales, entre bebés, niños y adultos jóvenes. En contraste, una elevada proporción de los habitantes de las zonas en desarrollo, especialmente bebés y niños, que tienen un suministro primitivo o inexistente de leche, sufren deficiencias nutricionales. ⁽¹⁴⁾

Si bien son incuestionables las cualidades nutritivas de la leche y los productos lácteos, no es menos cierto que, desde su síntesis en la glándula mamaria hasta su llegada al consumidor, estas cualidades están sometidas a un gran número de riesgos que hacen peligrar la calidad original. ⁽¹⁴⁾

Estos riesgos son: la contaminación y multiplicación de microorganismos, contaminación con gérmenes patógenos, alteración físico-química de sus componentes, absorción de olores extraños, generación de malos sabores y contaminación con sustancias químicas tales como pesticidas, antibióticos, metales, detergentes, desinfectantes, partículas de suciedad, etc. Todos estos, ya sea en forma aislada o en conjunto, conspiran en forma negativa sobre la calidad higiénica y nutricional del producto y, consecuentemente, conspiran en contra de la salud pública y economía de cualquier país. ⁽¹⁴⁾

Es por ello que el desafío para quienes trabajan en el sector lechero no sólo es producir mayor cantidad de leche sino, también, de alta calidad higiénica, y para ello deben contemplarse aspectos fundamentales, como lo son la higiene microbiológica, higiene química e higiene estética. Tres aspectos que, unidos, pueden contribuir de manera favorable a la mejora del sector lechero de nuestros países, con el beneficio consecuente en el desarrollo físico e intelectual de las generaciones venideras. ⁽¹⁴⁾

2.2.5 Factores que influyen en la contaminación

Evitar la contaminación y posterior proliferación de los microorganismos en la leche es un constante problema para quienes tienen a su cargo la producción de este producto. ⁽¹⁴⁾

Debido a esto, se han creado métodos para lograr bajar los niveles de contaminación, mediante un manejo más higiénico, lo que ha posibilitado un mejoramiento de la calidad higiénica. No obstante, las probabilidades de contaminación de la leche siguen existiendo, debido a una incorrecta aplicación de los métodos recomendados. ⁽¹⁴⁾

Debe tenerse presente que la leche es un producto biológico obtenido de animales y, por lo tanto, plantea problemas de origen en su contaminación ya que a la salida de la glándula mamaria este producto trae presentes microorganismos que condicionan su posterior manejo. A lo anterior, debe sumarse la contaminación producida durante el manejo en el ordeño, transporte y elaboración, proceso donde la leche pasa por muchas personas. (14)

Las bacterias de la leche no son la única fuente posible de contaminación, también lo son las que se encuentran en los equipos, utensilios, en el aire, el polvo, el heno, etc. Muchas de las bacterias presentes en la leche cruda pueden multiplicarse en forma apreciable, salvo que el producto se congele, pero a 4,4 °C e incluso a temperaturas más bajas, su crecimiento continúa, aunque en forma más lenta. (14)

2.3. Contaminantes biológicos

La leche constituye un excelente medio de cultivo para determinados organismos, sobre todo para las bacterias mesófilas y, dentro de éstas, las patógenas, cuya multiplicación depende principalmente de la temperatura y de la presencia de otros microorganismos competitivos o de sus metabolitos. (14)

Aún en el caso de que la glándula mamaria se encuentre sana, se reconoce que las primeras porciones de leche ordeñada contienen microorganismos, disminuyendo su número a medida que el ordeño avanza. Lo anterior puede verse reflejado en el ejemplo de la tabla siguiente: leche primeras porciones 6500 gérmenes/mL, leche a mitad del ordeño 1 350 gérmenes/mL y leche al final del ordeño 709 gérmenes/mL. (14)

Esto se explica porque el canal del pezón se encuentra colonizado por muchos microorganismos, como por ejemplo *Staphylococcus*, *Corinebacterium*, coliformes, *Bacillus*, *Pseudomonas*, etc. Esta contaminación se ve acrecentada por el reflujó producido por la ordeñadora de tipo convencional, arrastrando con esto microorganismos que colonizan la punta del pezón, hacia el interior de la ubre. Cuando la glándula mamaria se encuentra contaminada, especialmente en los casos de mastitis de tipo agudo, los recuentos de microorganismos pueden ser muy elevados, alcanzando valores de varios millones. ⁽¹⁴⁾

En la parte externa de la ubre y pezones, es posible detectar estiércol, barro, paja u otros residuos de la cama del animal. Si bien la flora microbiana del interior de la ubre es, casi en su totalidad, de tipo mesófilo, en el exterior se suman microorganismos psicrófilos y termófilos, de los cuales los formadores de esporas, tanto aerobios como anaerobios, provocan serios problemas en la industria. ⁽¹⁴⁾

Entre los microorganismos que pueden llegar a la leche por la vía externa, son importantes de señalar aquellos que son patógenos para el hombre, como el *Bacillus cereus* que tiene la capacidad de generar esporas con cierta termorresistencia y que produce cuadros tóxicos en el hombre, debido a la producción de enterotoxinas. El *Clostridium perfringens*, formador de esporas, anaerobio y termorresistente, provoca problemas a nivel de la industria quesera y en la salud pública, ocasionando problemas de diarrea y fiebre. ⁽¹⁴⁾

Otras bacterias, como *Salmonella typhi*, *Shigella*, *Streptococcus* Grupo A y *Corynebacterium diphtheriae*, pueden llegar a la leche a través del hombre. Por otra parte, no se debe descartar la posibilidad de que algunos virus procedentes del hombre lleguen a través de la leche a otros individuos, como

también otros microorganismos que no tienen el carácter de zoonosis como *Staphylococcus*, *Streptococcus*, coliformes, *Pseudomonas*, *Proteus* y *Corynebacterium*.⁽¹⁴⁾

La Organización Mundial de la Salud, OMS, ha confeccionado una lista en la que se señalan los agentes patógenos que, transmitidos por la leche, pueden originar enfermedades en el hombre. Los más importantes son el *Mycobacterium bovis*, microorganismo que puede habitar en la leche; *Brucella abortus*, que se localiza en los ganglios linfáticos mamarios, liberándose a través de la leche por períodos de tiempo muy prolongados; *Coxiella burnetti*, rickettsia que provoca la Fiebre Q y que se libera durante meses en la leche de vacas enfermas; *Pseudomonas aeruginosa*, muy resistente a los antibióticos y desinfectantes, presente en la glándula mamaria y que afecta a la salud pública en asociación con ciertos *Staphylococcus*; *Staphylococcus aureus*, agente causal de numerosos casos de mastitis de carácter subclínico, produce toxinas resistentes al calor; *Streptococcus agalactiae*, típico de mastitis, presentándose por lo general el de tipo B, provoca enfermedades en el hombre, principalmente en los recién nacidos, debido a que el aparato urogenital femenino constituye un reservorio; las enterobacterias, como *E. coli* capaz de producir mastitis, pueden originar gastroenteritis debido a la producción de enterotoxinas.⁽¹⁴⁾

2.3.1 Microorganismos aerobios mesófilos

Los microorganismos que forman parte de este grupo son heterogéneos, cualidad derivada de la propia definición del grupo. Se incluyen en él todas las bacterias que en aerobiosis muestran capacidad para formar colonias visibles, bajo las condiciones en las cuales se ejecuta el ensayo con crecimiento a temperatura óptima para los mesófilos.⁽¹⁵⁾

En el recuento de microorganismos aerobios mesófilos se estima la flora total pero sin especificar tipos de gérmenes. ⁽¹⁵⁾

El número de microorganismos aerobios mesófilos encontrados en un alimento ha sido uno de los indicadores microbiológicos de calidad de los alimentos más utilizados. Resulta útil ya que indica si la limpieza, la desinfección y el control de temperatura durante los procesos de tratamiento industrial, transporte y almacenamiento se han realizado de forma adecuada. Permite obtener información sobre la alteración incipiente de los alimentos, su probable vida útil, la descongelación incontrolada o los fallos de mantenimiento de las temperaturas de refrigeración. La mayoría de los alimentos industrializados y/o listos para el consumo deben ser considerados como indeseables para el consumo, cuando tienen gran número de microorganismos, aun cuando estos no sean conocidos como patógenos y no hayan alterado de forma apreciable los caracteres organolépticos del alimento. La interpretación de los recuentos elevados según el tipo de alimento significa que puede haberse dado condiciones favorables para la multiplicación de microorganismos patógenos de origen humano o animal. ⁽¹⁵⁾

Se investigan por el método de recuento en placa con siembra en profundidad, que se basa en contar el número de colonias desarrolladas en una placa de medio de cultivo sólido (Agar para recuento en placa o PCA), donde se ha sembrado un volumen conocido de la solución madre o sus diluciones (1 mL), incubadas a 35 °C durante 24 h – 48 h. ⁽¹⁶⁾

2.3.2 *Bacillus cereus*

B. cereus es un bacilo grande, gram positivo, esporulado, aerobio y anaerobio facultativo. Puede crecer entre temperaturas de 10 y 48 °C. Es común en el suelo y en la vegetación y ha sido aislado de muchos alimentos, por lo que no parece que sea nocivo cuando es ingerido con ellos en pequeño número. ⁽²¹⁾

Las especies de *Bacillus*, con excepción de *B. anthracis*, son fundamentalmente patógenos oportunistas que tienen una capacidad de virulencia relativamente baja. Aunque se ha constatado que muchas de estas especies producen enfermedades, *B. cereus* representa con claridad el patógeno más importante, siendo la gastroenteritis, las infecciones oculares y las septicemias relacionadas con el catéter las entidades que se observan con una frecuencia mayor y casos infrecuentes de neumonía grave. ⁽¹⁷⁾

2.3.2.1 Patogenia

Ha sido a partir de 1950 cuando se han descrito brotes de intoxicación alimentaria, que han puesto de manifiesto que ese microorganismo es un agente importante de enfermedades entéricas. ⁽¹⁷⁾

Se han descrito dos formas de intoxicación por este germen: la forma diarréica, causada por la enterotoxina termolábil, con un período de incubación de 8-16 horas, síntomas provocados por la estimulación del sistema de la adenil ciclasa-adenosina monofosfato cíclico de las células epiteliales (síndrome diarréico) que recuerdan la infección por *Clostridium perfringens*, y la forma emética, causada por la enterotoxina termoestable y resistente a la proteólisis, con un periodo de incubación de solo 1 - 5 horas, síntomas (náuseas y vómitos) y naturaleza similares a la intoxicación estafilocócica. ⁽¹⁷⁾

No se conoce adecuadamente la patogenia de las infecciones oculares por *B. cereus*. Se han implicado, al menos, tres toxinas: la toxina necrótica (una enterotoxina termolábil), la cereolisina (una potente hemolisina cuyo nombre deriva del nombre de la especie) y la fosfolipasa C (una potente lecitinasa). Es posible que la rápida destrucción del ojo característica de las infecciones por *B. cereus* sea consecuencia de la interacción de estas toxinas y otros factores no identificados. ⁽¹⁷⁾

Las especies de *Bacillus* pueden colonizar de forma transitoria la piel y aislarse en los hemocultivos como contaminantes sin significación clínica. Sin embargo, en presencia de un cuerpo extraño intravascular, estos microorganismos pueden ser responsables de bacteriemia persistente y de signos de septicemia (p. ej. fiebre, escalofríos, hipotensión y shock). ⁽¹⁷⁾

2.3.2.2 Epidemiología

B. cereus y otras especies de *Bacillus* son microorganismos ubicuos que están presentes en la mayoría de los ambientes. Casi todas las infecciones se originan a partir de una fuente ambiental (p. ej. tierra contaminada). El aislamiento de estas bacterias de las muestras clínicas sin que exista una enfermedad característica representa generalmente una contaminación carente de relevancia clínica. ⁽¹⁷⁾

2.3.2.3 Diagnóstico de laboratorio

Igual que sucede con *B. anthracis*, *B. cereus* y otras especies se pueden cultivar con facilidad a partir de muestras clínicas, salvo las de heces, recogidas de pacientes con la forma emética de intoxicación alimentaria. Para confirmar una enfermedad transmitida por alimentos, se debería cultivar el

alimento implicado (p. ej. arroz, carne, verduras). No se suelen realizar estudios para detectar las enterotoxinas estables o lábiles con el calor, de forma que la mayor parte de casos de gastroenteritis por *B. cereus* se diagnostican con criterios epidemiológicos. Los microorganismos de tipo *Bacillus* crecen con rapidez y se detectan con facilidad con la tinción de Gram y con el cultivo de las muestras obtenidas de los ojos infectados, los cultivos intravenosos u otras localizaciones. ⁽¹⁷⁾

2.3.3 *Staphylococcus aureus*

Los estafilococos son cocos anaerobios facultativos, son gram positivos y se presentan solos, en pares o racimos, no son móviles, ni esporulados; algunos biotipos son capaces de producir una toxina altamente termoestable, así por ejemplo, *Staphylococcus aureus* produce 5 toxinas, que pueden provocar severas intoxicaciones en el hombre. ⁽¹⁸⁾

Su metabolismo es oxidativo/fermentativo, es catalasa-positivo y puede metabolizar una gran variedad de carbohidratos en condiciones aeróbicas, con la subsecuente liberación de ácido, principalmente ácido acético con pequeñas cantidades de dióxido de carbono; en condiciones anaerobias, el producto principal de la fermentación es el ácido láctico. ⁽¹⁸⁾

Las tres condiciones necesarias para su óptimo desarrollo son: pH cercano a la neutralidad, temperatura alrededor de 30 °C y ausencia de microorganismos competitivos. Este último punto es importante, ya que *Staphylococcus aureus* no es competitivo en presencia de otros microorganismos. ⁽¹⁸⁾

2.3.3.1 Epidemiología

Staphylococcus se puede encontrar en a) medio ambiente como puede ser: aire, polvo, superficies en donde se manejan alimentos, agua, agua residual, b) en alimentos: por ejemplo los que presentan un alto contenido proteico, como puede ser la leche y derivados lácteos, también se desarrolla en aquellos alimentos que presentan altas concentraciones de sal; otro factor importante en los alimentos es el pH, así tenemos en el caso de la mayonesa, ésta tiene un pH lo suficientemente bajo para inhibir el desarrollo de *S. aureus*, sin embargo, al diluirse y neutralizarse en una ensalada por ejemplo, el pH asciende lo suficiente como para permitir el desarrollo de este microorganismo enterotoxigénico y finalmente c) también se puede localizar en la piel de las personas y animales, siendo estos los principales reservorios. ⁽¹⁸⁾

Con respecto a las condiciones ambientales, los alimentos son susceptibles a una contaminación postproceso con tipos enterotoxigénicos de *Staphylococcus aureus*, por ejemplo, si son sometidos a un inadecuado manejo o bien a temperaturas de conservación inapropiadas; este problema se acentúa por la ausencia de flora competitiva, que normalmente restringe el desarrollo de este microorganismo. ⁽¹⁸⁾

2.3.3.2 Patogenia

El crecimiento de *Staphylococcus aureus* en alimentos, tiene gran importancia por tratarse de un microorganismo capaz de producir una poderosa enterotoxina, que al ingerirse causa intoxicaciones severas al hombre. Como se mencionó con anterioridad son 5 enterotoxinas: A, B, C, D y E, siendo la “A” la más nociva. ⁽¹⁸⁾

La cantidad de *Staphylococcus aureus* necesaria para producir suficiente toxina (un microgramo), para causar intoxicación, es de $1,06 \times 10^2$ UFC/g de alimento, sin embargo en el estudio realizado por la Food and Drug Administration (FDA), establece que una cantidad de *Staphylococcus aureus* patógeno, en el que se encuentren $1,05 \times 10^2$ UFC/g de alimento, provoca intoxicaciones y que un nivel basal de aproximadamente un nanogramo de toxina estafilocócica por gramo de alimento, es suficiente para causar síntomas asociados con la intoxicación antes mencionada. También es importante observar en la mayoría de los brotes de intoxicación causados por este microorganismo, que se han detectado niveles de uno a cinco microgramos de toxina ingerida, aunque en algunos casos las concentraciones de toxina han sido aún más bajas, del orden de 0,01 µg, suficientes para provocar una intoxicación en el hombre. ⁽¹⁸⁾

Los alimentos contaminados con esta cantidad de bacterias, no presentan ninguna diferencia perceptible en cuanto a su apariencia, sabor y olor, por lo que no se distinguen de los alimentos que no están contaminados con este microorganismo, por esta razón el peligro de ingerir alimentos contaminados con *Staphylococcus aureus* sin darse cuenta es alto. Los alimentos sometidos a intensa manipulación durante su preparación y que se mantienen a temperaturas de riesgo (por encima de 7,2 °C y por debajo de 60 °C) después de su preparación, son los alimentos más involucrados en la intoxicación estafilocócica. ⁽¹⁸⁾

Los alimentos perecederos tales como carnes crudas y procesadas, ensaladas, productos de pastelería, como pasteles rellenos con crema, pies de crema, coberturas de chocolate, leche y sus derivados, rellenos para sándwiches y

papas, son los más comúnmente asociados con intoxicaciones estafilocócicas.⁽¹⁸⁾

La especie *S. aureus*, es la considerada patógena dentro del género y está asociado a casos de artritis, osteomielitis, meningitis, neumonía y en algunos casos puede llegar a ocasionar pérdida del conocimiento. Las cepas de este microorganismo que producen enzimas extracelulares y toxinas, son las más importantes por ser causantes de intoxicaciones alimentarias.⁽¹⁸⁾

2.3.3.3 Intoxicación

El establecimiento de los síntomas de la intoxicación, por lo general se presentan rápidamente y en muchos casos de forma aguda, aunque depende de: la susceptibilidad de la persona hacia la toxina, la cantidad consumida del alimento contaminado, la cantidad de toxina en el mismo y en general la salud del individuo. Los síntomas más comunes de intoxicación consisten en náusea, fiebre alta, vómito, dolor o espasmos abdominales y postración. Sin embargo, existen algunos individuos que pueden no manifestar todos estos síntomas asociados a la enfermedad. En casos más severos, se puede presentar dolor de cabeza, calambres musculares, así como cambios intermitentes en la presión sanguínea y pulso. La recuperación parcial se alcanza a los 2 días, sin embargo, la recuperación completa puede durar más días en casos muy severos.⁽¹⁸⁾

2.3.3.4 Diagnóstico

El término *Staphylococcus* coagulasa-positivo se utiliza para describir aquellas cepas que secretan una enzima que provoca coagulación del fibrinógeno sanguíneo, utilizando el microorganismo esta capacidad contra la fagocitosis y

otros mecanismos de defensa del huésped. Esta reacción se utiliza *in vitro* para la identificación de cepas de *Staphylococcus* productoras de toxinas, mediante el uso de plasma. ⁽¹⁸⁾

2.4. Contaminantes metálicos

El uso de materiales poco apropiados durante el ordeño, manipulación, almacenamiento y transporte de la leche, así como la contaminación de los alimentos y agua que ingiere el animal, provocan contaminación con metales. Si bien es cierto que el animal actúa como un filtro biológico de los alimentos consumidos, las modernas técnicas analíticas han permitido la detección de trazas de diferentes elementos que hasta no hace mucho resultaban imposibles de determinar. ⁽¹⁴⁾

De los elementos contaminantes a considerar, deben tenerse en cuenta, desde el punto de vista toxicológico, el mercurio, el plomo, el cadmio y el arsénico como altamente tóxicos, en tanto que el estaño y el cobre como tóxicos cuando se consumen en grandes cantidades. Finalmente, el hierro, sólo como un elemento deficitario en la leche, esencial en la nutrición humana y catalizador de la oxidación de las grasas. Es posible encontrar el mercurio en el medio ambiente bajo diferentes formas químicas de toxicidad variable. En la industria, es empleado en procesos electroquímicos destinados a la fabricación de cloro e hidróxido sódico y en la agricultura como compuesto de mercurio de acción fungicida. ⁽¹⁴⁾

La problemática que presenta este elemento es que al ser vertido en forma de residuos en cursos de agua, se transforma en metilmercurio que es mucho más nocivo. Es por esto que en la actualidad existe la creencia de que la mayor

parte del mercurio encontrado en tejidos biológicos tiene su origen principal en desechos industriales y, en menor cuantía, por la aplicación de compuestos de mercurio en la fumigación. Son variados los caminos de llegada a la vaca: aguas, alimentos, fármacos o contacto directo con desinfectantes a base de mercurio. Sólo una pequeña porción de este elemento, una vez ingerido, pasa a la leche, ligándose a la parte grasa en cierta porción y quedando el resto disperso en ella. En el caso de leche descremada, la unión se produce a nivel de la caseína ácida y proteínas del suero. Desde el punto de vista de la salud pública, las consecuencias, en casos de intoxicaciones agudas, son trastornos neurológicos, encontrándose en los tejidos bajo la forma de metilmercurio. ⁽¹⁴⁾

El plomo es otro de los metales contaminantes y se encuentra en la naturaleza. El hombre lo toma del aire, alimentos y del agua que bebe. La leche, bajo condiciones normales de producción y procesamiento, no debería entrar en contacto con este elemento, salvo en el caso en que su transporte se haga en tarros con soldaduras de plomo o que se envase en latas. Los estudios realizados con el objeto de determinar la incidencia de la contaminación de la leche por ingestión de alimentos contaminados, han determinado que es muy poco el plomo ingerido que luego es detectado en la leche. De lo anterior se desprende que en la detección de niveles muy altos de plomo en la leche, con seguridad deberán atribuirse a contaminaciones con recipientes o aguas de lavado antes, durante o posteriormente al proceso de industrialización. ⁽¹⁴⁾

El plomo es un veneno acumulativo y su toxicidad puede darse bajo tres formas diferentes: inhibición de la síntesis de hemoglobina pudiendo provocar anemia, encefalopatía en el tejido nervioso y en los sistemas vegetativos. Los valores encontrados en la leche varían entre 2 a 10 µg/kg, no siendo ningún peligro

para la salud pública. De acuerdo a lo anteriormente expresado, deben tomarse precauciones como, por ejemplo, evitar el uso de equipos o tarros lecheros que tengan soldaduras de plomo y el empleo de aguas contaminadas con este metal.⁽¹⁴⁾

El cadmio también se encuentra en la naturaleza y muy unido al cinc. Es empleado en la fabricación de algunos pesticidas y fertilizantes, aumentando con ello el riesgo de contaminación. Es un veneno de carácter acumulativo y la contaminación de la leche frecuentemente se produce cuando la vaca consume alimentos y aguas contaminados con este elemento. El cadmio tiene la particularidad de combinarse con la crema, caseína y proteínas del suero. Los estudios llevados a cabo en la leche indican que el contenido de cadmio se encuentra por debajo de 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de leche, no resultando peligrosa esta cantidad para la salud pública.⁽¹⁴⁾

El arsénico puede llegar a la leche por un inadecuado manejo de productos tales como raticidas, pinturas e insecticidas que contienen este elemento. No obstante, algunos investigadores sostienen que el principal origen de su presencia en la leche es a través de animales que comen pastos u otros alimentos en zonas contaminadas. Este elemento tiene efectos acumulativos y gran afinidad por los glóbulos rojos de la sangre. Los niveles permitidos para la leche son de 0,1 mg/kg en Gran Bretaña y 0,15 mg/kg en Australia.⁽¹⁴⁾

El estaño es un elemento fundamental para la formación de algunas enzimas y hormonas. Los recipientes revestidos de estaño resultan ser una fuente de contaminación de la leche, como es el caso de los tarros lecheros estañados, aunque su importancia es mayor cuando se destina este tipo de material para la construcción de estanques para la conservación de leches concentradas.⁽¹⁴⁾

El cobre se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza y es esencial en la nutrición. La tolerancia para el hombre es muy amplia, no presentándose efectos perjudiciales con consumos inferiores a 0,5 mg/kg de peso al día. La presencia de este metal no se vincula con problemas toxicológicos, sino con problemas de tipo organoléptico debido a su influencia en los procesos de oxidación de las grasas. ⁽¹⁴⁾

El hierro es uno de los metales esenciales para el hombre y el más abundante en su cuerpo, resultando deficitario en la mayor parte del mundo. La leche es muy pobre en hierro y cuando no está contaminada, pueden encontrarse cantidades aproximadas de 0,20 - 0,25 mg/kg, sufriendo variaciones entre vacas y durante la lactación, no influyendo en ningún caso la alimentación. ⁽¹⁴⁾

En la leche, este metal se encuentra unido a la membrana del glóbulo graso, a la lactoferrina y en menor porcentaje a la transferrina y lactoperoxidasa. La presencia de hierro en la leche es menos peligrosa que la del cobre, debido a que su acción en la oxidación de los lípidos es menor. ⁽¹⁴⁾

Si bien FAO/OMS no consideran al hierro desde un punto de vista toxicológico, deben tomarse precauciones para prevenir problemas de oxidación de las grasas, sobretodo en productos como mantequilla. Para ello debe prestársele máxima atención a los procedimientos de ordeño, limpieza y desinfección, empleando recipientes adecuados y aguas con un contenido bajo en hierro. ⁽¹⁴⁾

2.4.1 Plomo

2.4.1.1 Características fisicoquímicas

El plomo (del latín plumbum) se denomina con el símbolo Pb, es un metal gris, blando y maleable, presente de forma natural en la corteza terrestre. Es un

catión divalente que se une fuertemente a los grupos sulfhidrilo de las proteínas. Su uso generalizado ha tenido gran impacto en la contaminación ambiental y, en consecuencia, un incremento considerable en su exposición a la población que ha generado graves problemas de salud pública. ⁽¹⁹⁾

Posee gran densidad y punto de fusión bajo, cristaliza en octaedros. Sus principales parámetros físicos son: densidad de 11,85 g/ml, el cual es el más alto dentro de la familia IVA, lo que lo convierte en un metal denso, tóxico y acumulativo; Número atómico: 82; Peso atómico: 207,21; punto de fusión 326,9 °C; poco soluble en agua. ⁽²⁰⁾

Entre sus propiedades químicas destacan: en contacto con el aire se oxida superficialmente, recubriéndose de una capa de color gris de sub óxido de plomo (Pb_2O), que le quita el brillo metálico, pero a su vez le protege de ulterior oxidación. Cuando está recién fundido se oxida rápidamente formando el producto PbO que es conocido como masicot. En presencia de agua de lluvia y del CO_2 del aire, el plomo se altera cubriéndose de una capa de carbonato hidratado, esta sal se disuelve poco en el agua, comunicándoles propiedades tóxicas. Con el agua ordinaria o destilada no ocurre esta reacción ya que como ésta contiene sulfatos libres, estos reaccionan con el plomo, formando sulfato de plomo, el que es insoluble y evita el ataque químico del plomo ulterior, pero cuando las aguas son escasas o pobres de sulfatos y ricas en dióxido de carbono, es factible que se puedan producir reacciones químicas: $Pb + SO_2 = PbSO_4$. ⁽²⁰⁾

2.4.1.2 Usos industriales y fuentes de contaminación

El plomo tiene múltiples aplicaciones:

- Las principales fuentes de exposición son: Minas de plomo y cinc: metalurgia de las mismas para la fabricación de planchas de plomo, tubo, etc.
- Industria de la construcción: Cañerías de conducción.
- Fabricación de municiones, baterías (el plomo forma el 70% del peso), insecticidas.
- Algunas sales y óxido de plomo se emplean como pigmentos en las pinturas, barnices, esmaltes e industria de materias plásticas.
- El plomo o sus aleaciones se funden y cuelan en moldes para la fabricación de piezas diversas. En presencia del aire, emite una cantidad importante del polvo fino de óxido de plomo, constituyendo una fuente potencial de exposición.
- Utilización del plomo para la fabricación de barreras antirruído y antivibración (mezcla de plomo y plásticos).
- Fábricas de cables y alambres: El plomo sirve para recubrir los cables y alambres de un metal resistente a la corrosión y flexible.
- Industria automovilística: Pulido de las soldaduras (aleaciones de plomo-estaño).
- Utilización de lubricantes que contienen sales orgánicas de plomo.
- Fabricación y empleo de compuestos orgánicas volátiles, por ejemplo, el plomo tetraetilo, utilizado como agente antidetonante en la gasolina. ⁽²⁰⁾

Son innumerables las fuentes contaminantes en donde se puede adquirir el saturnismo, intoxicación crónica. Haremos mención de unas cuantas: la industria metalúrgica, las fábricas de acumuladores o baterías; las de pintura, muy especialmente las anticorrosivas; la industria del vidrio; las de plástico; la

decoración de cerámicas; fabricación de licores en alambiques no apropiados ; la industria de petróleo; los juguetes de plomo, conocidos entre nosotros como “soldaditos de plomo”; la utilización frecuente de maquillajes con sales de plomo, en personal de teatros y circos, imprenta, productos de acero y tuberías de plomo (Ver cuadro 5).⁽²⁰⁾

Se ha encontrado varios casos de intoxicación plúmbica por la persistencia de balas o balines en el organismo de personas, estos cuadros tóxicos comprobados clínicamente y con niveles altos de plumbemia y plumburia encontrados mediante medición con equipos de absorción atómica presentan cifras de niveles superiores a los 60 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ y de 100 $\mu\text{g}/100\text{ mL}$ de sangre.⁽²⁰⁾

2.4.1.2.1 Contaminación por alimentos

El balance positivo de plomo en el organismo comienza con una ingesta superior a 200 $\mu\text{g}/\text{día}$. Una ingesta de 2.5 $\text{mg}/\text{día}$ requiere aproximadamente cuatro años para la acumulación de una carga tóxica, pero una ingesta de 3.5 $\text{mg}/\text{día}$ sólo requiere de unos pocos meses para acumular una carga tóxica. Un cigarrillo puede contener hasta 12 μg de plomo y la absorción puede ser de 12 %.⁽²¹⁾

Cuadro 5. Principales fuentes de exposición al plomo según OMS (2010)

Procesos industriales	Tabaquismo/alimentación	Agua potable	Fuentes domésticas
Baterías plomo-ácido, materiales de plomería, cables de revestimiento, pinturas, esmaltes y municiones, gasolina y sus aditivos, exposición ocupacional	Fumadores activos Alimentos contaminados con polvo, hortalizas en suelos contaminados (como minas o fundiciones)	Sistemas de plomería que contienen tuberías de plomo, soldaduras, accesorios o agua que ha estado en contacto con el plomo durante un período prolongado	Juguetes, medicinas tradicionales, cosméticos, pintura de las paredes de casas antiguas y polvo

Fuente: Azcona M, Ramírez R, Vicente F, Efectos tóxicos del plomo. Rev. Esp. Méd. Quir. 2015; 20: 72-77.

2.4.1.3 Valores máximos permisibles

El Reglamento de Leche y Productos Lácteos de acuerdo a la Comisión conjunta FAO/OMS del Codex Alimentarius, establece que el nivel máximo permitido de plomo en leche es de 0,02 mg/Kg (ppm).⁽²²⁾

2.4.1.4 Toxicocinética

2.4.1.4.1 Absorción

El plomo puede penetrar en el organismo por tres vías: respiratoria, digestiva y cutánea. Los adultos absorben entre el 5 y el 15 % de plomo ingerido y retienen menos del 5 % de lo que se absorbe. Los niños absorben el 42 % del plomo ingerido con un 32 % de retención. La absorción del plomo puede ser mejorada por el hierro y el calcio, especialmente en los niños. La absorción de plomo por los pulmones depende de la forma, tamaño de partícula y concentración. Alrededor del 90 % de las partículas de plomo en el aire, que son inhaladas, son lo suficientemente pequeñas como para ser retenidas. La absorción de plomo retenido a través de los alvéolos es relativamente eficiente. La absorción por vía cutánea depende del estado químico del plomo, los

derivados liposolubles (tetraetilo, tetrametilo de plomo), los derivados inorgánicos no se absorben por piel íntegra. ⁽²³⁾

2.4.1.4.2 Distribución

Posterior a su absorción el plomo se distribuye en compartimentos (hueso, sangre y tejidos blandos). Inicialmente circula en sangre unido a los glóbulos rojos (un 95 % unido a eritrocitos; luego se distribuye en tejidos blandos (hígado, riñón, medula ósea y sistema nervioso central); pasado entre uno y dos meses se difunde a los huesos donde permanece inerte y no tóxico (de donde puede ser movilizado nuevamente, cuando existe acidificación del pH sanguíneo). ⁽²⁴⁾

El plomo inorgánico no se metaboliza, pero el orgánico, su metabolismo es similar al del calcio, iniciado por la acción de las enzimas el fosfato plumboso se convierte en fosfato plúmbico siendo éste cien veces menos soluble, ocasionando la iniciación de los depósitos. ⁽²⁴⁾

2.4.1.4.3 Excreción

En el sujeto normal, la vía principal de eliminación del plomo absorbido es la vía urinaria (76 %). No obstante, una cierta cantidad puede ser eliminada por las heces (16 %), la bilis (posiblemente en forma de un complejo Pb-glutatión), jugo pancreático, el sudor, la saliva y en mínimas cantidades en uñas y pelos. Puesto que la concentración de plomo en la bilis es diez veces superior a la de la orina, es probable que el plomo excretado por vía biliar sea en gran parte reabsorbido en el intestino para ser finalmente excretado por la vía urinaria. ⁽²⁰⁾

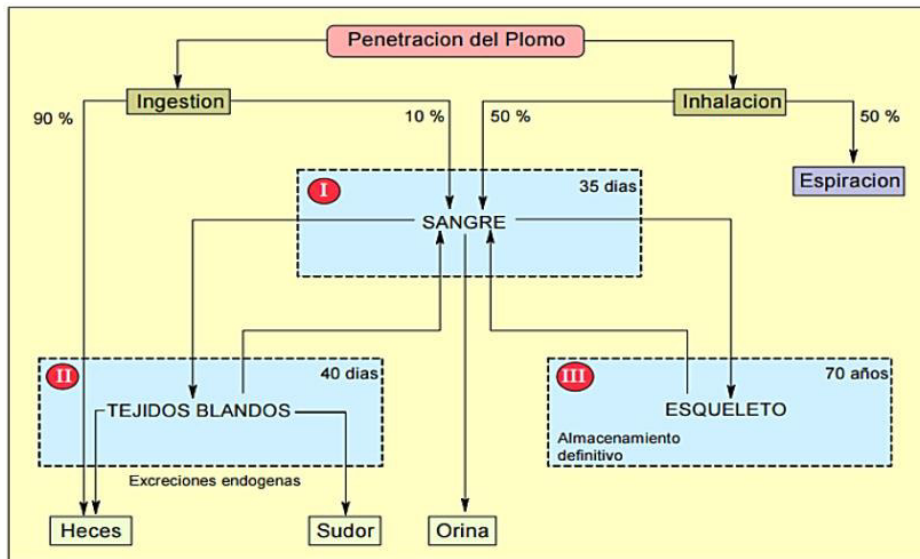


Figura 2. Toxicocinética del plomo

Fuente: Laguna LS, Ricaldi ED. Determinación de Plomo y Arsénico en lápices labiales de diferentes marcas que se expenden en Lima Metropolitana.

2.4.1.5 Toxicodinamia

El mecanismo de acción está dado por la afinidad del Pb por los grupos sulfhídrico principalmente por las enzimas dependientes de cinc, inicialmente el Pb interfiere con el metabolismo del Ca cuando este está en concentraciones bajas. El Pb reemplaza el Ca comportándose como segundo mensajero intracelular, alterando la distribución de Ca en los compartimientos dentro de la célula; activa la proteinquinasa C, se une a la calmodulina e inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el Ca intracelular. ⁽²⁴⁾

En la anemia inducida por el plomo, los eritrocitos son microcíticos e hipocrómicos, suele haber un aumento del número de reticulocitos con un punteado basófilo. La anemia se debe a dos alteraciones básicas: el acortamiento de la vida de los eritrocitos y trastorno de la síntesis del grupo hemo. Existe una inhibición de la deshidratasa del ácido delta-aminolevulínico

(ALA-D), una depresión de la coproporfirinógeno oxidasa y una disminución de la actividad de la ferroquelatasa. Esta enzima cataliza la incorporación del ión ferroso a la estructura anular de la porfirina. La alteración de la inserción del hierro en la protoporfirina da lugar a una disminución de la formación de hemo. Como consecuencia de la hiperproducción de ácido delta-aminolevulínico (ALA) y de la hipoactividad de la ALA-D, la concentración sanguínea y la excreción urinaria ALA aumentan considerablemente. ⁽²⁵⁾

2.4.1.6 Intoxicación aguda

La toxicidad aguda se manifiesta con insuficiencia renal, encefalopatía y síntomas gastrointestinales; diversos pacientes refieren dolor abdominal, astenia, irritabilidad y estreñimiento; en algunos casos se puede observar el ribete de Burton o línea de sulfuro y, en una situación de alta exposición, puede ocurrir polineuropatía periférica que afecte los miembros superiores. En niños de 3 a 5 años de edad se ha reportado que se generan problemas emocionales, de conducta y aprendizaje, mismos que pueden perdurar hasta la etapa adulta en donde se observan otras afectaciones como depresión, falta de libido, disminución del desempeño cognitivo e irritabilidad. Existen además complicaciones que pueden presentarse durante el embarazo en madres con plumbemia como preeclampsia y anormalidades en el recién nacido. ⁽¹⁹⁾

Síntomas gastrointestinales como anorexia, dolor abdominal (cólico saturnino), estreñimiento y vómitos. ⁽²⁶⁾

2.4.1.7 Intoxicación crónica

- a) Fase de presaturismo o de impregnación. Cuando los niveles de plumbemia alcanzan los niveles de 60 - 70 µg/100 mL; hay presencia de

cansancio, dispepsia, dolores abdominales y musculares, artralgias, insomnio, pérdida de fuerza y adelgazamiento.

- b) Fase de intoxicación franca. Se acrecientan los síntomas: anorexia, adelgazamiento, dolores musculares, tinte terroso de la piel, línea saturnina en el borde gingival (Ribete de Burton) y cansancio.
- c) Fase de impregnación antigua. Se puede presentar hipertensión permanente y nefritis a consecuencia de la exposición prolongada. ⁽²⁷⁾



Figura 3. Ribete de Burton

Fuente: Laguna Gozme LS, Ricaldi Casas ED. Determinación de Plomo y Arsénico en lápices labiales de diferentes marcas que se expenden en Lima Metropolitana.

2.4.1.8 Tratamiento

Consiste en aislamiento de la fuente de exposición con posterior tratamiento quelante cuando la plumbemia es mayor de $60 \mu\text{g}/100\text{mL}$ o según clínica. Los quelantes usados son en general los mismos que para cualquier intoxicación plúmbica. El EDTA cálcico ha sido asociado con redistribución del plomo hacia

tejido blando y cerebro, precipitando la encefalopatía plúmbica en aquellos pacientes con absorción continuada de plomo y con alta carga corporal de este metal; por lo que en estos casos se debe asociar en el tratamiento el siguiente quelante Dimercaprol (BAL) que se asocia a EDTA-Ca en casos de encefalopatía o plumbemia mayor a 100 mg/100mL en adultos y mayor a 60 mg/100 mL en niños. Ácido dimercaptosuccínico (DMSA), tiene la ventaja de que provoca pocos efectos adversos y de que se usa por vía oral. ⁽²⁴⁾

2.4.2 Mercurio

2.4.2.1 Características fisicoquímicas

El mercurio (Hg) es un metal de color blanco plateado, junto con el cadmio y zinc, se ubica en el grupo IIb de la tabla periódica. Su estructura cortical externa es $5d^{10}, 6s^2$. El mercurio por sus características fisicoquímicas: estado líquido a temperatura ambiente y el único conocido en estado líquido a 0 °C., densidad elevada, calor específico poco elevado, líquido muy poco compresible, tensión superficial muy alta, capacidad calorífica muy débil, capacidad de amalgamación con otros metales; posee el don de la ubicuidad. Cualquier producto que se analice, natural o artificial, contendrá al menos trazas de mercurio. ⁽²⁸⁾

Sus características fisicoquímicas son las siguientes: densidad (20 °C) 13,6 g/mL; número atómico: 80; peso atómico: 200,61; tensión superficial: 480,3 din/cm³; punto de fusión – 38,4 °C; hierve a 357 °C. ⁽²⁸⁾

El sulfuro de mercurio (HgS) o rojo de cinabrio es el mineral de mercurio más extendido en la naturaleza; y en menos abundancia, el metacinabrio negro. ⁽²⁹⁾

El mercurio forma soluciones llamadas amalgamas con algunos metales. El mercurio vapor se condensa y con las lluvias contamina suelo y agua. En

época seca se desplaza con el viento y contamina el medio ambiente. Es un metal noble, soluble sólo en soluciones oxidantes. ⁽²⁹⁾

El mercurio en el agua se oxida y los microorganismos acuáticos lo transforman en metilmercurio que es absorbido por el fitoplancton y se acumula en toda la cadena alimenticia. La luz ultravioleta puede oxidar el mercurio y convertirlo en Hg^{2+} y Hg_2^{2+} . ⁽³⁰⁾

En la Amazonía, esta metilación se ve favorecida por el pH ácido del agua, las altas temperaturas y la gran cantidad de materia orgánica. ⁽³¹⁾

2.4.2.2 Usos industriales y fuentes de contaminación

- Aparatos científicos de precisión (termómetro, manómetros, aparato de Van Slijke)
- Industria eléctrica (importante utilización): fabricación de lámparas de vapor de mercurio, conectadores y desconectadores de fluido eléctrico, instrumentos de control industrial, tubos fluorescentes, batería, bombillas de bajo consumo, etc.
- La industria cloroalcalina que utilizan una célula de mercurio, constituyen una fuente importante de exposición profesional (y a veces de contaminación de los cursos de agua por el mercurio).
- Preparación de amalgamas en odontología (fabricación de empastes y otros productos dentales, hasta 100 toneladas pueden llegar el flujo de residuos), en las fabricaciones de acumuladores de ferróníquel, en la separación del oro y la plata de sus minerales (por cada kg. de oro extraído se utiliza unos 2,8 kg. de mercurio: 40 ton/año en Madre de

Dios) y en la producción de cemento (mediante la extracción de combustible y la combustión de combustibles fósiles).

- Procedimientos industriales donde se usa el mercurio congelado.
- Fabricación de herramientas para la graduación de cristales: matraces aforados, pipetas, etc.
- Rótulos luminosos, atenuación de los tubos luminosos.
- Producción de plástico, especialmente la fabricación de policloruro de vinilo (PVC), indispensable para el desarrollo de proyectos constructivos.
- Los derivados inorgánicos sirven como antisépticos externos, en cremas cutáneas para blanquear (al 2 o 3 %), como detonantes, etc. Sus derivados orgánicos se utilizan en agricultura como insecticidas, fungicidas y bactericidas, en la industria del papel y pinturas, en ciertos cosméticos y en medicina como diuréticos y desinfectantes. ⁽²⁰⁾

2.4.2.3 Valores máximos permisibles

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud, FAO/OMS, han establecido un consumo tolerable semanal no mayor a 0,005 mg de mercurio total por kilogramo de peso. En el caso de metilmercurio, el valor baja a 0,0033 mg. Según la Norma Técnica Ecuatoriana, el nivel máximo permisible de mercurio en leche es de 0,005 mg/Kg (NTE 0009:2008). ⁽³²⁾

2.4.2.4 Toxicocinética

2.4.2.4.1 Absorción

Las vías de entrada del mercurio al organismo humano son: respiratoria, digestiva, cutánea y placentaria. El vapor de mercurio es no polar (no se disuelve en la membrana mucosa del tracto nasofaríngeo y traqueobronquial) y fácilmente penetra la membrana alveolar y pasa a la sangre absorbiéndose un 80 % de la cantidad inhalada. ⁽²⁸⁾

Experimentalmente se ha visto que se deposita por igual en el árbol bronquial que en el alvéolo. Se estima que la solubilidad del mercurio elemental en los lípidos del cuerpo está entre 0,5 y 2,5 mg/L. Considerando que la concentración de saturación del mercurio en aire puede ser solo de 0,06 mg Hg/L a 40 °C. El coeficiente de reparto entre el aire y los lípidos de la pared alveolar y sangre pulmonar es aproximadamente de 20 a favor del cuerpo. Este hecho sugiere que el mercurio elemental pasa fácilmente a través de la membrana alveolar por simple difusión. ⁽²⁸⁾

Respecto a los compuestos orgánicos de mercurio no dissociables (COMND) en el organismo, tales como el metil y etilmercurio. Los datos disponibles indican que en lo que respecta a su comportamiento va a ser similar. Estos compuestos pueden absorberse por inhalación, penetrando los vapores de sus sales fácilmente en las membranas del pulmón con una eficiencia del 80 %. Teniendo una presión de vapor elevada se va a favorecer la absorción y su solubilidad en lípidos va a permitir el paso a través de las membranas biológicas. ⁽²⁸⁾

El Hg⁰ se absorbe muy poco en el tracto gastrointestinal, probablemente en cantidades inferiores al 0,01 %. La razón puede originarse en los siguientes factores ⁽²⁸⁾:

- Al contrario de lo que sucede en los pulmones, el mercurio ingerido no está en estado monoatómico.
- El Hg metal ingerido no presenta toxicidad importante debido a su incapacidad para reaccionar con moléculas biológicamente importantes.
- Su absorción se ve limitada por formar en el intestino grandes moléculas que dificultan la absorción.
- La superficie se recubre rápidamente de una capa de SHg que impide la evaporación.
- Cuando se ingiere mercurio elemental, el proceso de oxidación en el tracto intestinal es demasiado lento para completarse antes de que el mercurio se elimine con las heces. ⁽²⁸⁾

La absorción por esta vía de los compuestos inorgánicos de mercurio (insolubles) es del 7 % con valores comprendidos entre el 2 % y el 15 % dependiendo de la solubilidad del compuesto ingerido. ⁽²⁸⁾

Para el Hg²⁺ la vía gastrointestinal si es muy importante, de forma que la intoxicación accidental o intencional por Cl₂Hg (sublimado corrosivo) no ha sido rara a través de la historia. Tras una ingestión elevada se presenta una acción cáustica e irritante por la formación de albuminato soluble que genera una alteración en la permeabilidad del tracto gastrointestinal que favorece la absorción y por tanto la toxicidad. ⁽²⁸⁾

En el campo de Salud Pública, esta vía de absorción es la que tiene mayor importancia, ya que el aporte de mercurio (metilmercurio) a la población no expuesta ocupacionalmente procede, en su mayoría, de los alimentos, sobretodo del pescado. La absorción del metilmercurio por esta vía es del orden del 95 % de la dosis administrada, independientemente de si el radical metilmercurio está unido a proteínas o es administrado como sal en solución acuosa. ⁽²⁸⁾

Es muy probable que el Hg⁰ pueda atravesar la piel, pero no se dispone en la actualidad de cifras cuantitativas. El metilmercurio es también muy probable que penetre por la piel, se han descrito casos de intoxicación debida a la aplicación local de pomadas conteniendo metilmercurio, pero hasta qué punto hay absorción, no se puede estimar con los trabajos actuales. ⁽²⁸⁾

Por la placenta, el metil y etilmercurio atraviesan fácilmente la barrera placentaria, y son acumulados en el feto. ⁽²¹⁾

2.4.2.4.2 Distribución

Los cationes mercuriales tanto orgánicos como inorgánicos reaccionan con gran variedad de ligantes orgánicos que se encuentran en moléculas biológicas importantes. La afinidad química del mercurio divalente y el catión del metilmercurio monovalente se muestran en el cuadro 6. ⁽²¹⁾

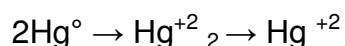
Cuadro 6. Distribución de pK según ligante.

LIGANTE	CH₃Hg* pK	Hg** pK
Cl	5,4	6,7
OH	9,5	10,3
Histidina	8,8	10,0
Cisteína	15,7	14,0
Albúmina	22,0	13,0

Fuente: Córdova D. Toxicología. 5a Edición. Bogotá, Colombia: El Manual Moderno.

La afinidad se expresa como el logaritmo negativo de la constante de disociación (pH). Mientras mayor sea el número, mayor es la afinidad por el ligante. ⁽²¹⁾

Los efectos tóxicos de todas las formas de mercurio inorgánico se deben a la acción de los iones mercúricos ya que el mercurio elemental no puede formar enlaces químicos. La oxidación del mercurio elemental ocurre de acuerdo con la ecuación siguiente ⁽²¹⁾:



El ión mercurioso es inestable y se disocia a mercúrico. ⁽²¹⁾

Los iones de mercurio inorgánico se distribuyen en los tejidos y en pocas horas se concentran especialmente en riñones, hígado, sangre, mucosa respiratoria, pared intestinal y colon, piel, glándulas salivales, corazón, músculo esquelético, cerebro y pulmón, en orden descendente. Después de una semana el 85 a 90 % de todo el mercurio inorgánico del

organismo se almacena en el riñón ⁽²¹⁾, en la parte distal del túbulo contorneado proximal y el asa de Henle. No se fija en los glomérulos. ⁽²⁰⁾

En las células, el mercurio se acumula en los lisosomas, las mitocondrias y las membranas epiteliales. Una parte importante del mercurio inorgánico se fija en una proteína de bajo peso molecular que tiene las mismas propiedades que la metalotioneína. Esta proteína parece desempeñar un papel protector, ya que solo cuando se sobrepasa su capacidad de fijación del Hg se inicia la acción tóxica directa del mercurio sobre el riñón. Como todas las formas mercurio inorgánico, el metal se fija en el riñón, donde induce la síntesis de metalotioneína. ⁽²⁰⁾

Los mercuriales orgánicos debido a sus dos propiedades toxicocinéticas: su capacidad de atravesar las membranas celulares y su gran resistencia a la biotransformación en los tejidos, se depositan principalmente a nivel del sistema nervioso central ⁽²¹⁾, localizándose en las células nerviosas de la sustancia gris, especialmente en la de Purkinje; las células gliales contendrían cantidades mínimas. ⁽²⁰⁾ El radical intacto de metilmercurio persiste en el organismo muchas semanas después de la exposición. ⁽²¹⁾

2.4.2.4.3 Excreción

El mercurio absorbido se elimina en su mayoría por la orina, aunque también se encuentran fracciones en las heces, debidas a secreción dentro del lumen gastrointestinal, especialmente a nivel del colon, por bilis, saliva y jugos gástricos e intestinales. ⁽²¹⁾

La eliminación empieza inmediatamente se absorbe y continúa a velocidades altas. El tejido renal retiene mercurio con gran tenacidad. El almacenamiento en dicho órgano, y en menor grado la eliminación urinaria, nos indican la severidad de la exposición. ⁽²¹⁾

El 70 % de los iones de mercurio eliminado lo hace en forma de sulfhidril-mercurio del tipo R-Hg-S-R'; los tioles a los que más frecuentemente se combinan son a la cisteína y a la N-acetilcisteína. La vida media del mercurio es de aproximadamente dos meses. ⁽²¹⁾

Los alquilmercuriales de cadena corta, debido a su capacidad de atravesar membranas, presentan recirculación enterohepática, especialmente el metilmercurio. ⁽²¹⁾

Una porción de lo eliminado por bilis se encuentra unido a proteínas y la otra está formada por complejos mercuriales de bajo peso molecular. Se ha notado que al paso por la vesícula biliar se producen cambios en la distribución del metilmercurio; las sales mercuriales que llegan al intestino son liposolubles, por lo cual se pueden reabsorber creando ciclos enterohepáticos. Por eso se dice que los alquilmercuriales son más tóxicos que las otras formas mercuriales, debido a que el organismo lo absorbe más y lo excreta en menor cantidad. ⁽²¹⁾ Asimismo esta absorción puede limitarse mediante la ingestión de resinas tioladas, que fijan el mercurio y estimulan su excreción fecal. ⁽²⁰⁾

2.4.2.5 Toxicodinamia

Los iones de mercurio son precipitantes de proteínas y causan necrosis severa en los puntos de contacto directo con los tejidos, fenómeno fácilmente evidenciable en los casos de intoxicación con sales inorgánicas de mercurio. ⁽²¹⁾

El metal iónico forma enlaces covalentes con los grupos sulfhidrilos con ángulo de enlace en 180°. Se proponen los siguientes mecanismos de formación de mercaptanos con los grupos SH de la cisteína, ver figura 4. ⁽²¹⁾

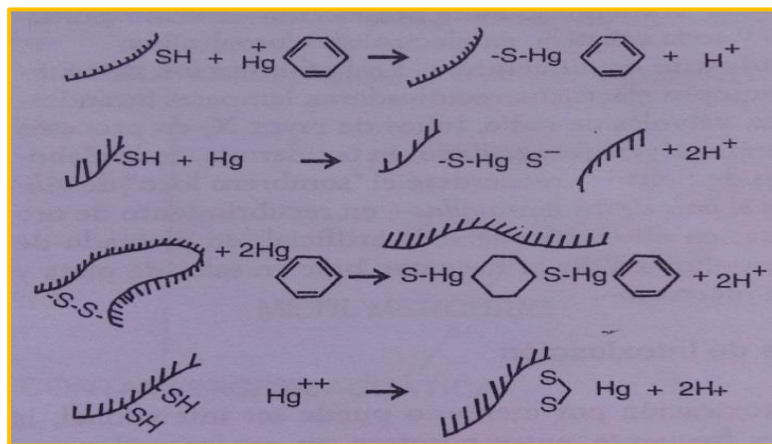


Figura 4. Mecanismos de formación de mercaptanos

Fuente: Córdova D. Toxicología. 5a Edición. Bogotá, Colombia: El Manual Moderno.

El mercurio también se combina con otros ligantes como son las amidas, aminas, carboxilos y grupos fosforilos. ⁽²¹⁾

El ión entra entonces en la célula primero en forma lenta y luego más rápido. Se inhibe entonces la captación celular de glucosa durante la primera etapa y en la segunda, la respiración celular progresivamente. Cuando se rompe la membrana celular se inhibe la respiración. ⁽²¹⁾

Se observa también un decrecimiento del potencial eléctrico a través de la membrana y una pérdida de potasio celular. El mercurio produce hemólisis de los glóbulos rojos y porfirina. ⁽²¹⁾

El metilmercurio ejerce una acción antimitótica, inhibiendo la polimerización de los microtúbulos e interfiriendo de este modo en la formación del huso en el curso de la mitosis. ⁽²⁰⁾

2.4.2.6 Intoxicación aguda

Puede ocurrir por inhalación de vapores de mercurio, en caso de contaminación accidental de espacios mal ventilados. En su mayoría es causado por ingestión de grandes cantidades de compuestos mercuriales (accidental y provocado). ⁽²⁰⁾

La ingestión aguda de sales inorgánicas provoca:

- Gastroenteritis aguda, estomatitis y colitis ulcerohemorrágica, vómitos y salivación.
- Anuria con uremia, consecuencia de la necrosis de los túbulos renales.
- Estado de shock. ⁽²⁰⁾

A concentraciones altas (1 - 3 mg/m³) los vapores de mercurio pueden producir irritación pulmonar que ocasiona edema agudo de pulmón. Sin tratamiento sobreviene la muerte en estado de shock a las 24 h y por insuficiencia respiratoria en caso de neumonía química o por uremia de ocho a quince días.

⁽²⁰⁾

Entre los síntomas locales produce dermatitis con eritema, prurito intenso, edema, pápulas, pústulas y úlceras profundas en la extremidad de los dedos. Las propiedades irritantes del HgCl₂, Hg (NO₃)₂ y HgI₂ son bien conocidas. El

mercurio se considera responsable de alergias cutáneas. (Especialmente en los odontólogos).⁽²⁰⁾

2.4.2.7 Intoxicación crónica

Los signos y síntomas de una intoxicación crónica incluyen temblores, hipertrofia de tiroides, taquicardia, gingivitis, cambios en la personalidad, eretismo, pérdida de memoria, depresión severa, delirios y alucinaciones. Los tres rasgos más usados para reconocer esta enfermedad profesional en la industria son la excitabilidad, los temblores y la gingivitis.⁽²²⁾

La salivación excesiva y el dolor gingival constituyen signos precoces de intoxicación, las encías se inflaman y sangran fácilmente. Alguna vez se observa el ribete mercurial, semejante al del plomo, sabor metálico, caída de dientes, disminución del apetito: caquexia.⁽²⁰⁾

Además, se han descrito casos de afección renal causados por exposición crónica al mercurio elemental, cuyos síntomas incluyen la proteinuria y enzimuria, efectos reversibles que desaparecen cuando la persona afectada deja de estar expuesta a los vapores de mercurio.⁽²²⁾

La neurotoxicidad se manifiesta con temblores y pérdida de sensibilidad en los dedos de las extremidades superiores e inferiores, ataxia, neurastenia, pérdida de visión y audición, espasmos y finalmente coma y muerte.⁽²²⁾

Por lo que respecta a su comportamiento como agentes cancerígenos los compuestos de metilmercurio se encuentran clasificados en el grupo 2B, posiblemente cancerígenos para el hombre (IARC, 1987).⁽²²⁾

2.4.2.8 Tratamiento

Intoxicación aguda: en caso de intoxicación por vía oral, se recomienda en siguiente tratamiento ⁽²⁰⁾:

- Lavado de estómago con agua albuminosa bicarbonatada.
- BAL (2,3-dimercaptopropanol) por vía intramuscular: 3 - 4 mg/Kg cada 4 h durante los dos primeros días y luego cada 12 h durante diez días; tan pronto como el estado del estómago lo permita, hay que administrar ácido dimercaptosuccínico por vía oral (30 mg/Kg de peso)
- Tratamiento sintomático del shock y de las complicaciones (infecciones, etc.)
- Es posible que en el futuro se pueda aplicar un tratamiento depurador por hemoperfusión con la ayuda de microesferas de pentaeritritol-tetratioglicolato encapsuladas en agarosa.
- En caso de neumonía química se recomienda, además del tratamiento sintomático, administrar un quelante (BAL, N-acetil-D-penicilamina, ácido dimercaptosuccínico). ⁽²⁰⁾

En intoxicación crónica, el BAL, activo en las intoxicaciones agudas, no lo es en las crónicas, aunque se han descrito mejoras clínicas en casos aislados tratados con BAL. También se han recomendado etilendiamino-tetraacetato cálcico disódico (CaNa₂-EDTA), la N-acetil-D-penicilamina, el ácido dimercaptosuccínico y el 2,3 dimercaptopropano-sulfonato de sodio. ⁽²⁰⁾

Las dosis propuestas son:

1. N-acetil-D-penicilamina: Administrar 250 mg por vía oral, cuatro veces al día durante diez días; repetir el tratamiento después de un intervalo de dos a tres semanas según el estado del paciente, hasta que la

excreción de mercurio por la orina tenga valores normales. Algunos de los efectos secundarios que producen pueden ser neutralizados mediante administración de un antihistamínico.

2. EDTA: 20 mg/Kg/día en perfusión intravenosa lenta durante cinco días; repetir después de dos semanas hasta que la excreción urinaria de mercurio sea normal.
3. BAL: 3 a 4 mg/Kg/día por vía intramuscular durante diez días. Repetir después de un periodo de reposo según la evolución de la excreción urinaria de mercurio. ⁽²⁰⁾

III. PARTE EXPERIMENTAL

3.1 Tipo de estudio

Observacional, descriptivo y transversal.

3.2 Muestras

40 muestras de leche, cada muestra recolectada corresponde a un litro de leche, las cuales proceden de cuatro establos del distrito de Puente Piedra, Lima, Perú.

3.3 Muestreo: Aleatorio simple

Criterios de inclusión:

- Establos que pertenezcan al distrito de Puente Piedra, provincia y región Lima, Perú.
- Establos con venta al público en general.
- Establos con mayor número de clientes.

3.4 Obtención y transporte de muestras

La obtención de muestras se realizó a través de la compra directa de leche cruda en bolsas estériles de los cuatro establos del distrito de Puente Piedra, provincia y región de Lima, Perú; las cuales fueron debidamente rotuladas y colocadas inmediatamente en los coolers a bajas temperaturas con la ayuda de geles packs refrigerante.

La obtención y transporte de muestras se realizó de acuerdo a lo descrito en el Manual Analítico Bacteriológico. ⁽¹⁸⁾

El periodo de muestreo es 14 de marzo del 2016 al 8 de julio del 2016

Las muestras recolectadas se transportaron hasta el laboratorio y se ubicaron en la refrigeradora a una temperatura de 2 °C a 8 °C hasta su análisis.

Para el análisis microbiológico de las muestras el periodo no fue mayor a 24 h después de la recolección y se siguió el método descrito en el Manual Analítico Bacteriológico (BAM). ⁽¹⁸⁾ Este análisis se realizó en el laboratorio del Instituto de Investigación en Química Biológica, Microbiología y Biotecnología “Marco Antonio Garrido Malo” de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la UNMSM.

Para el análisis químico se analizaron las muestras de forma conjunta al finalizar el periodo de muestreo. Este análisis se realizó en la Unidad de Servicios de Análisis Químico (USAQ) de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la UNMSM.

3.5 Metodología

3.5.1 Esquema de la metodología

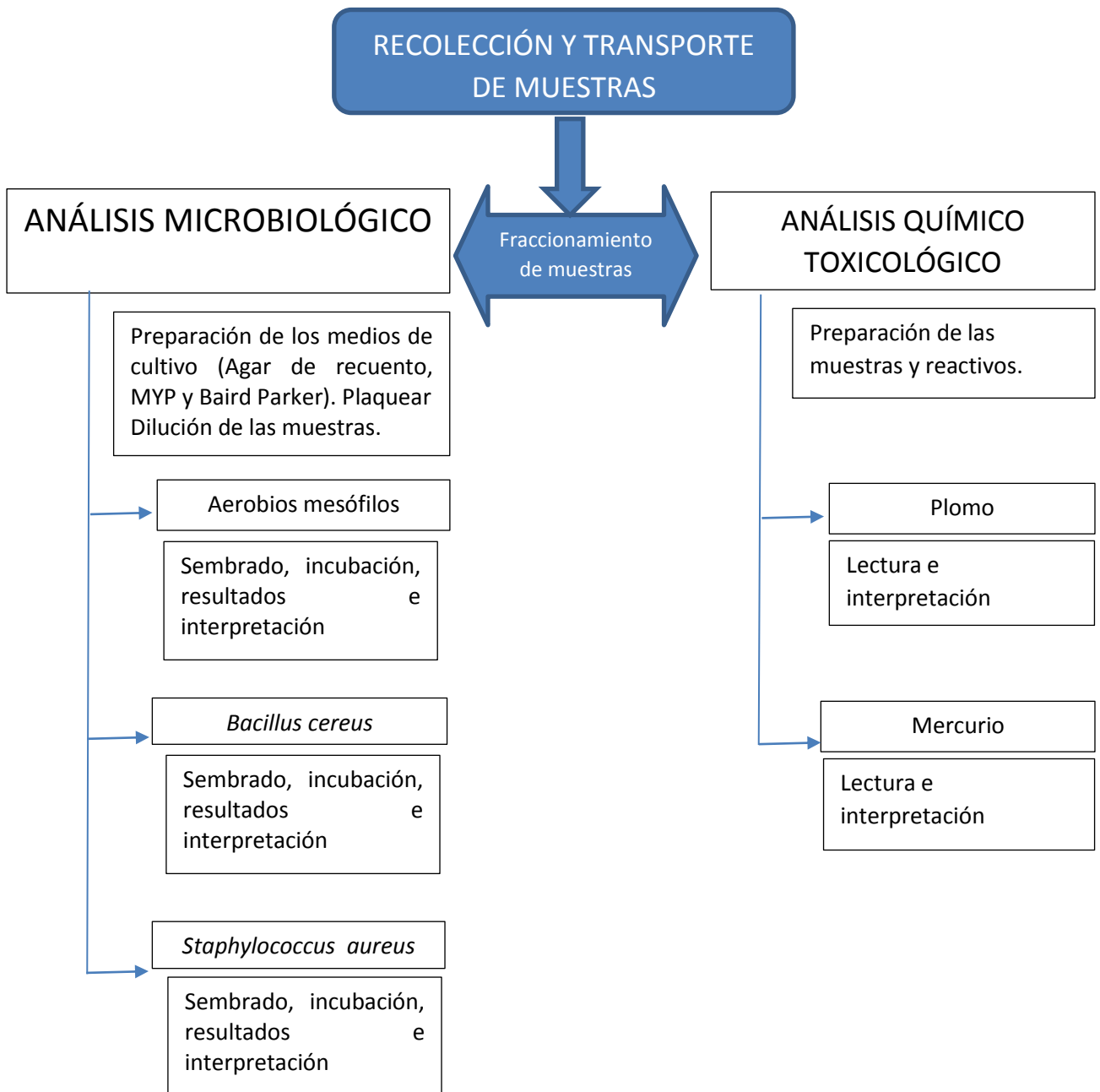


Figura 5. Flujograma de la Metodología

3.5.2 Determinación de microorganismos

3.5.2.1 Reactivos

Anexo 2

3.5.2.2 Materiales

Anexo 3

3.5.2.3 Equipos

Anexo 4

3.5.2.4 Preparación de las diluciones

Se diluyó un 1 mL de la muestra de leche en 9 mL de agua peptonada al 0,1 % (dilución 10^{-1}). Se realizaron siete diluciones decimales sucesivas, transfiriendo 1 mL de la dilución anterior hasta la dilución 10^{-7} .

3.5.2.5 Determinación de aerobios mesófilos

Posteriormente se pipeteó 1 mL de las diluciones 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} en cada placa Petri, conteniendo el agar de recuento, apropiadamente rotulado. Luego de solidificar por unos momentos, las placas se incubaron 35 °C por 48 +/- 2 horas para determinar la presencia de aerobios mesófilos.

Según BAM Capítulo 3: Aeróbicos Recuento. ⁽¹⁸⁾

3.5.2.6 Determinación de *Bacillus cereus*

Se pipeteó 1 mL de las diluciones 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} en cada placa Petri, conteniendo el agar selectivo para *Bacillus cereus* (MYP, previamente reconstituido en laboratorio), debidamente rotulado. Luego de solidificar por

unos momentos, las placas se incubaron 30 °C por 18 - 24 horas para determinar la presencia de *Bacillus cereus*.

Según BAM Capítulo 14 *Bacillus cereus*.⁽¹⁸⁾

3.5.2.7 Determinación de *Staphylococcus aureus*

Se pipeteó 1 mL de las diluciones 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7} en cada placa Petri, conteniendo el agar Baird Parker (previamente reconstituido en laboratorio), apropiadamente rotulado. Luego de solidificar por unos momentos, las placas se incubaron 35 – 37 °C por 45 - 48 horas para determinar la presencia de *Staphylococcus aureus*.

Según BAM Capítulo 14 *Staphylococcus aureus*.⁽¹⁸⁾

3.5.3 Determinación de metales

3.5.3.1 Reactivos

Anexo 5

3.5.3.2 Materiales

Anexo 6

3.5.3.3 Equipos

Anexo 7

3.5.3.4 Preparación de la muestra

La muestra (15 g) se pesa en crisoles de porcelana, limpios y secos, y se lleva a la estufa a 100 °C para evaporar el líquido, por unas tres horas. Luego se aumenta la temperatura a 150 °C por unas horas más, y se lleva a una mufla a calcinar a 650 °C. Cuando las cenizas estén completamente blancas, la muestra es sometida a una digestión ácida con 3 mL de HNO₃ (CC) y se lleva a calentamiento a 90 °C en una plancha eléctrica. Llevar hasta sequedad, y se agrega ácido en caso la solución conserve aún alguna coloración. Una vez la solución haya aclarado, se lleva a sequedad, se deja enfriar, se disuelve en agua, se filtra y se lleva a un volumen de 25 mL en un matraz volumétrico con agua desionizada.

3.5.3.5 Medición

Se encendió el equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-6800, así como también el horno de grafito 6FA-EX7 con inyector automático (autosampler) y la computadora, se colocó la lámpara de cátodo hueco de plomo. Siguiendo el procedimiento de operación del horno de grafito GFA-600, se verifico la calibración del instrumento, asegurando el alineamiento del autosampler antes de iniciar la corrida analítica. Usando el control manual del brazo muestreador, se hizo balancear el brazo sobre el tubo de grafito, sin tocar el borde del hueco.

Luego se colocó en el autosampler, el estándar de trabajo de 20 µg/L, blanco reactivo y las muestras a los viales previamente identificados y enumerados correspondientemente. Programar la calibración automática y chequear la curva de calibración.

3.5.3.6 Preparación de estándares de plomo y mercurio

Para preparar un estándar patrón del metal de 100 mg/L, se midió 10 mL del estándar certificado de 1000 mg/L y se contuvo en una fiola de 100 mL, luego se enrasó con agua ultrapura. El estándar tiene una duración de seis meses.

Para el estándar de 10 mg/L: se midió 10 mL del estándar de 100 mg/L y luego se llevó a una fiola de 100 mL, para enrasar con el diluyente. Este estándar tiene una duración de tres meses.

Para el estándar de 1 mg/L: se midió 10 mL del estándar de 10 mg/L y luego se llevó a una fiola de 100 mL, para enrasar con el diluyente. Tiene una duración de una semana.

Para el estándar de 20 µg/L: se midió 2 mL del estándar de 1 mg/L y luego se llevó a una fiola de 100 mL, para enrasar con el diluyente. Se tiene que preparar diariamente.

3.5.3.7 Plomo

Los estándares de calibración obtenidos son de 4 µg/L, 8 µg/L, 12 µg/L, 16 µg/L, 18 µg/L. El equipo prepara automáticamente estos estándares a partir de estándar de 20 µg/L. Se preparó un blanco de calibración con agua ultrapura, siguiendo el procedimiento anterior.

3.5.3.7.1 Curva de Calibración:

Cuadro 7. Absorbancias de los patrones de plomo

Concentración (ppb)	Absorbancia
4.0000	0.0101
8.0000	0.0158
12.0000	0.0219
16.0000	0.0286
18.0000	0.0313

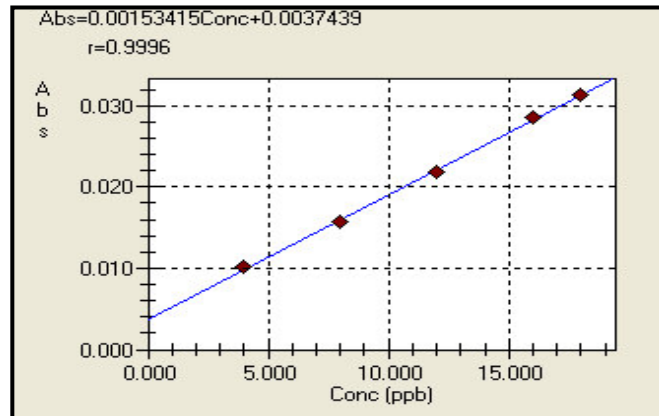


Figura 6. Curva de calibración para cuantificar plomo en leche.

Programar el análisis de las muestras y constatar los resultados.

3.5.3.7.2 Condiciones instrumentales para análisis de plomo por horno de grafito:

- Longitud de onda: 283,3 nm.
- Slit: 0,5
- Se usa corrección de fondo (background)
- Medida de señal: Área del pico (A-As)
- Tubo de grafito con plataforma
- Volumen de muestra: 20 μ L
- Temperatura programada del horno de grafito:

Temperatura de secado: 120 °C

Temperatura de pre tratamiento: 800 °C

Temperatura de atomización: 2400 °C

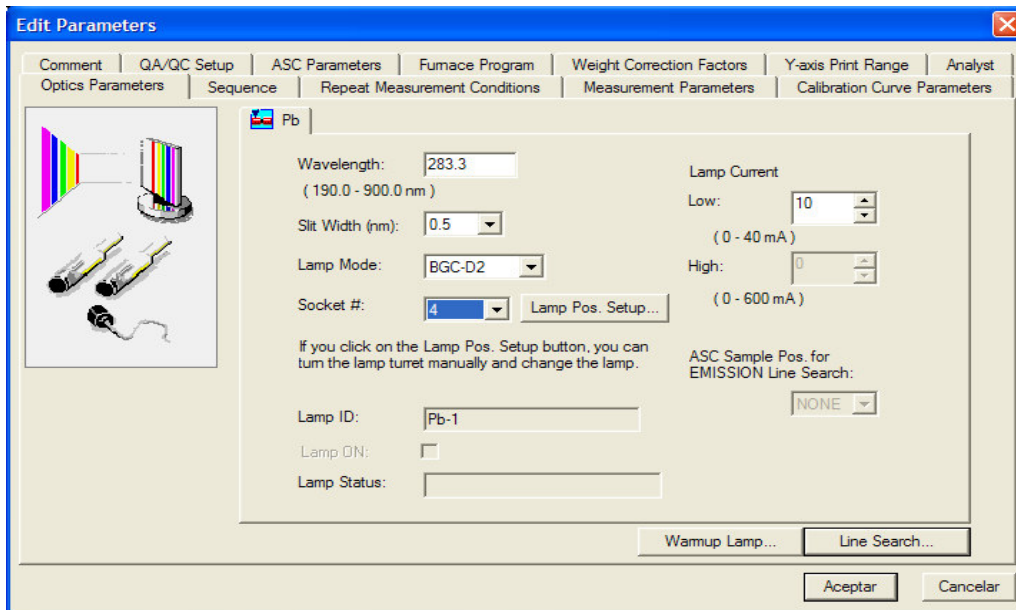


Figura 7. Condiciones ópticas para la medición de Pb por horno de grafito

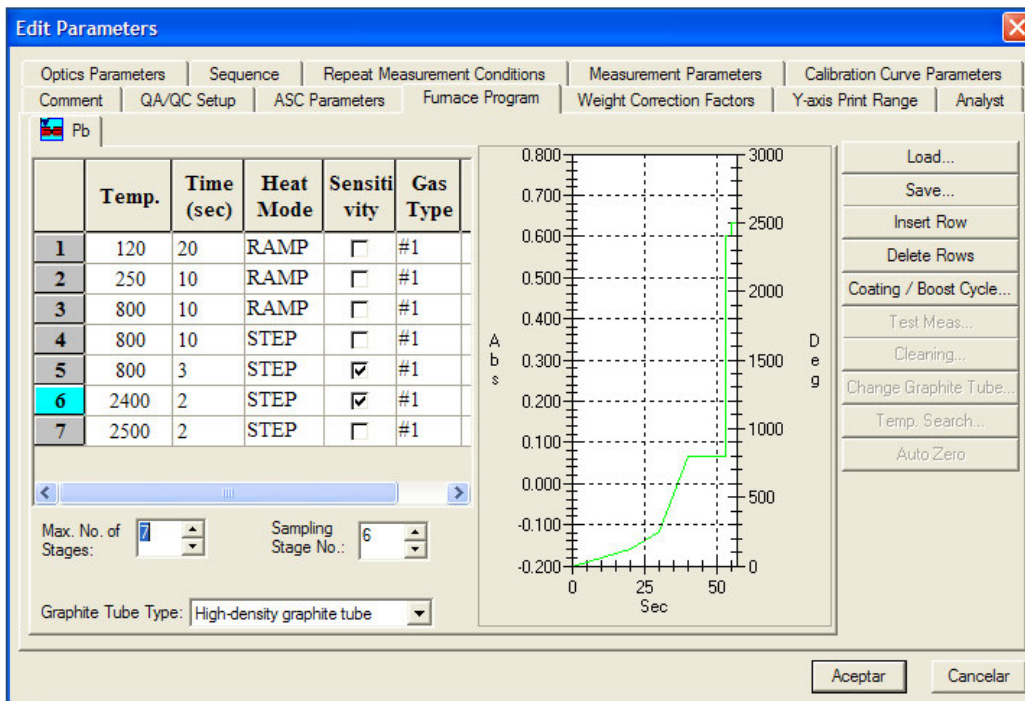


Figura 8. Programa de temperatura para la medición de Pb por horno de grafito

3.5.3.8 Mercurio

Los estándares de calibración obtenidos son de 10 µg/L, 20µg/L 40 µg/L. El equipo prepara automáticamente estos estándares a partir de estándar de 20 µg/L. Se preparó un blanco de calibración con agua ultrapura, siguiendo el procedimiento anterior.

3.5.3.8.1 Curva de calibración:

Cuadro 8. Absorbancias de los patrones de mercurio

Concentración (ppb)	Absorbancia
10.0000	0.0036
20.0000	0.0041
40.0000	0.0049

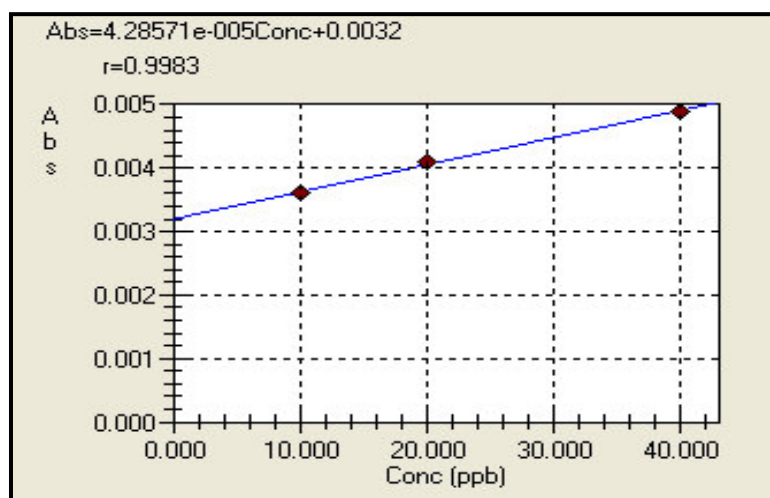


Figura 9. Curva de calibración para cuantificar mercurio en leche.

3.5.3.8.2 Condiciones instrumentales para el análisis de mercurio por horno grafito:

- Longitud de onda: 253,7nm.

- Slit: 0,5
- Se usa corrección de fondo (background)
- Medida de señal: Área del pico (A-As)
- Temperatura programada del horno de grafito:
 - Temperatura de secado: 100 °C
 - Temperatura de pre tratamiento: 250 °C
 - Temperatura de atomización: 1000 °C
- Volumen de muestra: 20 µL.

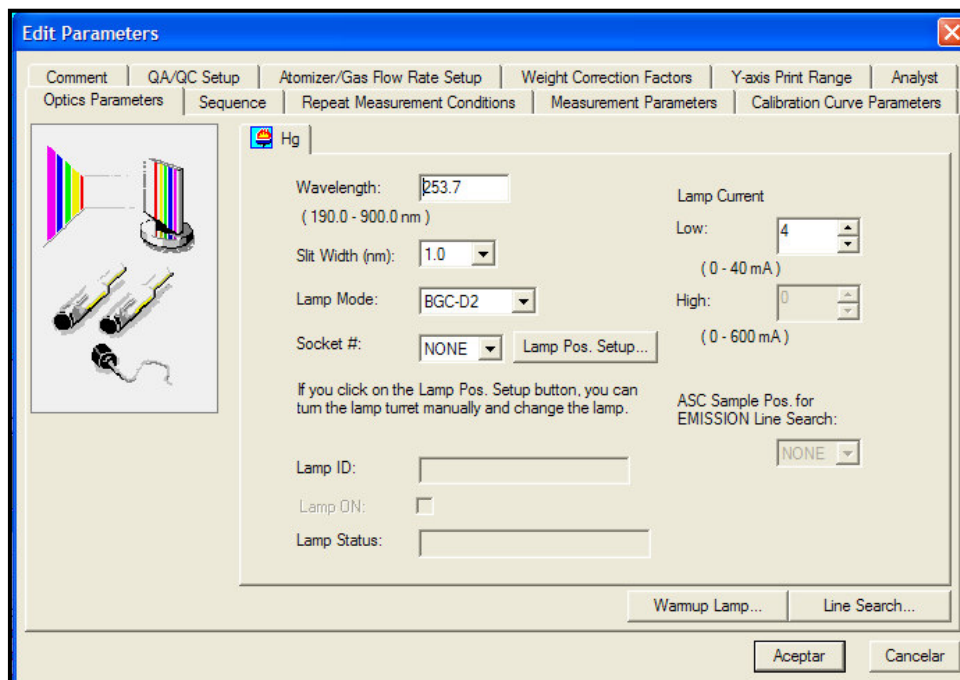


Figura 10. Parámetros ópticos para la medición de Hg por horno de grafito

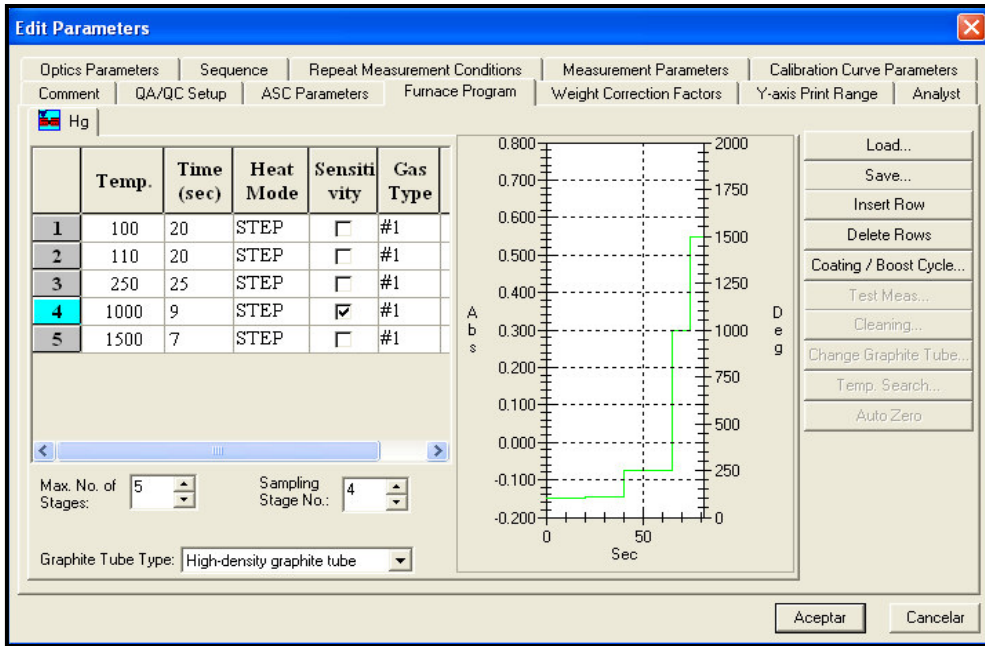


Figura 11. Programa de temperatura para la medición de Hg por horno de grafito

IV. RESULTADOS

Cuadro 9. Recuento microbiológico en leche de cuatro establos del distrito de Puente Piedra, Lima. 2016.

ESTABLOS DE PUENTE PIEDRA	N° Muestra	Aerobios mesófilos (UFC x 10 ⁷ /mL)	<i>Bacillus cereus</i> (UFC/mL)	<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC x 10 ⁴ /mL)
Establo	M1	>250	Ausencia	17
	M2	>250	Ausencia	52
	M3	>250	Ausencia	8
	M4	41	Ausencia	150
	M5	0,074	Ausencia	1
	M6	>250	Ausencia	21
	M7	1,6	Ausencia	7
	M8	0,85	Ausencia	5
	M9	1,3	Ausencia	1
	M10	8,3	Ausencia	1
Promedio		8,9		26
Heidy	H1	>250	Ausencia	2
	H2	>250	Ausencia	2
	H3	280	Ausencia	190
	H4	>250	Ausencia	1
	H5	1	Ausencia	19
	H6	1,6	Ausencia	3
	H7	4,1	Ausencia	<1
	H8	20	Ausencia	1
	H9	0,2	Ausencia	<1
	H10	3	Ausencia	8
Promedio		44		9
Rosa Luz	R1	52	Ausencia	22
	R2	>250	Ausencia	120
	R3	82	Ausencia	3
	R4	72	Ausencia	17
	R5	26	Ausencia	9
	R6	57	Ausencia	7
	R7	100	Ausencia	18
	R8	16	Ausencia	60
	R9	1	Ausencia	20
	R10	30	Ausencia	25
Promedio		48		30
Sauce	S1	0,02	Ausencia	6
	S2	59	Ausencia	60
	S3	130	Ausencia	1200
	S4	10	Ausencia	3
	S5	27	Ausencia	1
	S6	37	Ausencia	1
	S7	300	Ausencia	1
	S8	42	Ausencia	6
	S9	4	Ausencia	1
	S10	100	Ausencia	17
Promedio		71		129

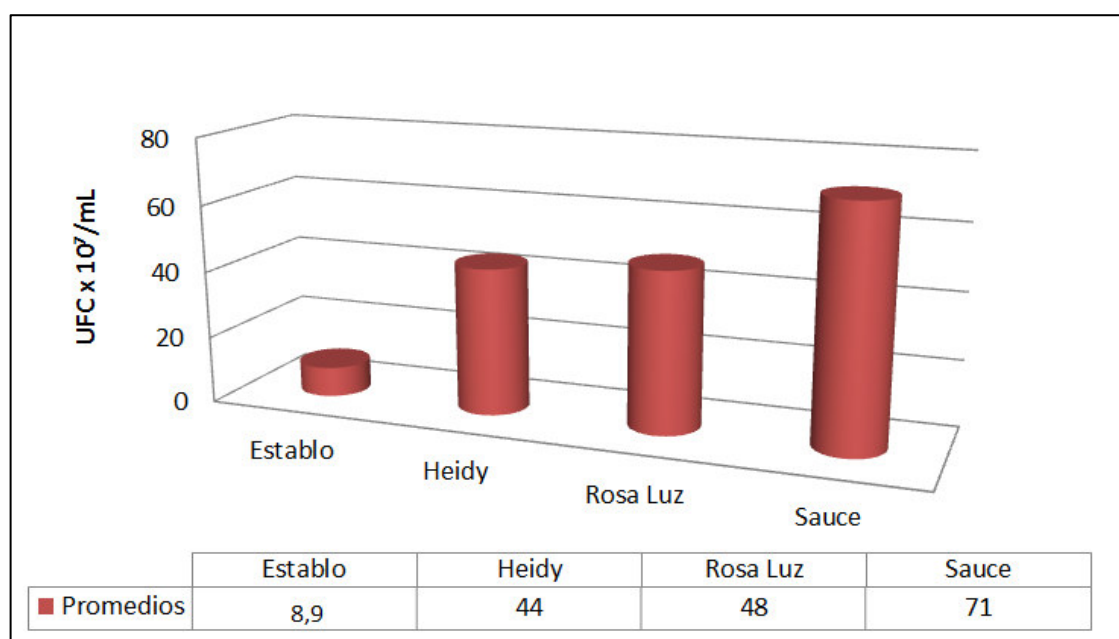
Se observa la presencia de aerobios mesófilos y *Staphylococcus aureus* en todas las muestras, y la ausencia de *Bacillus cereus*.

Cuadro 10. Concentraciones medias de microorganismos en cuatro establos del distrito de Puente Piedra.

ESTABLOS	Promedios		
	Aerobios mesófilos	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus cereus</i>
	UFC x 10 ⁷ /mL	UFC x10 ⁴ /mL	UFC /mL
Establo	8,9	26	Ausencia
Heidy	44	9	Ausencia
Rosa Luz	48	30	Ausencia
Sauce	71	129	Ausencia
[] MEDIA	42,975	48,5	Ausencia
Reglamento peruano / NTE	0,1	0,01	Ausencia

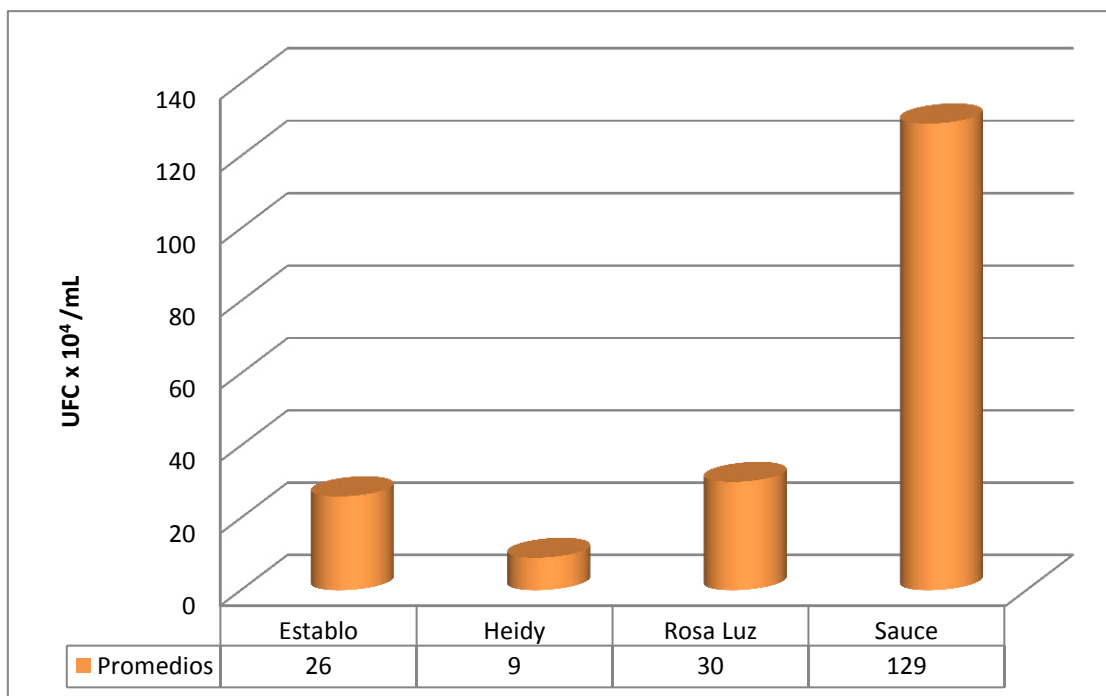
Cuyas concentraciones medias de aerobios mesófilos y *Staphylococcus aureus* supera en gran manera el límite permitido por la normatividad.

Gráfico 1. Valores promedios de microorganismos aerobios mesófilos en leche de cuatro establos del distrito de Puente Piedra.



Obteniéndose el mayor valor promedio de aerobios mesófilos en el establo “Sauce” y el menor, en “Establo”. Todos los promedios superan el límite máximo establecido por la reglamentación peruana.

Gráfico 2. Valores promedios de *Staphylococcus aureus* en leche de cuatro establos del distrito de Puente Piedra.



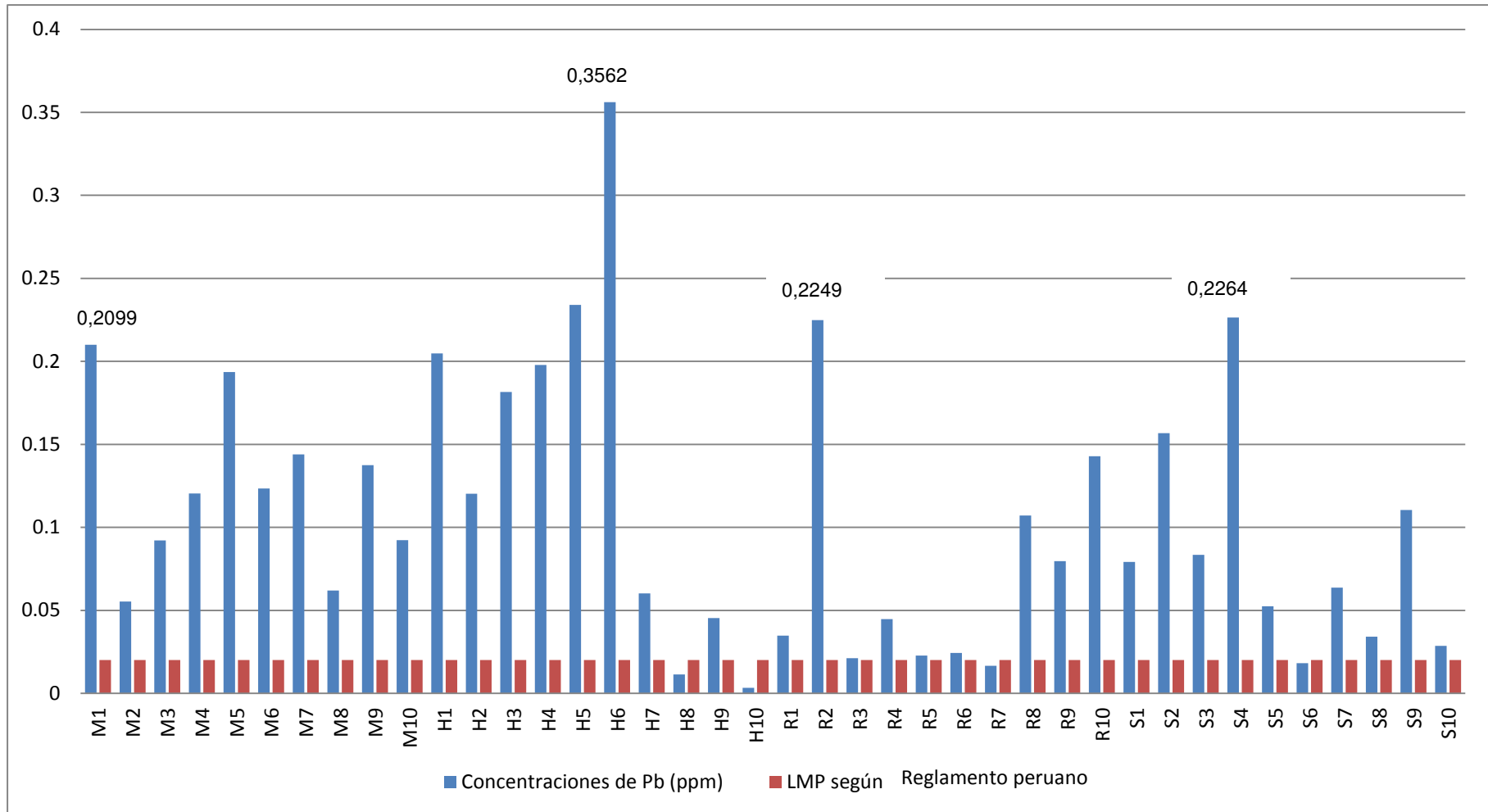
El mayor promedio corresponde al establo “Sauce”, en tanto que el establo que presenta la menor concentración es “Heidy”. Todos los promedios superan el límite establecido por la NTE.

Cuadro 11. Concentración de Plomo y Mercurio en ppm (mg/L) en leche cruda de cuatro establos del distrito de Puente Piedra, Lima, 2016.

ESTABLO	MUESTRA	PLOMO		MERCURIO	
		Resultado (en ppm)	LMP según Reglamento peruano (en ppm)	Resultado (en ppm)	LMP según Norma Técnica Ecuatoriana (en ppm)
Establo	M1	0,2099844	0,02	0,0063234	0,005
	M2	0,0552339	0,02	0,0036631	0,005
	M3	0,0921123	0,02	0,007659	0,005
	M4	0,1204578	0,02	0,009137	0,005
	M5	0,193615	0,02	0,0090118	0,005
	M6	0,1234339	0,02	0,0053454	0,005
	M7	0,1438732	0,02	0,0035442	0,005
	M8	0,0619344	0,02	0,0067774	0,005
	M9	0,1373972	0,02	0,008689	0,005
	M10	0,0922496	0,02	0,005996	0,005
Promedio		0,12302917	0,02	0,00661463	0,005
Heidy	H1	0,2047045	0,02	0,0057229	0,005
	H2	0,1202365	0,02	0,0078444	0,005
	H3	0,1815308	0,02	0,0041359	0,005
	H4	0,1978706	0,02	0,0051511	0,005
	H5	0,2340024	0,02	0,007809	0,005
	H6	0,3562157	0,02	0,0072348	0,005
	H7	0,0602356	0,02	0,0061475	0,005
	H8	0,0113304	0,02	0,0060451	0,005
	H9	0,0452785	0,02	0,0077909	0,005
	H10	0,0033162	0,02	0,0066613	0,005
Promedio		0,14147212	0,02	0,00645429	0,005
Rosa Luz	R1	0,0346878	0,02	0,0082801	0,005
	R2	0,224894	0,02	0,0041142	0,005
	R3	0,0211171	0,02	0,0087251	0,005
	R4	0,0447893	0,02	0,0091574	0,005
	R5	0,0226797	0,02	0,0085766	0,005
	R6	0,0243851	0,02	0,0037198	0,005
	R7	0,0166604	0,02	0,007082	0,005
	R8	0,1071939	0,02	0,0072952	0,005
	R9	0,0796124	0,02	0,0035115	0,005
	R10	0,1428553	0,02	0,0038628	0,005
Promedio		0,0718875	0,02	0,00643247	0,005
Sauce	S1	0,0791683	0,02	0,0071747	0,005
	S2	0,1567551	0,02	0,0033752	0,005
	S3	0,0833938	0,02	0,005265	0,005
	S4	0,2264098	0,02	0,0058525	0,005
	S5	0,0524421	0,02	0,0054225	0,005
	S6	0,0182001	0,02	0,0054305	0,005
	S7	0,0636689	0,02	0,0094242	0,005
	S8	0,0341408	0,02	0,0049842	0,005
	S9	0,1104942	0,02	0,0053744	0,005
	S10	0,0285974	0,02	0,005423	0,005
Promedio		0,08532705	0,02	0,00577262	0,005

Todas las muestras presentan ambos metales, de las cuales la mayoría supera el límite máximo permitido por las entidades regulatorias.

Gráfico 3. Histograma de concentraciones de plomo en ppm (mg/L) en leche de cuatro establos de Puente Piedra.



Se observa que la mayoría de las muestras (90 %) superan en gran manera el LMP (0.002 ppm)

Cuadro 12. Concentraciones medias de plomo (ppm) entre los cuatro establos de Puente Piedra.

ESTABLOS	MEDIAS	LMP Pb (Según Reglamento peruano)
Establo	0,12302917	0,02
Heidy	0,14147212	0,02
Rosa Luz	0,0718875	0,02
Sauce	0,08532705	0,02
PROMEDIO	0,10542896	0,02

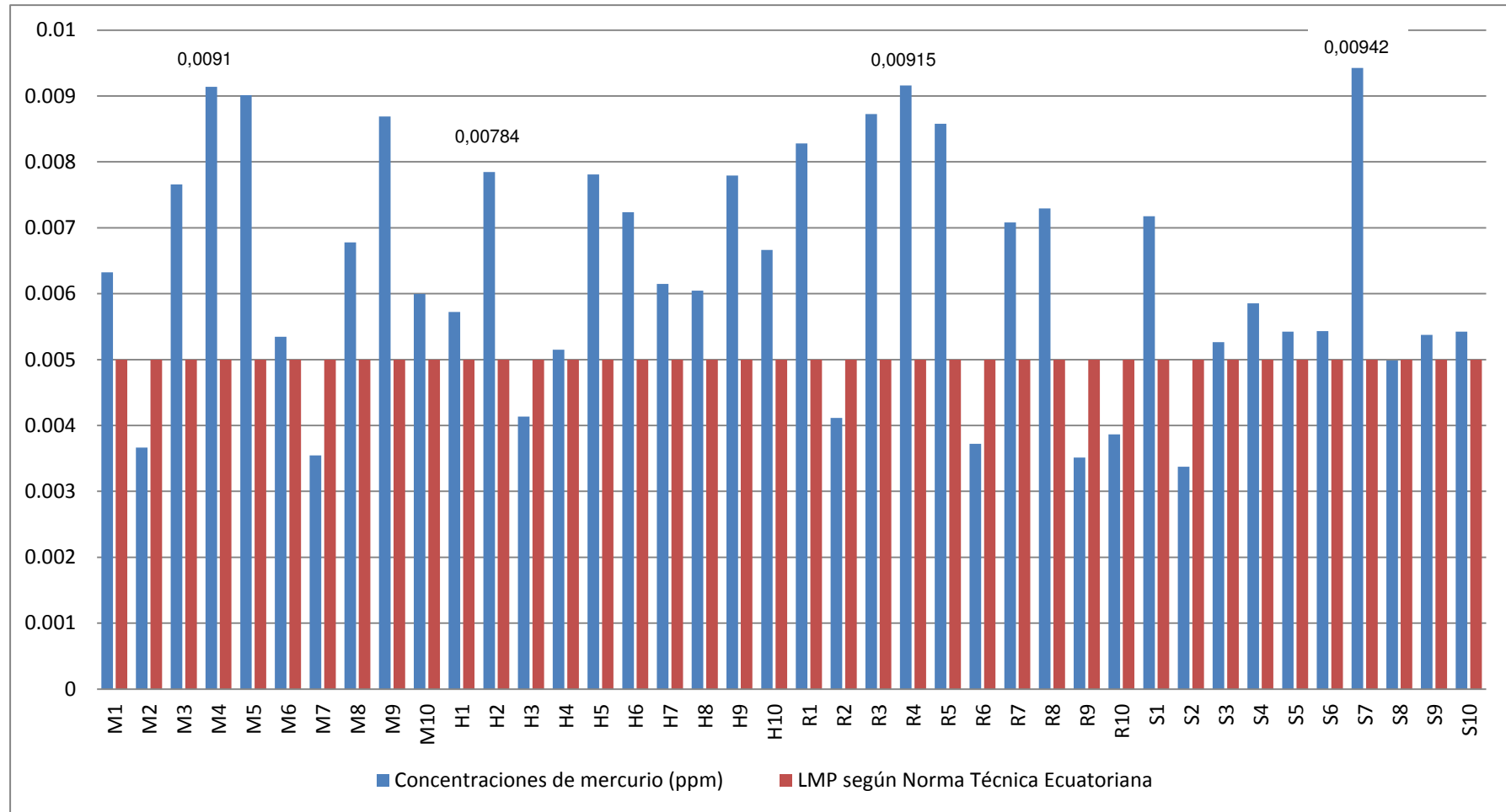
Se observa que el promedio total supera el Límite establecido por el Reglamento peruano en más de cinco veces.

Cuadro 13. Concentraciones medias de mercurio (en ppm) entre los cuatro establos de Puente Piedra.

ESTABLOS	MEDIAS	LMP de Hg (Según Norma Técnica Ecuatoriana)
Establo	0,00661463	0,005
Heidy	0,00645429	0,005
Rosa Luz	0,00643247	0,005
Sauce	0,00577262	0,005
PROMEDIO	0,0063185	0,005

Se observa que todos los promedios superan el LMP, y aun el promedio de los cuatro establos lo supera ligeramente.

Gráfico 4. Histograma de concentraciones de mercurio en ppm (mg/L) en leche de cuatro establos de Puente Piedra



Se observa que la mayor parte de las muestras (77,5 %) supera el LMP establecido por la NTE (0,005 ppm).

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS NIVELES DE PLOMO POR
COMPARACIÓN DE VARIANZAS (ANOVA)**

a) Hipótesis:

Ho: No hay diferencia significativa en la concentración promedio de plomo entre los 4 grupos.

H1: Hay diferencia significativa en la concentración promedio de mercurio en al menos un grupo.

b) Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Cuadro 14. Análisis estadístico de varianzas (ANOVA)

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
ESTABLO	10	1,2302917	0,1230	0,0026
HEIDY	10	1,4147212	0,1415	0,0129
ROSA LUZ	10	0,718875	0,0719	0,0047
SAUCE	10	0,8532705	0,0853	0,0042

Cuadro 15. Análisis de varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0314	3	0,0105	1,7197	0,1803	2,8662
Dentro de los grupos	0,2190	36	0,0061			
Total	0,2504	39				

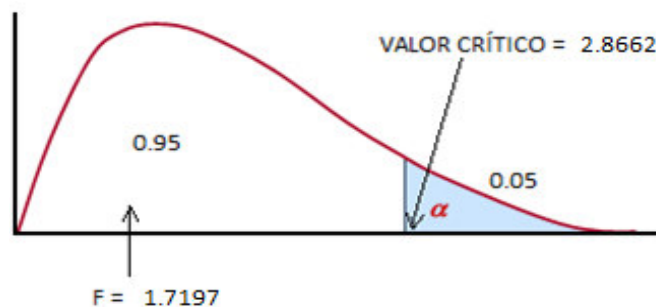


Figura 12. Regiones críticas y valor crítico

c) Decisión:

- El Valor Crítico es mayor que F (Estadístico de Prueba)
- El valor de $p=0,1803 > 0,05$

d) Conclusión:

Con una significancia de 5 %, no hay diferencia significativa en la concentración promedio de mercurio entre los 4 grupos.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS NIVELES DE MERCURIO POR COMPARACIÓN DE VARIANZAS (ANOVA)

a) Hipótesis:

H_0 : No hay diferencia significativa en la concentración promedio de mercurio entre los 4 grupos.

H_1 : Hay diferencia significativa en la concentración promedio de mercurio en al menos un grupo.

b) Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Cuadro 16. Análisis estadístico de varianzas (ANOVA)

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
ESTABLO	10	0,0661463	0,0066	4,19406E-06
HEIDY	10	0,0645429	0,0065	1,56399E-06
ROSA LUZ	10	0,0643247	0,0064	5,5252E-06
SAUCE	10	0,0577262	0,0058	2,49484E-06

Cuadro 17. Análisis de varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4,17106E-06	3	1,39035E-06	0,4036	0,7513	2,8663
Dentro de los grupos	0,000124003	36	3,44453E-06			
Total	0,000128174	39				

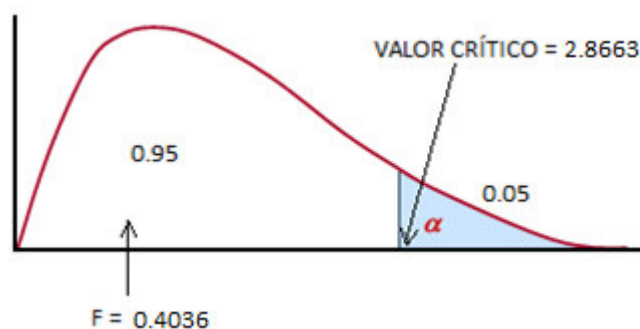


Figura 13. Regiones críticas y valor crítico

c) Decisión:

- El Valor Crítico es mayor que F (Estadístico de Prueba)
- El valor de $p=0,7513 > 0,05$

d) Conclusión:

Con una significancia de 5 %, no hay diferencia significativa en la concentración promedio de mercurio entre los 4 grupos.

PRUEBA DE T-STUDENT ENTRE LOS VALORES HALLADOS DE PLOMO Y EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE

HIPÓTESIS

Ho: existen diferencias significativas entre los valores hallados de plomo y el límite máximo permisible.

H1: no existen diferencias significativas entre los valores hallados de plomo y el límite máximo permisible.

Cuadro 18. Comparación de los valores de plomo obtenido y el límite máximo permisible.

	Concentración de plomo	Límite Permisible	Máximo
Media	0,1054ppm	0,02ppm	
Varianza	0,0064	0	
Observaciones	40	40	
Diferencia hipotética de las medias	0		
Grados de libertad	39		
Estadístico t	6,7437		
P(T<=t) una cola	2,41381E ⁻⁰⁸		

Si $p < 0.05$ existen diferencias significativas

Conclusión: $p = 2,41381E^{-08} \rightarrow$ Se acepta Ho, por lo tanto existen diferencias significativas.

PRUEBA DE T-STUDENT ENTRE LOS VALORES HALLADOS DE MERCURIO Y EL LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE

HIPÓTESIS

Ho: existen diferencias significativas entre los valores hallados de mercurio y el límite máximo permisible.

H1: no existen diferencias significativas entre los valores hallados de mercurio y el límite máximo permisible.

Cuadro 19. Comparación de los valores de mercurio obtenido y el límite máximo permitido

	Concentración de plomo	Límite Permisible	Máximo
Media	0,006318503	0,005	
Varianza	3,28651E ⁻⁰⁶	0	
Observaciones	40	0	
Diferencia hipotética de las medias	0		
Grados de libertad	39		
Estadístico t	4,5998		
P(T<=t) una cola	2,19369E ⁻⁰⁵		

Si $p < 0.05$ existen diferencias significativas

Conclusión: $p = 2,19369E^{-05} \rightarrow$ Se acepta Ho, por lo tanto existen diferencias significativas.

V. DISCUSIÓN

En el Perú, el actual Reglamento de leche y productos lácteos establece los límites físico-químicos, microbiológicos y de contaminantes, que la leche cruda debe cumplir para garantizar la seguridad alimentaria, inocuidad y nutrición de los consumidores en general. De acuerdo con este reglamento, se establece el límite para aerobios mesófilos ($1,0 \times 10^6$ UFC/mL), y coliformes ($1,0 \times 10^3$ UFC/mL), y para plomo (0,02 ppm). Para los otros microorganismos evaluados se tomó como referencia los límites descritos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 9 (en ausencia de normatividad peruana para estos microorganismos). Asimismo se hace referencia a la NTE 0009:2008 con respecto al límite de mercurio en leche, ya que en el Codex alimentarius solo se menciona este límite en alimentos marinos.

Los resultados de esta investigación han determinado la presencia de microorganismos aerobios mesófilos y *Staphylococcus aureus* en 40 muestras de leche, provenientes de cuatro establos de Puente Piedra; en tal sentido se puede apreciar la distribución y es igual 25 % (10/40) de cada uno. No se ha encontrado *Bacillus cereus* en ninguna de las muestras evaluadas.

El recuento de bacterias aerobios mesófilos y *Staphylococcus aureus* permite valorar la calidad higiénica de la leche, la misma que está relacionada con los factores de calidad del agua utilizada en la explotación lechera, la higiene en el ordeño, la limpieza del personal ordeñador, el lavado de los equipos y utensilios que están en contacto con la leche ⁽⁹⁾; según la normatividad peruana, la leche cruda puede contener hasta $1,0 \times 10^6$ UFC/mL en bacterias aerobias mesófilas y según la NTE INEN 9, puede contener hasta $1,0 \times 10^2$ UFC/mL en *Staphylococcus aureus*. Los resultados muestran que 38 muestras

(38/40) superan los límites en ambos recuentos, las cuales representan el 95 % del total de muestras (Cuadro 9) con una concentración media de 43×10^7 UFC/mL para aerobios mesófilos y una concentración media de 49×10^4 UFC/mL para *Staphylococcus aureus* (Cuadro 10). Los resultados muestran que todos los establos presentan elevados recuentos tanto de aerobios como de *Staphylococcus aureus*: Sauce (71×10^7 UFC/mL y $12,9 \times 10^5$ UFC/mL, respectivamente) presentó el mayor promedio seguido de Rosa Luz (48×10^7 UFC/mL y 30×10^4 UFC/mL, respectivamente), Heidy (44×10^7 UFC/mL y 9×10^4 UFC/mL, respectivamente) y Establo ($8,9 \times 10^7$ UFC/mL y 26×10^4 UFC/mL, respectivamente) (Gráfico 1 y 2). Estos valores microbianos altos se pueden deber a la vía mamaria, donde los microorganismos alcanzan la ubre pudiendo contaminar la leche antes o después del ordeño: adhiriéndose a la piel de la ubre y posterior al ordeño entran a través del esfínter del pezón; y por el medio externo, mediante las malas prácticas de ordeño.⁽⁹⁾ En general se puede decir que la calidad de leche en Puente Piedra es deficiente, ya que supera los resultados obtenidos en un estudio realizado en la región de Puno en el año 2015⁽⁹⁾, donde se obtuvo una concentración media de $0,49 \times 10^7$ UFC/mL para aerobios mesófilos, superando también el límite dado por el reglamento peruano. Otro estudio realizado en Puno en el año 2013⁽³³⁾, evidenció la presencia de microorganismos en las manos, pezón, pezonera, franela y agua antes del ordeño (*Escherichia Coli* 83,33 %, *St. epidermidis* 50 %, *Enterobacter sp* 33,3 % y *Bacillus sp* 33,3 %) y después del mismo (*Escherichia Coli* 100 %, *St. aureus* 66,7 %, *St. epidermidis* 66,7 %, *Streptococcus sp* y *Enterobacter sp* en un 33,3 %), concluyendo que los utensilios, equipos, animales y ordeñador influyen en la contaminación de la

leche en el proceso de ordeño cuando hay ausencia de higiene, esto sumado a la multiplicación que sufren las bacterias debido a que la leche es un excelente medio de cultivo para la mayoría de microorganismos. La leche contaminada se puede constituir en un vehículo de transmisión de enfermedades transmisibles de animales a personas, causadas por los microorganismos patógenos o sus toxinas, convirtiéndose en un problema de salud pública, que pueden conllevar a la aparición de infecciones y/o intoxicaciones alimentarias. ⁽¹⁴⁾

En el presente estudio se determinó que la concentración media de plomo en las 40 muestras de leche es 0,1054 ppm, que fluctúan entre 0,3562 ppm y 0,0033 ppm, de las cuales 36 muestras superan el límite dado por el reglamento peruano (0,02 ppm), correspondiendo al 90 % del total de muestras analizadas (Gráfico 3). En el Cuadro 11, se puede apreciar que el promedio de concentraciones de plomo de todas las muestras supera los límites establecidos por el reglamento. Para determinar si existe una diferencia significativa se realizó la prueba de *T-student* mediante el programa SPSS v22, comparando la media de las concentraciones de plomo (0,1054 ppm) con el límite establecido por el Reglamento peruano, obteniendo como resultado que sí existen diferencias significativas entre ambos valores (valor $p=2,41381E^{-08}$, $p < 0,05$).

Con respecto al mercurio se determinó una concentración media de 0,0063 ppm, que fluctúan entre 0,0094 ppm y 0,0034 ppm, de las cuales 31 muestras superan el límite establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana 0009:2008 (0,005 ppm), correspondiendo al 77,5 % del total de muestras analizadas (Gráfico 4). En la Cuadro 11 también se puede apreciar que el promedio de concentraciones de mercurio de las 40 muestras supera los límites

establecidos por la NTE. Para determinar si existe una diferencia significativa entre ambos resultados se realizó la prueba de *T-student* mediante el programa SPSS v22, comparando la media de las concentraciones de mercurio (0,006318503 ppm) con el límite establecido por la NTE, obteniendo como resultado que sí existen diferencias significativas entre ambos valores (valor $p=2,19369E^{-05}$, es $< 0,05$).

El porcentaje de concentración de plomo es elevado, pero no tanto, comparado con un estudio realizado en Puno en el año 2015 ⁽³²⁾, donde se obtuvo una concentración promedio de plomo de 0,21 ppm (que oscila entre 0,27 ppm y 0,18 ppm), superando todas sus muestras el límite máximo permisible. El plomo ingerido por vía gastrointestinal es absorbido entre el 10 y 15 % en adultos, el 50 % en niños, cuya absorción es mayor cuando hay deficiencia de proteínas y micronutrientes como el hierro, calcio y zinc; los efectos se manifiestan principalmente por su neurotoxicidad: retraso del desarrollo psicomotor y anemia hemolítica. En ese mismo estudio se obtuvo una concentración media de mercurio de 0,0028 ppm (que oscila entre 0,0035 ppm y 0,0024 ppm), el cual no supera la NTE. El mercurio orgánico que ingresa al organismo se absorbe del 90 al 95 % en el tracto gastrointestinal, lo que contribuiría en su almacenamiento en los tejidos del animal y el hombre; su intoxicación crónica se manifiesta principalmente por su neurotoxicidad con apariencia normal, síndrome del bebe tranquilo, trastornos de ansiedad y pánico.

Para determinar si existe diferencia significativa en la concentración promedio de plomo y mercurio entre los cuatro establos estudiados se procedió a realizar el análisis estadístico por comparación de varianzas (ANOVA) mediante el

programa SPSS v22 (Cuadro 15 y 17) concluyendo que no hay diferencias significativas en la concentración promedio de plomo y mercurio entre los 4 establos, debido a que el valor $p=0.1803$ para el caso del plomo y valor $p=0,7513$ para el caso del mercurio superan el nivel de significancia $\alpha=0,05$, además los valores críticos son mayores que el valor F (Estadístico de Prueba) en ambos metales, confirmando la conclusión anterior.

En otro estudio, realizado en El Salvador en el año 2013 ⁽³⁴⁾, se analizó muestras de leche, donde se obtuvo presencia de plomo en un 94,44 % (17/18) del total de muestras analizadas, con un promedio de 1,537 ppm, cuyo valor supera enormemente los límites dados por el Codex Alimentarius. Esto como consecuencia de una contaminación por una fábrica de baterías cercana, u otros factores como el pasto, el suelo y el agua contaminados con dicho metal.

Comparando los resultados del metal plomo en los cuatro establos se tiene que el establo “Heidy” presentó la mayor concentración media de plomo (0,1415 ppm), en tanto que el establo “Rosa Luz” presentó la concentración media más baja (0,0719 ppm) de los cuatro (Cuadro 12). Esto puede deberse a que el primer establo es más industrializado y utiliza distintos materiales de ordeño, asimismo el contenedor para el almacenamiento temporal y los utensilios usados para venta son metálicos, añadido a que se ubica en una zona industrial en cuyos alrededores existen bastantes fábricas de: plásticos, colchones, cerámicos, de materiales de construcción como fierros, ferreterías, etc.(Anexo 13) En tanto, que “Rosa Luz”, es más artesanal e incluso informal, ya que el ordeño es manual frecuentemente, el contenedor y los utensilios son de plástico y el filtro de tela, y se ubica en una zona de viviendas, donde a lo mucho hay una fábrica de carbón en sus cercanías.(Anexo 14)

Otro estudio realizado en Ecuador en el año 2013 ⁽³⁵⁾, muestra como resultado que la concentración media de mercurio en las muestras fue de 0,011 ppm, cuyos valores máximos de 0,018 ppm exceden en 2,2 veces el límite establecido por la NTE 0009:2008. Este estudio explica como posible causa de dicha contaminación, la presencia de elevadas concentraciones de plomo en el agua que consume el ganado vacuno (0,006 ppm), así como el uso indiscriminado de medicamentos veterinarios, los cuales son elaborados a base de compuestos mercuriales.

Comparando los resultados del mercurio en los cuatro establos, se tiene que “Establo” presentó la mayor concentración media (0,0066 ppm) y “Sauce”, la menor concentración media (0,0058 ppm) (Cuadro 13). Dichos resultados pueden ser como consecuencia de la utilización de agua y/o alimentos contaminados con compuestos mercuriales, insecticidas y/o medicamentos veterinarios para el ganado vacuno del primer establo, así como la presencia de una industria de cemento cercana. En tanto que en “Sauce” es poco frecuente el uso de medicamentos veterinarios, y se encuentra ubicado terminando una zona residencial.

Estos resultados presentan elevados niveles de microorganismos y metales, como resultado de la escasa higiene y falta de control en la producción de leche de los establos estudiados; muestran el gran impacto en la salud pública que puede tener sobre todo en la población consumidora, que en su mayoría eran familias con gran cantidad de niños, los cuales son los más propensos a sufrir alguna intoxicación por el consumo de leche contaminada. Con esto se pretende dar a conocer a la comunidad, el peligro de consumir leche provenientes de dichos establos y a la vez contribuir con las entidades

competentes para que realicen una inspección exhaustiva de los establos que realizan venta al público en general. Asimismo, servirá de base para el inicio de otros estudios de investigación.

VI. CONCLUSIONES

1. La concentración media de aerobios mesófilos en las 40 muestras de leche fue 43×10^7 UFC/mL, oscilando entre la máxima de 3×10^9 UFC/mL y la mínima de 2×10^5 UFC/mL. Ambas concentraciones, máxima y mínima, corresponden a muestras del establo “Sauce”
2. La concentración media de *Staphylococcus aureus* en las 40 muestras de leche fue $48,5 \times 10^4$ UFC/mL, oscilando entre la máxima de 12×10^6 UFC/mL, que corresponde a “Sauce” y la mínima con ausencia de UFC, que corresponde a “Heidy”. No se observó presencia de *Bacillus cereus* en las 40 muestras analizadas
3. La concentración media de plomo en las 40 muestras de leche fue 0,1054 ppm, oscilando entre la máxima de 0,3562 ppm y la mínima de 0,0033 ppm; ambas concentraciones, máxima y mínima, corresponden a muestras de “Heidy”
4. La concentración media de mercurio en las 40 muestras de leche fue 0,0063 ppm, oscilando entre la máxima de 0,0094 ppm y la mínima de 0,0034 ppm; ambas concentraciones, máxima y mínima, corresponden a muestras de “Sauce”
5. Al comparar los recuentos obtenidos en las 40 muestras se determinó que 38 de estas superan tanto los límites de aerobios mesófilos como los de *Staphylococcus aureus*, establecido por el Reglamento de Leche y Productos Lácteos ($1,0 \times 10^6$ UFC/mL) y la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 9 ($1,0 \times 10^2$ UFC/mL), respectivamente; los cuales representan el 95 % del total de muestras analizadas. La comparación de concentraciones de plomo, arrojó que 36 muestras superan los límites

dados por el reglamento peruano (0,02 ppm), representando el 90 % del total de muestras; con respecto al mercurio, 31 muestras superan el límite establecido por la NTE 0009:2008 (0,005 ppm), los cuales representan el 77,5 % del total de muestras analizadas.

VII. RECOMENDACIONES

1. Que los establos analizados cuenten con un mejor programa de control microbiológico y químico, para garantizar la calidad de su producto.
2. Investigar la salud de la población cercana a los establos estudiados ya que se encuentran en mayor riesgo de contaminación, sobretodo la población infantil de la zona.
3. Se recomienda que las entidades competentes establezcan normas nacionales para la determinación de metales pesados en los productos lácteos, solo existen normas internacionales que nos brindan directrices para el control de metales pesados y microorganismos.
4. Analizar otros productos lácteos que provienen de dichos establos para descartar cualquier fuente de contaminación alimentaria. Asimismo realizar un estudio adicional a todos los materiales y/o fuentes de posible contaminación (agua, alimentos del ganado vacuno, medicinas veterinarias, suelos, etc.) y si es posible extenderse a otros establos contiguos.
5. Se recomienda que las entidades competentes realicen una mayor inspección y seguimiento de los lugares de venta de leche al público, puesto que se trata de un tema de salud pública.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Reyes B, Soltero S. Microbiología de la leche cruda de vaca. [Internet] Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y su Derivados (COFOCALEC) México, 2007 [Citado 2 junio 2014] Disponible en:

<http://cofocalec.org.mx/docs/Microbiologia%20de%20la%20leche%20cruda%20de%20vaca.pdf>
2. Mossel D, Moreno B, Struijck CB. Vigilancia o comprobación microbiológica de los alimentos. Microbiología de los alimentos. Zaragoza, Acribia; 2003.
3. Signorini M, Sequeira G, Bonazza J, Dalla R, Marti L. Utilización de Microorganismos marcadores para la evaluación de las condiciones higiénico –sanitarias en la producción primaria de leche. Rev FCV-LUZ. 2008; 18(2):207-217.
4. Instituto Nacional de Salud. Perfil de riesgo *Bacillus cereus* en alimentos listos para consumo no industrializados [Internet] Colombia; 2011 [citado 15 junio 2014]. Disponible en: <http://www.ins.gov.co/lineas-deaccion/investigacion/ueria/Publicaciones/PERFIL%20BACILLUS%20CEREUS.pdf>.
5. González M, Montaña J. Metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea (UE). Rev Colom Cienc Pecua [Internet]. 2009 [citado 30 mayo 2014]; 22(3). Disponible en:

[http://www.researchgate.net/publication/48221639_Determinacion_de_metales_pesados_\(mercurio_cadmio_cromo_plomo_niquel\)_en_leches_pasteurizadas_expendidas_en_el_municipio_autnomo_Girardot_de_la_ciudad_de_Maracay](http://www.researchgate.net/publication/48221639_Determinacion_de_metales_pesados_(mercurio_cadmio_cromo_plomo_niquel)_en_leches_pasteurizadas_expendidas_en_el_municipio_autnomo_Girardot_de_la_ciudad_de_Maracay)

6. Fuentes H, Sánchez E, Rodríguez M, Vidales A. Metales pesados en leche cruda de bovino. Rev RESPYN. [Internet]. 2005 [citado 30 mayo 2014]; 6(4):4. Disponible en: <http://www.respyn.uanl.mx/vi/4/articulos/metales.html>
7. El mercurio y la salud. [Internet]. Organización Mundial de la Salud. Ginebra; 2011 [citado 25 marzo 2014]. Disponible en: http://www.who.int/phe/chemicals/faq_mercury_health/es/
8. Intoxicación por plomo y salud. [Internet]. Organización Mundial de la Salud. Ginebra; 2013. [citado 30 mayo 2014]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>
9. Brousett M, Torres A, Chambi A, Mamani B, Gutiérrez H. Calidad fisicoquímica, microbiológica y toxicológica de leche cruda en las cuencas ganaderas de la región de Puno-Perú. Scie Agro. 2015; 6(3):165-176.
10. Ministerio de Agricultura y Riego. Decreto Supremo N° 007-2017-MINAGRI. Mediante el cual que aprueba el Reglamento de la Leche y Productos lácteos. El Peruano. 2017 Jun 30 [Internet][citado 31 agosto 2017]. Disponible en: <http://busquedas.elperuano.com.pe/normaslegales/decreto-supremo->

que-aprueba-el-reglamento-de-la-leche-y-prod-decreto-supremo-n-007-2017-minagri-1538908-1/

11. Municipalidad de Puente Piedra. Memoria Anual 2016. [Internet] [citado 10 julio 2017]. Disponible en:
https://www.munipuentepiedra.gob.pe/images/transparencia2/otros/Memoria_Anual.pdf
12. CODEX STAN 206-1999 [Internet] Norma general para el uso de términos lecheros. [citado 7 agosto 2016]. Disponible en:
http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%2BSTAN%2B206-1999%252FCXS_206s.pdf
13. Manual Buenas Prácticas de ordeño. [Internet]. Cáritas de Perú y Programa PRA Buenaventura. [Citado 25 abril 2015]. Disponible en:
<http://www.caritas.org.pe/documentos/Manual%20Leche%20Final.pdf=9366&l=es>
14. Magariños H. Producción Higiénica de la leche cruda. Guía para Pymes. Valdivia. [Internet] Chile; 2000 [Citado 25 abril 2015]. Disponible en: [www.innocua.net>web>leche-all](http://www.innocua.net/web/leche-all)
15. Gutiérrez MI. Evaluación microbiológica en frutas exóticas: mango fresco (*Mangifera indica* L.) y sus variedades. [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014.

16. Gallegos L. Análisis de microorganismos aerobios mesófilos. [Internet] Analiza calidad. 2004 [citado 16 agosto 2016]. Disponible en: [www.analizacalidad.com>docftp](http://www.analizacalidad.com/docftp)
17. Murray P, Rosenthal K, Pfaller M. Microbiología Médica. 6ta ed. Barcelona, España: Elsevier; 2009.
18. Food and Drug Administration. Bacteriological Analytical Manual. 9th ed. Arlington, VA: AOAC; 2003.
19. Azcona M, Ramírez R, Vicente F. Efectos tóxicos del plomo. Rev. Esp. Méd. Quir. [Internet]. 2015 [citado 20 setiembre 2016]; 20:72-77. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/quirurgicas/rmq-2015/rmq1511.pdf>
20. Lauwevys R. Toxicología industrial e intoxicaciones profesionales. Barcelona. España: Masson SA; 1994.
21. Córdova D. Toxicología. 5a ed. Bogotá, Colombia: El Manual Moderno; 2006.
22. Londoño LF. Presencia de metales pesados en hatos lecheros de los municipio de San Pedro y Entreríos, Antioquía, Colombia. [Tesis en internet] [Antioquía]: Universidad de León; 2014. [citado 6 mayo 2015]. Disponible en: <http://buleria.unileon.es>>tesis_00262f
23. Klaassen CD. Toxicology: The basic science of poisons. 7th ed. Kansas city: McGraw Hill Medical Publishing Division; 2008.
24. Pinzón C. Determinación de los niveles de plomo y cadmio en leche procesada en la ciudad de Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina, Dpto. de Toxicología. 2015.

25. Curtis D, Klaassen JB, Watkins I. Fundamentos de Toxicología. Capítulo 23 “Efectos Tóxicos de los metales”. Madrid: McGraw Hill/Interamericana de España S.A.U; 2005.
26. Carson H. Manual de toxicología para Médicos. Barcelona España: Elsevier Doyma SL; 2008.
27. Calabuig G. Medicina Legal y Toxicología. 6ª ed. Barcelona: Masson; 2004.
28. Español S. Toxicología del mercurio. Actuaciones preventivas en sanidad laboral y ambiental. España; 2001.
29. PNRQ-Proyecto BANHG. Mercurio: Cartilla de Información. [Internet] Movimiento Mundial para el Cuidado de la Salud libre de Mercurio. 2007 [citado 5 setiembre 2016]. Disponible en: [www.fmed.uba.ar>toxio1](http://www.fmed.uba.ar/toxio1)
30. Vidalón J. El mercurio en minería artesanal. [Internet] 2006 [citado 20 abril 2015]. Disponible en: http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=315
31. Álvarez J. Riesgos del mercurio para la biodiversidad y la minería ilegal. [Internet] Ministerio del Ambiente. 2013 [citado 20 abril 2015]. Disponible en: www.minam.gob.pe
32. Chata A. Presencia de metales pesados (Hg, As, Pb y Cd) en agua y leche en la Cuenca del río Coata 2015. [Tesis en internet] [Puno]: Universidad Nacional del Altiplano; 2015. [citado el 13 julio 2017]. Disponible en: [http://tesis.unap.edu.pe>Chata_Quenta_Ayde](http://tesis.unap.edu.pe/Chata_Quenta_Ayde)

33. Málaga J, Condemayta Z. Contaminación bacteriológica en factores en el proceso de ordeño de leche CIP Chuquibambilla. Rev. Investig. Altoandín. 2013; 15(2):233-239.
34. Guillén R, Medina S, Melendez O, Castillo G. Determinación de plomo en leche de ganado bovino en el Cantón Sitio del Niño. Bioma. El Salvador. 2013.
35. Ayala A, Romero H. Presencia de metales pesados (arsénico y mercurio) en leche de vaca al sur de Ecuador. Rev La Granja 2013; 17(1):36-43.
36. Ecuador, Colombia y Perú se comprometen a combatir la minería ilegal. [Internet] 2014. [Citado 28 abril 2015]. Disponible en: http://www.rpp.com.pe/2014-04-25-ecuador-colombia-y-peru-se-comprometen-a-combatir-mineria-ilegal-noticia_687420.html
37. Evaluación mundial sobre el mercurio de 2013. [Internet] [Citado 28 abril 2015]. Disponible en: <http://www.unep.org/newscentre/default.aspx?DocumentID=2702&ArticleID>
38. De los Reyes G, Molina B, Coca R. Calidad de la leche cruda. Primer foro sobre ganadería lechera de la zona alta de Veracruz; 2010.
39. Sector Lácteo peruano duplicó su producción en quince años. Asociación de Industriales Lácteos (Adil). [Internet] [Citado 07 febrero 2017]. Disponible en: <http://www.perulactea.com>
40. Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía. Informe quincenal de la SNMPE. El Plomo. Actualizado Julio 2015

41. Poulin J, Gibbs H. Mercurio. Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local. Organización Mundial de la Salud, Ginebra; 2013.
42. Rodríguez J. Efectos del plomo en la salud de los adultos. [Internet] Sesión B de subsecretaría de Salud Ocupacional 2002. [citado 5 julio 2017]. Disponible en: <http://cidbimena.desastres.hn>spa>doc10746>
43. Laguna LS, Ricaldi ED. Determinación de Plomo y Arsénico en lápices labiales de diferentes marcas que se expenden en Lima Metropolitana. [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2017.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de los cuatro establos de donde proceden la leche muestreada en Puente Piedra



Anexo 2. Reactivos para la determinación de microorganismos

- Agar Baird Parker (Merck medio base)
- Agar manitol yema de huevo polimixina (MERCK medio base - MYP)
- Agar Base
- Extracto de levadura
- Glucosa
- Triptona
- Emulsión yema de huevo-telurito
- Peptona
- Yema de huevo
- Cloruro de sodio
- Suplemento selectivo para *Bacillus cereus*
- Agua desionizada

Anexo 3. Materiales para la determinación de microorganismos

- Tubos de ensayo 13 x 100 mL
- Placas Petri descartables
- Fiolas de 250 mL y 500 mL.
- Frascos de vidrio de 500 mL.
- Pipetas de vidrio esterilizadas 1 mL y 10 mL.
- Gradilla
- Asa de Drigalsky triangulares.
- Frasco de plásticos 50 mL.
- Gel pack refrigerante
- Probeta de 500 mL.

- Marcadores indelebles
- Etiquetas de colores

Anexo 4. Equipos para la determinación de microorganismos

- Balanza analítica
- Estufa
- Autoclave
- Cabina de esterilización
- Coolers
- Mechero de Bunsen
- Refrigeradora 2 - 5 °C.

Anexo 5. Reactivos para la determinación de metales.

- Estándar certificado de plomo de 1000 mg/L
- Estándar certificado de mercurio de 1000 mg/L
- Ácido nítrico, HNO_3 concentrado ultrapuro, con contenido de $0,07 \times 10^{-1} \mu\text{g/L}$ de plomo y mercurio, para preparación de estándares.
- Ácido nítrico, HNO_3 , concentrado para análisis de trazas, con contenido de $0,7 \mu\text{g/L}$ de plomo y mercurio, para la digestión de las muestras.
- Diluyente, Ácido nítrico, 0,2 %: Medir 2 mL de ácido nítrico concentrado ultrapuro y llevar a una fiola de un litro, enrasar a la marca con agua ultrapura.
- Agua desionizada

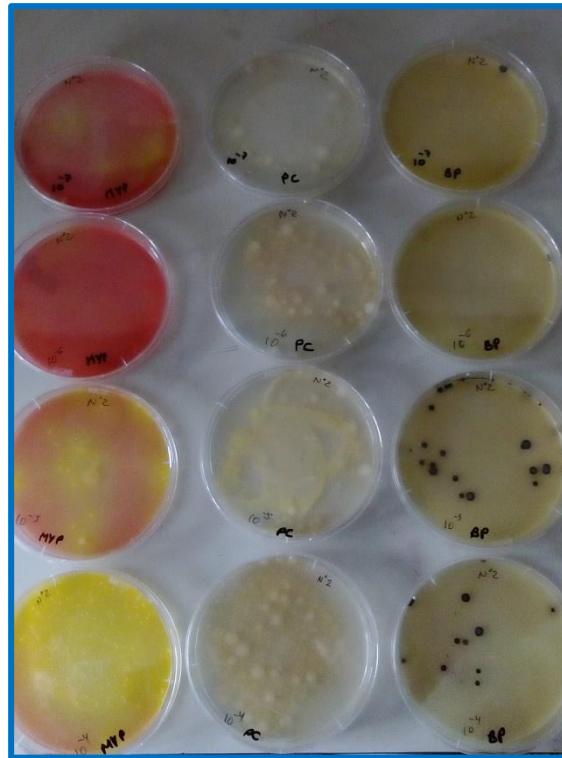
Anexo 6. Materiales para la determinación de metales.

- Fiolas de 10 mL, 25 mL y 100 mL clase A
- Pipetas de 5 mL y 10 mL, clase A
- Probetas de 10 mL
- Crisoles de porcelana
- Papel de filtrado de celulosa Whatman Nro. 40.
- Embudos de líquidos

Anexo 7. Equipos para la determinación de metales.

- Equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-6800
- Horno de grafito GFA-EX7
- Inyector automático, Autosampler ASC-6100
- Computadora
- Plancha térmica
- Balón de Argón, 99,999 % de pureza
- Balanza analítica

Anexo 8. Resultados microbiológicos de las muestras analizadas en Medios de cultivo MYP, Plate Count y Baird Parker, respectivamente.



Anexo 9. Análisis químico de las muestras de leche: preparación de los estándares de calibración de plomo y mercurio



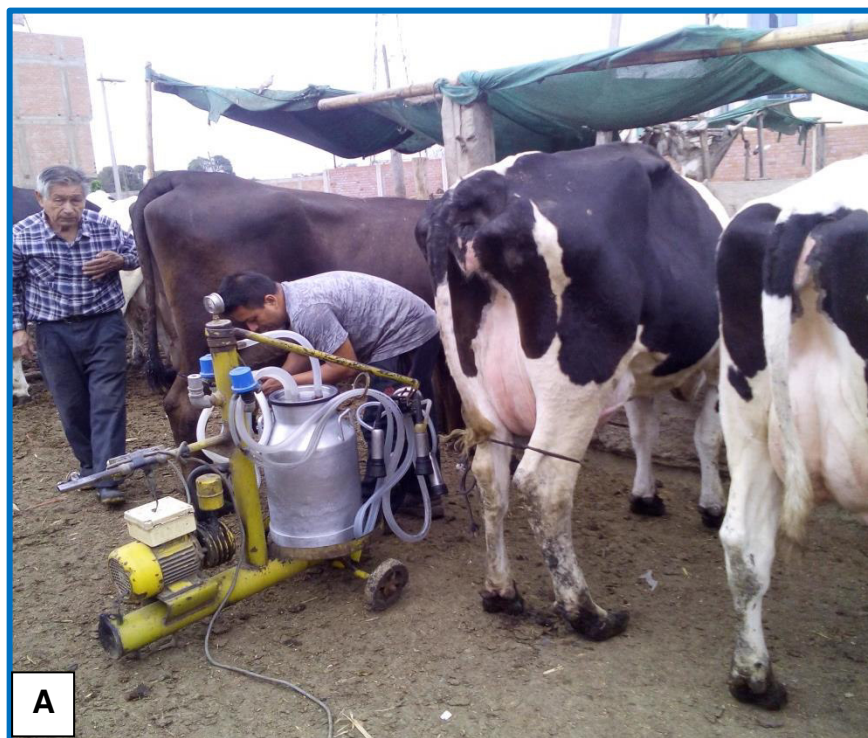
Anexo 10. Equipo de análisis de metales Espectrofotómetro de Absorción Atómica en Horno de Grafito



Anexo 11. Establo "ESTABLO"



Anexo 12. “Establo”: preparación de las vacas para el proceso de ordeño

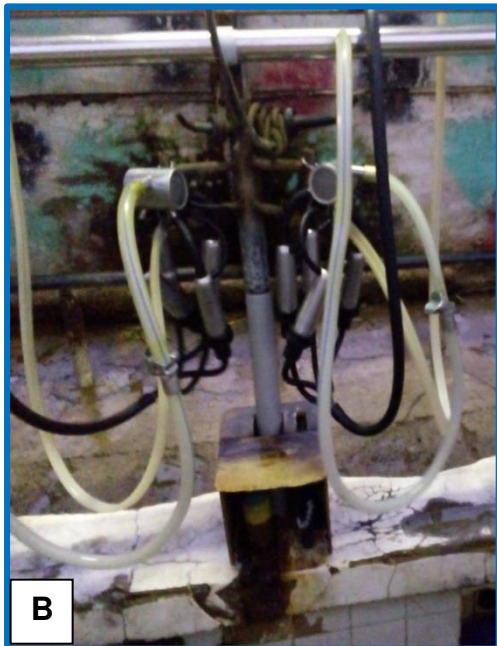


(A) Preparación de la máquina para el ordeño

(B) Reservorio de almacenamiento temporal de la leche ordeñada

(C) Población comprando leche

Anexo 13. Establo "HEIDY": equipo de ordeño y recipiente de almacenamiento temporal.



(A) Población consumidora de leche del establo Heidy

(B) Equipo de ordeño mecánico

(C) Recipiente de almacenamiento temporal

Anexo 14. Establo "ROSA LUZ": reservorio temporal y venta al público.



A



B



C

(A) Alimentación de vacas del establo Heidy

(B) Venta de leche al público en general

(C) Recipiente de almacenamiento temporal y despacho de leche

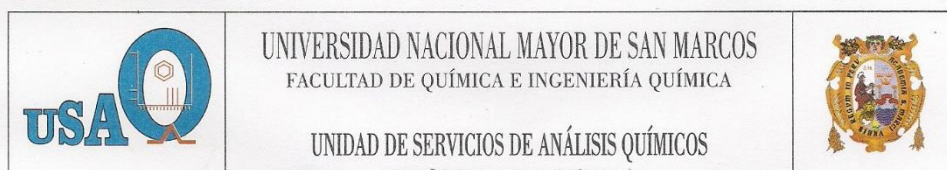
Anexo 15. Establo "SAUCE": entrada a dicho establo



Anexo 16. Establo "SAUCE": alimentación de vacas y presencia perros y aves cohabitantes



Anexo 17. Resultado del análisis toxicológico de muestras de leche en la Unidad de Servicios de Análisis Químicos de la Universidad San Marcos



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

INFORME DE ENSAYO

N° 268-2016

Cliente : SRTA. ZOILA JULIA ZAMBRANO CHARCA
SRTA. DENIZ CAROLINA OBREGÓN DIONICIO
Referencia USAQ : 234-01/40
Muestra : LECHE
Cotización : 263, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317-2016/USAQ-FQIQ
Fecha de Recepción : 05/09/2016
Fecha de Emisión : 20/09/2016

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE PLOMO Y MERCURIO

No. De Muestra USAQ	REFERENCIA Y CODIFICACIÓN DEL CLIENTE	DETERMINACIÓN	RESULTADOS ppb
234-01	LECHE MUESTRA 1	PLOMO MERCURIO	204.7045 5.7229
234-02	LECHE MUESTRA 2	PLOMO MERCURIO	209.9844 6.3234
234-03	LECHE MUESTRA 3	PLOMO MERCURIO	55.2339 3.6631
234-04	LECHE MUESTRA 4	PLOMO MERCURIO	120.2365 7.8444
234-05	LECHE MUESTRA 5	PLOMO MERCURIO	92.1123 7.6590
234-06	LECHE MUESTRA 6	PLOMO MERCURIO	34.6878 8.2801
234-07	LECHE MUESTRA 7	PLOMO MERCURIO	181.5308 4.1359
234-08	LECHE MUESTRA 8	PLOMO MERCURIO	120.4578 9.1370

Muestra proporcionada por el Cliente.

IE-268-2016 ZOILA JULIA ZAMBRANO CHARCA (Página 1 de 5)



RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE PLOMO Y MERCURIO

No. De Muestra USAQ	REFERENCIA Y CODIFICACIÓN DEL CLIENTE	DETERMINACIÓN	RESULTADOS ppb
234-09	LECHE MUESTRA 9	PLOMO MERCURIO	79.1683 7.1747
234-10	LECHE MUESTRA 10	PLOMO MERCURIO	193.6150 9.0118
234-11	LECHE MUESTRA 11	PLOMO MERCURIO	123.4339 5.3454
234-12	LECHE MUESTRA 12	PLOMO MERCURIO	224.8940 4.1142
234-13	LECHE MUESTRA 13	PLOMO MERCURIO	197.8706 5.1511
234-14	LECHE MUESTRA 14	PLOMO MERCURIO	156.7551 3.3752
234-15	LECHE MUESTRA 15	PLOMO MERCURIO	234.0024 7.8090
234-16	LECHE MUESTRA 16	PLOMO MERCURIO	83.3938 5.2650
234-17	LECHE MUESTRA 17	PLOMO MERCURIO	356.2157 7.2348

Muestra Proporcionada por el Cliente.

IE-268-2016 ZOILA JULIA ZAMBRANO CHARCA (Página 2 de 5)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN DE PLOMO Y MERCURIO

No. De Muestra USAQ	REFERENCIA Y CODIFICACIÓN DEL CLIENTE	DETERMINACIÓN	RESULTADOS
234-18	LECHE MUESTRA 18	PLOMO MERCURIO	143.8732 3.5442
234-19	LECHE MUESTRA 19	PLOMO MERCURIO	226.4098 5.8525
234-20	LECHE MUESTRA 20	PLOMO MERCURIO	52.4421 5.4225
234-21	LECHE MUESTRA 21	PLOMO MERCURIO	60.2356 6.1475
234-22	LECHE MUESTRA 22	PLOMO MERCURIO	21.1171 8.7251
234-23	LECHE MUESTRA 23	PLOMO MERCURIO	18.2001 5.4305
234-24	LECHE MUESTRA 24	PLOMO MERCURIO	11.3304 6.0451
234-25	LECHE MUESTRA 25	PLOMO MERCURIO	44.7893 9.1574
234-26	LECHE MUESTRA 26	PLOMO MERCURIO	22.6797 8.5766

Muestra proporcionada por el Cliente.

IE-268-2016 ZOILA JULIA ZAMBRANO CHARCA (Página 3 de 5)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS



RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN PLOMO Y MERCURIO

No. De Muestra USAQ	REFERENCIA Y CODIFICACIÓN DEL CLIENTE	DETERMINACIÓN	RESULTADOS
234-27	LECHE MUESTRA 27	PLOMO MERCURIO	45.2785 7.7909
234-28	LECHE MUESTRA 28	PLOMO MERCURIO	63.6689 9.4242
234-29	LECHE MUESTRA 29	PLOMO MERCURIO	24.3851 3.7198
234-30	LECHE MUESTRA 30	PLOMO MERCURIO	3.3162 6.6613
234-31	LECHE MUESTRA 31	PLOMO MERCURIO	16.6604 7.0820
234-32	LECHE MUESTRA 32	PLOMO MERCURIO	34.1408 4.9842
234-33	LECHE MUESTRA 33	PLOMO MERCURIO	107.1939 7.2952
234-34	LECHE MUESTRA 34	PLOMO MERCURIO	110.4942 5.3744
234-35	LECHE MUESTRA 35	PLOMO MERCURIO	61.9344 6.7774
234-36	LECHE MUESTRA 36	PLOMO MERCURIO	28.5974 5.4230

Muestra proporcionada por el Cliente.

IE-268-2016 ZOILA JULIA ZAMBRANO CHARCA (Página 4 de 5)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA



UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN PLOMO Y MERCURIO

No. De Muestra USAQ	REFERENCIA Y CODIFICACIÓN DEL CLIENTE	DETERMINACIÓN	RESULTADOS
234-37	LECHE MUESTRA 37	PLOMO MERCURIO	79.6124 3.5115
234-38	LECHE MUESTRA 38	PLOMO MERCURIO	142.8553 3.8628
234-39	LECHE MUESTRA 39	PLOMO MERCURIO	137.3972 8.6890
234-40	LECHE MUESTRA 40	PLOMO MERCURIO	92.2496 5.9960

Muestra proporcionada por el Cliente.

N.D. = NO DETECTABLE

Límite de Detección:

Plomo: 2 ppb

Mercurio: 2 ppb

Método:

Plomo en alimentos AOAC 972.25 1976

Metales HVGAAS USAQ-ME-09



Quím. María Angélica Rodríguez Best
Directora de la USAQ

COPIA: 597

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

Observ.: La muestra podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendarios de entregado el Informe de Ensayo, pasado el tiempo indicado no se aceptarán reclamos ni devoluciones.

IE-268-2016 ZOILA JULIA ZAMBRANO CHARCA(Página 5 de 5)